

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
Facultad de Ingeniería de Alimentos
Maestría en Ingeniería



Análisis del riesgo por consumo de micotoxinas para el grupo de alimentos del Programa de Alimentación Escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.

Opción de titulación
Tesis o Publicación de artículos

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Magister en Ingeniería

Presenta:
Judy Astrid Miranda Tibacan

Dirigido por:
Nicolas Hernández Gallo
Irene Nieto Escribano

Bogotá D.C.
Septiembre de 2024

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
ESTADO DEL ARTE.....	XIII
MICOTOXINAS.....	XIII
MICOTOXINAS DEL GÉNERO <i>ASPERGILLUS</i>	XVI
1..1 <i>Aflatoxinas</i>	XVI
1..1.2 <i>Aflatoxina M1(AFM1)</i>	XVII
1..2 <i>Ocratoxina</i>	XVIII
MICOTOXINAS DEL GÉNERO <i>FUSARIUM</i>	XVIII
1..3 <i>Tricotecenos</i>	XIX
1..4 <i>Fuminosina</i>	XIX
1..5 <i>Zearalenona</i>	XX
MICOTOXINAS DEL GÉNERO <i>PENICILLUM</i>	XXI
1..6 <i>Patulina</i>	XXI
MICOTOXINAS DEL GÉNERO <i>ALTERNARIA</i>	XXI
MICOTOXINAS DEL GÉNERO <i>CLAVICEPS</i>	XXI
TOXICIDAD Y EVALUACIÓN DEL RIESGO	XXII
1..7 <i>Toxicidad</i>	XXII
1..8 <i>Evaluación del Riesgo</i>	XXIII
PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ESCOLAR (PAE)	XXIII
OBJETIVO GENERAL DEL PAE.....	XXIV
PROPÓSITO DE LA ALIMENTACIÓN ESCOLAR	XXIV
RESOLUCIÓN 335 DEL 23 DE DICIEMBRE DE 2021.....	XXV
CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEMENTO ALIMENTARIO Y MODALIDADES DE ATENCIÓN.....	XXVI
1..9 <i>Tipos de Refrigerios Escolares</i>	XXVIII
JUSTIFICACIÓN	XXIX

OBJETIVOS	XXX
OBJETIVO GENERAL	XXX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XXX
METODOLOGÍA.....	XXX
CLASIFICAR LAS MICOTOXINAS ASOCIADAS A LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXX
DETERMINAR LOS ASPECTOS TOXICOLÓGICOS PARA CADA UNA DE LAS MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXXI
ANALIZAR EL RIESGO ASOCIADO A CADA MICOTOXINA DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXXI
1..10 <i>Identificación del peligro</i>	XXXI
1..11 <i>Análisis de la exposición</i>	XXXI
1..12 <i>Caracterización del riesgo</i>	XXXIII
RESULTADOS	XXXIV
CLASIFICACIÓN DE LAS MICOTOXINAS ASOCIADAS A LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXXIV
DETERMINACIÓN DE LOS ASPECTOS TOXICOLÓGICOS PARA CADA UNA DE LAS MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXXVIII
ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN PARA CADA UNA DE LAS MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.	XXXIX
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	LVII
SUGERENCIAS.....	LXVIII
CONCLUSIONES	LXX
REFERENCIAS.....	LXXII
ANEXOS.....	LXXIX
ANEXO A.....	LXXIX
ANEXO B.....	LXXXII

TABLAS E ILUSTRACIONES

Tabla 1. Cálculo del peso promedio de los niñas y niños según el tipo de refrigerio escolar.	XXXIII
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión de los documentos usados en la investigación.	XXXIII
Tabla 3. Micotoxina asociada a los alimentos encontrados en la categoría de quesos y bebidas lácteas.	XXXV
Tabla 4. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de cereales empacados y preparaciones compuestas.	XXXV
Tabla 5. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de frutos secos.....	XXXVII
Tabla 6. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de frutas y néctares.	XXXVII
Tabla 7. Aspectos toxicológicos para cada micotoxina según la categoría de los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.	XXXVIII
Tabla 8. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.	XXXIX
Tabla 9. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.....	XL
Tabla 10. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de cereales empacados de primera entrega.	XL
Tabla 11. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de cereales empacados de segunda entrega.....	XLI

Tabla 12. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutos secos de primera entrega.	XLI
Tabla 13. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutos secos de segunda entrega.	XLI
Tabla 14. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutas y néctares de primera entrega.	XLII
Tabla 15. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutas y néctares de segunda entrega.	XLII
Tabla 16. Cálculo de niveles máximos de Aflatoxina M1 mensual para la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.	XLIII
Tabla 17. Cálculo de niveles máximos de Aflatoxina M1 mensual para la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.	XLIV
Tabla 18. Cálculo de niveles máximos de Zearalenona y Deoxinivanelol mensual para la categoría de cereales empacados de primera entrega.	XLIV
Tabla 19. Cálculo de niveles máximos de Zearalenona y Deoxinivanelol mensual para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.	XLV
Tabla 20. Cálculo de niveles máximos de Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 mensual para la categoría frutos secos de primera entrega.	XLV
Tabla 21. Cálculo de niveles máximos de Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 mensual para la categoría frutos secos de segunda entrega.	XLVI
Tabla 22. Cálculo de niveles máximos de Patulina mensual para la categoría frutas y néctares de primera entrega.	XLVI
Tabla 23. Cálculo de niveles máximos de Patulina mensual para la categoría frutas y néctares de primera entrega.	XLVII

Tabla 24.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Aflatoxina M1 de la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.....	XLVIII
Tabla 25.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Aflatoxina M1 de la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.	XLVIII
Tabla 26.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Zearalenona y Deoxinivanelol de la categoría de cereales empacados de primera entrega. ...	XLVIII
Tabla 27.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Zearalenona y Deoxinivanelol de la categoría de cereales empacados de segunda entrega.	XLVIII
Tabla 28.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 de la categoría frutos secos de primera entrega.	XLIX
Tabla 29.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 de la categoría frutos secos de segunda entrega.	XLIX
Tabla 30.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Patulina de la categoría frutas y néctares de primera entrega.....	L
Tabla 31.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Patulina de la categoría frutas y néctares de segunda entrega.	L
Ilustración 1. Estructura química de diferentes aflatoxinas	XVII
Ilustración 2.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Aflatoxina M1 para la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.	L
Ilustración 3.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Aflatoxina M1 para la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.....	LI

Ilustración 4.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Zearalenona para la categoría de cereales empacados de primera entrega.	LII
Ilustración 5.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Zearalenona para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.....	LII
Ilustración 6.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Deoxinivanelol para la categoría de cereales empacados de primera entrega.	LIII
Ilustración 7.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Deoxinivanelol para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.....	LIII
Ilustración 8.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Ocratoxina A para la categoría de frutos secos de primera entrega.....	LIV
Ilustración 9.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Ocratoxina A para la categoría de frutos secos de segunda entrega.	LIV
Ilustración 10.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para la categoría de frutos secos de primera entrega.	LV
Ilustración 11.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para la categoría de frutos secos de segunda entrega.	LV
Ilustración 12.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Patulina para la categoría de frutas y néctares de primera entrega.	LVI

Ilustración 13.Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Patulina para la categoría de frutas y néctares de segunda entrega. LVI

RESUMEN

La seguridad alimentaria es un problema global, especialmente en países en vía de desarrollo y debido a diferentes variables económicas, geográficas y socioculturales no se garantiza la alimentación de niños, niñas y jóvenes, por ello durante la vida académica básica en Colombia se realiza la entrega de un complemento alimentario a través de Programas de Alimentación Escolar, sin embargo, dentro de la cadena de suministro no se contemplan los riesgos asociados a micotoxinas después de su consumo por la población infantil. Las micotoxinas representan un riesgo latente tanto para la salud animal como humana, generando toxicidad tanto aguda como crónica dependiendo del grado de exposición a través de la dieta. En otros países como España, Brasil, Tanzania, Guatemala, Sudáfrica, Argentina, han reportado que los niños y los lactantes son los principales grupos de riesgo a la exposición de micotoxinas. El objetivo de esta investigación consistió en analizar el riesgo por consumo de micotoxinas para los alimentos suministrados en el programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C; para tal fin, en primera instancia se clasificaron dichas micotoxinas asociadas a la modalidad de refrigerios y luego se determinaron los aspectos toxicológicos para cada una. Utilizando la cantidad, frecuencia de suministro por alimento y peso corporal de los niños por tipo de refrigerio, se calculó el límite máximo permisible y la ingesta mensual tolerable según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013, Codex Alimentarius y reglamento de otros países, donde se observó que las micotoxinas que superan los límites permisibles según la ingesta mensual tolerable son la Aflatoxina M1 para la categoría de quesos y bebidas lácteas, Deoxinivanelol para la categoría de cereales empacados y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para la categoría de frutos secos lo que significa un riesgo de exposición a este tipo de compuestos.

Palabras clave: micotoxinas, riesgo, niveles mínimos, población infantil, exposición de micotoxinas, Programa de Alimentación Escolar (PAE).

ABSTRACT

Food safety is a global problem, especially in developing countries and due to different economic, geographic and sociocultural variables, food for children and young people is not guaranteed. Therefore, during basic academic life in Colombia, a food supplement is delivered through School Feeding Programs. However, within the supply chain, the risks associated with mycotoxins after their consumption by the child population are not contemplated. Mycotoxins represent a latent risk for both animal and human health, generating both acute and chronic toxicity depending on the degree of exposure through diet. In other countries such as Spain, Brazil, Tanzania, Guatemala, South Africa, and Argentina, it has been reported that children and infants are the main risk groups for exposure to mycotoxins. The objective of this research was to analyze the risk of mycotoxin consumption for foods supplied in the school feeding program (PAE) of Bogotá D.C. To this end, the mycotoxins associated with the snack food type were first classified, and then the toxicological aspects for each one were determined. Using the quantity, frequency of supply per food, and body weight of the children per type of snack, the maximum permissible limit and the tolerable monthly intake were calculated, as established in Resolution 4506 of 2013, Codex Alimentarius, and regulations of other countries, where it was observed that the mycotoxins that exceed the permissible limits according to the tolerable monthly intake are Aflatoxin M1 for the cheese and dairy drink category, Deoxynivalenol for the packaged cereal category, and the sum of Aflatoxins B1, B2, G1, and G2 for the nuts category, which means a risk of exposure to this type of compounds.

Key words: mycotoxins, risk, minimum levels, child population, mycotoxin exposure, School Feeding Program (PAE).

INTRODUCCIÓN

En busca de contribuir con el derecho a la vida sana y a la educación con calidad el Programa de Alimentación Escolar (PAE) a través de la entrega de un complemento alimentario favorece la permanencia de los niños, niñas y jóvenes en el sistema educativo. El Programa de Alimentación Escolar (PAE) de Bogotá D.C, bajo el programa “Bogotá sin Hambre”, fue propuesto por un gobierno distrital, el cual establece un conjunto de estrategias orientadas al diseño e implementación de las políticas públicas, política nacional y política distrital de seguridad alimentaria y nutricional, las cuales pretenden garantizar el derecho a la alimentación (Vargas & Chicaiza, 2013).

Dada la importancia que existe tanto a nivel nutricional como de calidad e inocuidad de los grupos de alimentos que se suministran a la población infantil en el PAE de Bogotá se cuenta con diferentes controles, sin embargo, dentro de la cadena de suministro no se contempla el riesgo de consumo por micotoxinas. Por otra parte, dentro del programa se desconocen los factores asociados a la contaminación por micotoxinas en los alimentos.

Las micotoxinas pueden desencadenar toxicidad aguda o crónica, siendo la toxicidad crónica la principal preocupación debido a las propiedades inmunotóxicas, de alteración endocrina y cancerígenas de algunas micotoxinas. Por otra parte, la carcinogenicidad de las micotoxinas ha sido evaluada y clasificada por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, fundada por la Organización Mundial de la Salud (IARC, 1993, 2002) y en los seres humanos, los efectos de algunas micotoxinas se manifiestan rápidamente, mientras que otros se manifiestan a largo plazo, tales como el cáncer y la inmunodeficiencia ((OMS), 2023)

En función de su naturaleza química las micotoxinas son diversas y pueden provocar problemas de salud, donde niveles más altos de estos metabolitos secundarios pueden causar graves problemas, por ejemplo: la alta incidencia de toxinas de fusarium y el cáncer de esófago, la aflatoxina B1 y el carcinoma hepatocelular o cáncer de vesícula biliar y los alimentos mohosos son considerados

uno de los componentes relacionados con mayores tasas de riesgo de cáncer en la población humana (Mukhtar et al., 2023).

Para fabricantes y comercializadores los alimentos constituyen un desafío, así como un compromiso de las autoridades de salud, ya que, la inocuidad es uno de los elementos más desafiantes e importantes para la industria alimentaria. Los hongos que producen micotoxinas en los alimentos pueden estar presentes antes de la cosecha y después de la cosecha. Varios factores como la temperatura, humedad, ambiente, pH, actividad de agua, nutrientes, nivel de inoculación, naturaleza del sustrato, estado fisiológico e interacción microbiana afectan el crecimiento como la producción de micotoxinas y debido a estas condiciones se hace difícil establecer con exactitud cuales son los aspectos favorables para su desarrollo y propagación, sin embargo, el riesgo aumenta si se aplican malas prácticas agrícolas y de cosecha y condiciones inadecuadas de secado, manipulación, envasado, almacenamiento y transporte, así como también por encontrarnos dentro de los países en desarrollo, factores como el control deficiente de la calidad de los alimentos, el clima cálido, las tecnologías de producción deficientes y las malas condiciones de almacenamiento favorecen el desarrollo de hongos t la formación de micotoxinas (Agriopoulou et al., 2020)

Se han realizado estudios en diferentes países del mundo los cuales han sido reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), la Organización Panamericana de la salud (OPS) y por centros de investigaciones internacionales y nacionales, sin embargo, una de las poblaciones con mayor riesgo y de la cual no se tienen muchos datos en países en vía de desarrollo es la de niños y lactantes ((ONU), 2023).

Según la IARC (*International Agency for Recerch on Cáncer*) las aflatoxinas (AFB₁, AFB₂, AFG₁ y AFG₂) se clasifican dentro del grupo I como sustancias cancerígenas para el ser humano debido a alteraciones en el sistema inmune, efectos mutagénicos y teratogénicos, por otra parte, los alimentos donde se pueden encontrar estos compuestos tóxicos son los cereales, principalmente en maíz, frutos

secos y otras semillas (Agriopoulou et al., 2020). Los niños y especialmente los bebés, son un grupo poblacional importante expuesto al riesgo por consumo de micotoxinas, debido a que durante los primeros meses de vida su principal fuente de alimentación son los cereales y por la cantidad de cereales consumidos en relación a su peso corporal son más susceptibles a la contaminación de estos compuestos (Esteve y otros, 2016).

La evaluación de la exposición es fundamental para cuantificar el riesgo alimentario que pueden tener las sustancias químicas en los alimentos para humanos (Ponce et al., 2024). La evaluación toxicológica del riesgo producido por micotoxinas trata de identificar y estimar la probabilidad de que la exposición a micotoxinas produzca efectos nocivos (Soriano y otros, 2007), por lo que se hace importante analizar la probabilidad de que se produzcan efectos nocivos por exposición a las micotoxinas asociadas al PAE de Bogotá D.C.

Debido a todo esto se formula la siguiente hipótesis de investigación: ¿Existen riesgos asociados por consumo de micotoxinas dentro del grupo de alimentos suministrados en el programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C. para la modalidad de refrigerios?

El objetivo de este trabajo consistió en analizar el riesgo por consumo de micotoxinas para los alimentos suministrados en el programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios

ESTADO DEL ARTE

MICOTOXINAS

Según Arroyo et al., (2014) afirman que las micotoxinas se desarrollan en productos agrícolas por ciertos hongos altamente tóxicos y cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reducen la actividad, enferman o incluso causan la muerte de animales y personas.

Las micotoxinas se producen durante la fase exponencial o al principio de la fase estacionaria del comportamiento cinético y crecimiento del moho produciendo compuestos policetónicos efecto de las reacciones de condensación realizadas cuando en determinadas condiciones físicas, químicas y biológicas impiden la reducción de los grupos cetónicos en la biosíntesis de los ácidos grasos y estos últimos son metabolitos primarios utilizados por los mohos como fuente de energía (Gimeno & Martins, 2011).

Un problema grave para la salud es la contaminación por micotoxinas en alimentos, productos agrícolas y piensos, ya que estos metabolitos secundarios pueden causar intoxicación y graves problemas de salud en animales y seres humanos. Por otra parte, esta contaminación provoca pérdida de materia seca, calidad y contenido nutricional y amenaza la cadena de suministro de alimentos (Mukhtar et al., 2023).

En cultivos agrícolas la producción de estos metabolitos secundarios puede ocurrir en varios puntos de la cadena alimentaria: antes de la cosecha, durante la cosecha, secado y almacenamiento. El riesgo de producción de micotoxinas aumenta cuando se realizan malas prácticas agrícolas durante la cosecha, secado, manipulación, empaque, almacenamiento y transporte promoviendo el crecimiento de hongos (Marín et al., 2013).

A nivel mundial una cuarta parte de los cultivos son afectados por micotoxinas y según la FAO se incluyen alimentos básicos, piensos o cultivos de gran valor como el café. Datos publicados por el sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) demuestran que las micotoxinas presentan mayor número de notificaciones como sustancias tóxicas o contaminantes seguidos de los de origen biológico y los plaguicidas, debido a sus efectos sobre la salud de las personas, la productividad de los animales y el comercio nacional e internacional (Arroyo et al., 2014).

En el crecimiento fúngico influyen factores intrínsecos como extrínsecos, incluyendo temperatura, humedad, ambiente, pH, actividad de agua, nutrientes,

nivel de inoculación, naturaleza del sustrato, estado fisiológico e interacciones microbianas contribuyen con el desarrollo y producción de micotoxinas (Agriopoulou et al., 2020)

Los grupos de micotoxinas más relevantes que se encuentran en los alimentos son producidos por cinco géneros de hongos: *Aspegillus*, *Penicillum*, *Fusarium*, *Claviceps* y *Alternaria* (Marín et al., 2013).

Las micotoxinas debido a una serie de cuadros clínicos patológicos, trastornos y efectos tóxicos en los animales y en los humanos ocupan un lugar importante en la industria alimentaria. Estos compuestos de bajo peso molecular y pueden entrar en la cadena alimentaria humana directamente a través del consumo de cultivos y productos agrícolas contaminados o indirectamente a través de la ingesta de productos animales que han sido alimentados con piensos contaminados (Zhang et al., 2024).

Estas toxinas se encuentran como contaminantes naturales en los alimentos para animales y para humanos, en general todos los cultivos pueden estar contaminados por micotoxinas, y estas se encuentran con mayor frecuencia en productos de cultivos de granos y oleaginosas. De todas las micotoxinas estudiadas, solo unas pocas contaminan frecuentemente los productos agrícolas y los alimentos para animales, como, la aflatoxina (AF), la ocratoxina, la patulina, la zearalenona (ZEA), la fumonisina (FUM), el deoxinivalenol (DON) y la toxina T-2 (Zhang et al., 2024).

Para prevenir y controlar la contaminación asociada por micotoxinas, diferentes entes de control han establecido programas preventivos antes y después de la cosecha, sin embargo, a gran escala industrial estas medidas preventivas se clasifican en métodos físicos, químicos y biológicos (Mukhtar et al., 2023).

MICOTOXINAS DEL GÉNERO *ASPERGILLUS*

Son hongos filamentosos, hialinos, saprofitos, ubicuos, los cuales se encuentran principalmente en cereales y granos almacenados; el moho tiene reproducción sexual como asexual y las condiciones óptimas para su crecimiento son de 25°C con una humedad relativa del 95% (Soriano y otros, 2007). Otra singularidad de identificación importante es la macroscópica donde el color identifica diferentes grupos de *Aspergillus* con tonos verde, pardo, amarillo, blanco, gris y negro (Campagnollo et al., 2016).

1..1 Aflatoxinas

Se encuentran comúnmente en ambientes cálidos y húmedos. Representan un riesgo importante para la salud humana, especialmente en regiones de África y el sudeste asiático, ya que, se ha descubierto una alta incidencia de cáncer de hígado y envenenamiento agudo (Khan, 2024). En el mundo se producen diferentes tipos de aflatoxinas, sin embargo, hay cuatro tipos que se destacan por su impacto potencial en la salud humana y animal, aflatoxina B1, B2, G1, G2 (Ashraf et al., 2023). Los hongos productores de estas toxinas pueden crecer en una amplia gama de sustratos como el suelo, la vegetación en descomposición, el heno, el ensilado, el trigo, las nueces, el maíz, el algodón, los cacahuates, las especias, los alimentos almacenados y los piensos (Abo Nouh et al., 2020)

1..1.1 Aflatoxina B1(AFB1)

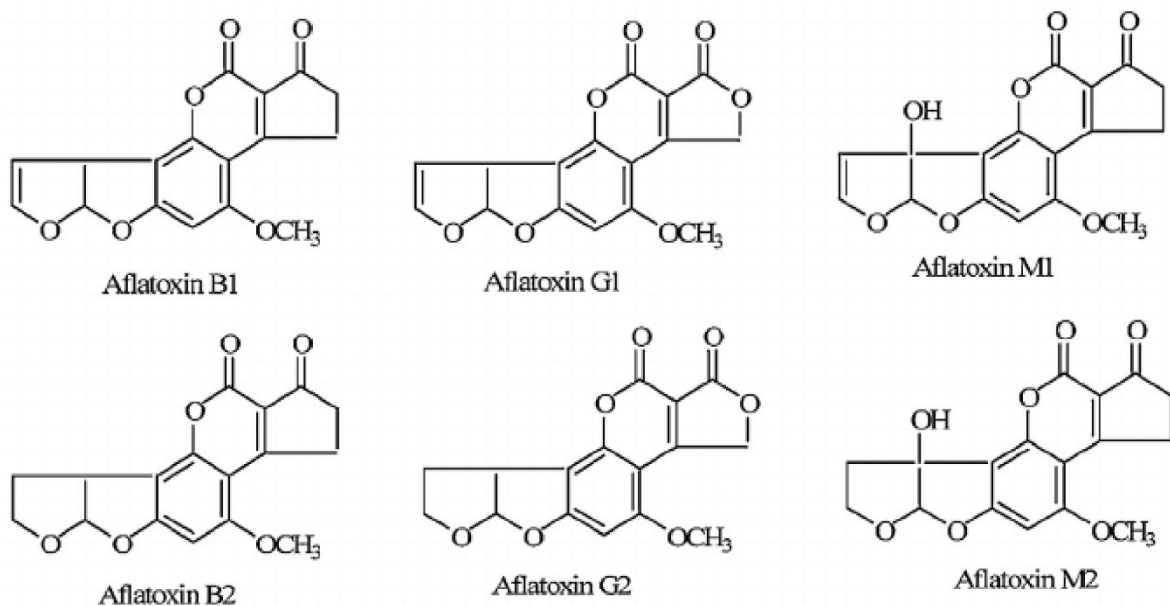
Es un contaminante habitual de alimentos almacenados (cacahuates, pistachos, maíz y arroz) en climas tropicales y subtropicales, se ha asociado a graves déficits nutricionales, inmunosupresión y se ha descrito como un potente carcinogénico dietario. El mecanismo toxicológico de AFB1, está dada por su radical epóxido, el cual interactúa con proteínas de conjugación, generando toxicidad, inhibición en la síntesis de proteínas e inmunosupresión y, además, es capaz de producir genotoxicidad e inducir procesos cancerígenos, debido a la mutación del gen P53, donde se produce la transversión de una guanina a tiamina en el codón 249 (Soriano y otros, 2007).

1..1.2 Aflatoxina M1(AFM1)

La AFM1 se puede encontrar en la leche y productos lácteos, su contaminación puede ser directa o indirecta cuando los animales consumen forrajes contaminados con moho o, alternativamente, por leche y productos lácteos contaminados con moho, respectivamente (Patel, 2024).

Como lo afirman (Campagnollo et al., 2016), aproximadamente entre el 0,3% y el 6,2% de la AFB1 ingerida por los animales lecheros se metaboliza a partir de AFM1, la cual se excreta en la leche. La AFM1 es un compuesto químico de la categoría de las aflatoxinas, una clase de micotoxinas formadas por *Asp.flavus* y, con menos frecuencia, por *Asp.nomis*, que infectan las plantas y los productos que se originan de ellas. Estos metabolitos secundarios poseen un efecto citotóxico y, además, esta toxicidad aguda es parecida a la de la AFB1 en varias especies (Patel, 2024).

Ilustración 1. Estructura química de diferentes aflatoxinas



Fuente: (Patel, 2024)

1..2 Ocratoxina

La OTA generalmente se encuentra en los alimentos de todo el mundo, particularmente en los granos y sus productos derivados, incluidos el café, el cacao, las uvas y el vino (Mejri-Omrani et al., 2016). Es una micotoxina de bajo peso molecular originada naturalmente por *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius* y *Penicillium verrucosum* y debido a coproducción de ácido penicílico por *A. ochraceus* de citricina por *Aspergillus*spp y *Penicillium*spp su toxicidad se ve aumentada. Debido a su efecto genotóxico por el daño oxidativo del ADN, así como a sus efectos teratogénicos e inmunotóxicos, fue clasificada como carcinógeno humano (grupo 2B) (Palumbo et al., 2015).

Dentro del grupo de la OTA se encuentra la ocratoxina A, la cual se produce durante el almacenamiento de los cultivos y causa una serie de efectos tóxicos en diferentes especies animales. La consecuencia más sensible y destacable es el daño renal, sin embargo, también puede afectar el desarrollo fetal y el sistema inmunitario ((OMS), 2023). En Europa se ha detectado la presencia de Ocratoxina A en productos de cerdo durante la venta en establecimientos minoristas, así como también en la sangre de este animal se ha demostrado que, esta toxina puede pasar de los alimentos a los productos de origen animal (FAO-ONU, 2004).

MICOTOXINAS DEL GÉNERO *FUSARIUM*

Las fumosinas son metabolitos secundarios polares producidos por *F. verticillioides* y *F. proliferatum* que se hallan en el maíz y sus productos derivados (Khan, 2024). Más de 100 especies descritas forman un grupo de hongos filamentosos los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el suelo y plantas de zonas tropicales y subtropicales. Este moho bajo condiciones óptimas de temperatura que oscilan entre los 18 a 30 °C y humedad relativa del 88% es uno de los que tiene mayor capacidad genética para sintetizar micotoxinas (Soriano y otros, 2007).

1..3 Tricotecenos

Los tricotecenos son sesquiterpenos cíclicos con anillo epóxido, originados por hongos de varios géneros, incluidos *Fusarium*, *Trichoderma*, *Stachybotrys* y *Trichothecia* (Khan, 2024). Se han encontrado más de 200 derivados que se dividen en dos grupos (A-B), donde las toxinas más importantes del grupo A es la toxina T2, la toxina HT-2, diacetoxiscirpenol y escirpentriol, y el grupo B son la vomitoxina o deoxinivalenol, fugarenona X, nivalenol. La aleukia toxica alimentaria (ATA) se ha asociado principalmente a la exposición a algunos tricotecenos como deoxinivalenol y la toxina T2, las cuales desarrollan necrosis en la cavidad oral, sangrado de la nariz, de la boca y la vagina de la fase aguda, así como también trastornos del sistema nervioso central y digestivo, generando así altas tasas de mortalidad dada su predisposición a infecciones oportunistas. Se producen por hongos fitotóxicos del género *Fusarium*, esencialmente por las especies: *F. tricinctum*, *F. nivale*, *F. roseum*, *F. graminearum*, *F. solani*, *F. culmorum* y *F. poae* y son contaminantes habituales que pueden generar toxicidad tanto en animales como en seres humanos (Soriano y otros, 2007).

Estas toxinas son fuertes inhibidores de la biosíntesis de proteínas, causando daño a las células y después de la ingestión atacan el tracto gastrointestinal, sin embargo y a pesar de los efectos tóxicos anteriormente mencionados no se consideran mutagénicos ni cancerígenos (Khan, 2024).

1..4 Fuminosina

Las fumonisinas (FMN) son micotoxinas polares producidas por *F. verticillioides* y *F. proliferatum*, donde la FB1 es el contaminante más crítico debido a su mayor incidencia y toxicidad. Estos compuestos favorecen la aparición de tumores debido a factores genéticos y los alimentos contaminados con FMN pueden causar efectos tóxicos que desarrollan leucoencefalopatía masiva y edema pulmonar en el ganado, caballos y cerdos (Khan, 2024).

1..4.1 Fuminosina B1

Fusarium verticilloides y *F. proliferatum* durante su metabolismo sintetizan cepas toxigénicas. Pequeñas concentraciones de FB1 se han asociado a intoxicaciones por el consumo crónico de maíz y de alimentos derivados de esta planta que se encuentran contaminados con esta toxina. El consumo en humanos y en animales se ha relacionado con cáncer esofágico y defectos en el cierre del tubo neural presentando síntomas como, edema pulmonar, hepatotoxicidad, neurotoxicidad y nefrotoxicidad. Intoxicaciones agudas, generan manifestaciones gastrointestinales como vómitos, diarrea, dolor abdominal y deshidratación debido a la ingesta de alimentos preparados con cereales contaminados con esta micotoxina. En África debido a condiciones precarias, bajo estatus económico, dietas ricas en maíz y cereales las micotoxinas han generado cáncer de esófago (Soriano y otros, 2007).

1..5 Zearalenona

Es una micotoxina producida por varias especies de *Fusarium*, particularmente por *Fusarium graminearum* y también por *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. verticilliodes* y *F. incarnatum*. Generalmente, estas especies de *Fusarium* crecen e invaden los cultivos en condiciones de campo húmedo y fresco durante la floración. El crecimiento y la producción de estas toxinas puede ocurrir después de la cosecha por malas condiciones de almacenamiento (Marín et al., 2013).

En varios países del mundo la Zearalenona se encuentra en cultivos como el trigo, la cebada, el sorgo y el centeno. Es un compuesto estable durante el almacenamiento, molienda, procesamiento y cocción de alimentos, ya que, se ha descubierto presencia en productos elaborados a base de cereales como el pan, cervezas y alimentos procesados (Narváez, 2020).

MICOTOXINAS DEL GÉNERO *PENICILLUM*

1..6 Patulina

La patulina (4-hidroxi-4H-furo[3,2]piran-2[6H]-ona), esta micotoxina actúa con grupos sulfhidrilo, inhibiendo enzimas como las ATPasas unidas a la membrana lo que provoca estrés oxidativo y un efecto genotóxico (Zheng et al., 2021).

Es producida por una amplia gama de hongos de los generos *Penicillum*, *Aspergillus*, *Byssochlamys*, *Eupenicillum* y *Paecilomyces* de los cuales *Penicillum expansum*, es el más importante y un contaminante común en frutos dañados. Esta micotoxina tiene una fuerte afinidad por los grupos sulfhídrico, lo que explica su actividad inhibidora sobre muchas enzimas (Marín et al., 2013).

MICOTOXINAS DEL GÉNERO *ALTERNARIA*

Las micotoxinas de *Alternaria* incluyen un porcentaje de las más de 70 micotoxinas producidas por este género que se han caracterizado químicamente y se ha informado que se aíslan con frecuencia a partir de alimentos destinados al consumo en humanos y animales. Pertenece a tres grupos estructurales diferentes: los derivados de dibenzopirona, alternariol (AOH), alternariol monometil éter (AME) y altenueno (ALT); los derivados de perileno altertoxinas (ATX-I y II); y los derivados del ácido tetrámico, ácido tenuazónico (TeA) y ácido iso-tenuazonico (iso-TeA) (Marín et al., 2013).

MICOTOXINAS DEL GÉNERO *CLAVICEPS*

Los alcaloides de cornezuelo de centeno (EA_s), son compuestos tóxicos que se encuentran en especies de *Claviceps* (esclerosios) que infectan cereales de gran importancia económica. Se caracterizan por tener un sistema de anillo tetracíclico ergo-line y se clasifican biosintéticamente como alcaloides derivados de triptófano. Los efectos fisiológicos de los EA se conocen desde los tiempos bíblicos y se usan como drogas en humanos (Marín et al., 2013).

TOXICIDAD Y EVALUACIÓN DEL RIESGO

1..7 Toxicidad

El consumo por el hombre de pequeñas cantidades de micotoxinas durante periodos prolongados está asociado con toxicidad crónica. Las intoxicaciones provocadas por micotoxinas se les conoce como micotoxicosis; la incidencia de estos daños agudos son un problema de salud animal, ya que los alimentos deteriorados por hongos se desechan o se destinan para consumo de los mismos (Soriano y otros, 2007).

Las aflatoxinas son las micotoxinas de mayor riesgo para la salud por su potencial hepatocarcinógeno, donde la aflatoxina B1 se considera la más peligrosa. Las micotoxinas consumidas conjuntamente pueden presentar efecto sinérgico, aditivo, antagónico o de potenciación sobre la salud humana (Soriano y otros, 2007).

Soriano et al. (2007) indica que, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC; Internacional Agency of Research on Cancer) clasifica varias micotoxinas como carcinogénicas o potencialmente carcinógenas para el hombre en los siguientes grupos:

- Grupo 1: agente carcinogénico en humanos
- Grupo 2A: agente probablemente carcinogénico en humanos; existe limitada evidencia sobre humanos, pero suficiente con animales.
- Grupo 2B: agente posiblemente carcinogénico; la evidencia en humanos es limitada y tampoco hay suficiente evidencia con animales de experimentación.
- Grupo 3: el agente no es clasificable como carcinógeno para humanos, y no puede incluirse en otro grupo.
- Grupo 4: el agente probablemente no es carcinógeno en humanos; la evidencia disponible, tanto en humanos como experimentación animal, así lo sugiere.

1..8 Evaluación del Riesgo

Para medir la toxicología producida por micotoxinas, la cual trata de identificar y estimar la posibilidad de que la exposición a estos metabolitos secundarios produzca efectos nocivos; la exposición es la clave de la intoxicación y del riesgo. Toxicológicamente, la exposición se refiere a la dosis recibida por un organismo vivo, por cualquier vía.

El riesgo es la probabilidad de que se produzcan efectos nocivos por exposición a una micotoxina, mientras que el término de peligro se utiliza para referirse a las características intrínsecas de la micotoxina, y se define como la posibilidad de que dicha micotoxina produzca un efecto dañino (Soriano y otros, 2007).

Uno de los objetos de la legislación alimentaria tiene por objeto, reducir, eliminar o evitar un riesgo para la salud, por lo que se propone una metodología sistemática para la determinación del análisis de riesgos (evaluación de riesgos, gestión de riesgos y comunicación de riesgos) medidas eficaces para proteger la salud (Stoev, 2024).

PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ESCOLAR (PAE)

El programa de Alimentación Escolar (PAE) está construido como una estrategia para garantizar el derecho de la alimentación en el Marco de la Política Nacional y Política Distrital de Seguridad Alimentaria y Nutricional (Vargas & Chicaiza, 2013). A través de la entrega de un complemento alimentario nutritivo y variado se busca contribuir con el derecho a la vida sana y a la educación con calidad, favoreciendo la permanencia de los niños, niñas y jóvenes en el sistema educativo oficial (Vinet & Zhedanov, 2011).

De acuerdo con la Ley 1955 del año 2019, una de las principales estrategias de permanencia en el sistema educativo es la alimentación escolar. Además, según los resultados de la evaluación del Programa de Alimentación Escolar (PAE), realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el año 2013, incide

positivamente en la retención escolar en establecimientos oficiales, en particular de los niños y niñas, adolescentes y jóvenes en condición de pobreza y de aquellos que residen en zonas rurales (INVIMA, 2024).

En el artículo 189 de la Ley 1955 de 2019. ...como una entidad adscrita al Ministerio de Educación Nacional, con autonomía administrativa, personería jurídica y patrimonio independiente, con domicilio en la ciudad de Bogotá y con la estructura interna y la planta de personal para el desarrollo de sus facultades; con el objeto de fijar y desarrollar la política en materia de alimentación escolar, existe la Unidad Administrativa Especial de Alimentación Escolar UAPEA. Los objetivos de esta unidad son: fortalecer los esquemas de financiación del Programa de Alimentación Escolar, definir esquemas para promover la transparencia en la contratación del Programa de Alimentación Escolar, ampliar su cobertura y garantizar la continuidad con criterios técnicos de focalización, garantizar la calidad e inocuidad de la alimentación escolar, proponer modelos de operación para fortalecer la territorialidad en esta materia (INVIMA, 2024) .

OBJETIVO GENERAL DEL PAE

Suministrar un complemento alimentario que contribuya al acceso, la permanencia, la reducción del ausentismo, y al bienestar en los establecimientos educativos durante el calendario escolar y en la jornada académica de los niños, niñas, adolescentes y jóvenes registrados en la matrícula oficial desde preescolar hasta básica y media, fomentando hábitos alimentarios saludables y aportando al logro de las trayectorias educativas completas con resultados de calidad (INVIMA, 2024).

PROPÓSITO DE LA ALIMENTACIÓN ESCOLAR

De acuerdo con el objetivo del PAE, el propósito del programa se enmarca en contribuir al Sistema Educativo en lograr que los niños alcancen sus trayectorias completas, con resultados de calidad y ambientes apropiados para su desarrollo integral (INVIMA, 2024).

RESOLUCIÓN 335 DEL 23 DE DICIEMBRE DE 2021

“Por la cual se expiden los Lineamientos Técnicos-Administrativos, los Estándares y las condiciones mínimas del Programa de Alimentación Escolar PAE”

El objeto es definir y establecer los Lineamientos Técnicos – Administrativos, estándares y condiciones mínimas para la prestación del servicio y la ejecución del programa de Alimentación Escolar (PAE), por parte de las entidades territoriales certificadas (INVIMA, 2024).

Las entidades territoriales en general, los establecimientos educativos y los diferentes actores que intervienen en el proceso de planeación, gestión, ejecución, financiación, contratación, veeduría y control del Programa de Alimentación Escolar, tendrán en cuenta, como base de los lineamientos, los siguientes principios:

1. Educación inclusiva: todos los niños, niñas, adolescentes y jóvenes (NNAJ), independiente de su condición, situación social o económica, diversidad cultural, sexual o de aprendizaje, deben tener oportunidad para acceder al Programa de Alimentación Escolar.

2. Atención integral a la primera infancia. asegurar que en cada uno de los entornos educativos en los que se preste el PAE en el nivel preescolar, existan las condiciones adecuadas para garantizar tanto la promoción como el desarrollo integral.

3. Respeto y atención a la diversidad: reconocer de manera pertinente a la diversidad cultural de los beneficiarios del Programa, y en especial a la población de NNAJ registrados en el Sistema de Matrícula - SIMAT como población étnica, respetando sus particularidades y adecuando el programa a su cultura y entorno.

4. Enfoque diferencial Territorial. reconocer las particularidades de los territorios dentro de la diversidad regional y local, articulando con oportunidad a la nación y los territorios, en los diferentes aspectos del PAE y con los otros sectores;

El enfoque territorial debe ir de la mano con la preferencia en la adquisición de bienes y servicios locales.

5. Remisión a los principios de la función pública: las actuaciones de los actores del Programa deberán siempre guiarse por los principios de transparencia, participación, moralidad, publicidad, economía, celeridad y responsabilidad entre otros, para que se garantice la óptima planeación y ejecución del Programa de Alimentación Escolar (INVIMA, 2024).

CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEMENTO ALIMENTARIO Y MODALIDADES DE ATENCIÓN

- **Complemento Alimentario**

Corresponde a los alimentos que deben ser suministrados a los estudiantes beneficiarios del PAE para su consumo durante la jornada escolar, el cual cubre un porcentaje de las recomendaciones diarias de energía y nutrientes por nivel educativo y clase de ración en un tiempo de comida, para complementar la alimentación que los beneficiarios reciben en su hogar. Las minutas patrón establecidas en el anexo de Alimentación Saludable y Sostenible, determinan el cumplimiento del aporte nutricional mínimo definido para cada modalidad de atención del servicio, nivel educativo y tipo de complemento, de acuerdo con la normatividad nacional vigente sobre la materia (INVIMA, 2024).

- Complemento alimentario jornada mañana/tarde: en términos de tiempos de comida, corresponde a una ración (refrigerio, onces, medias nueves, tentempié, merienda, entre otros), que puede suministrarse a través de las modalidades: Preparada en Sitio, Comida Caliente Transportada o Industrializada (INVIMA, 2024).
- El complemento alimentario jornada mañana/ tarde debe aportar el 20% de las recomendaciones diarias de calorías (energía) y nutrientes por nivel educativo y grado escolar (INVIMA, 2024).

- Complemento Alimentario Almuerzo: corresponde al tiempo de comida del medio día, el cual puede suministrarse a través de la modalidad preparada en Sitio o Comida Caliente Transportada.
- El complemento alimentario almuerzo aportará el 30% de las recomendaciones diarias de calorías (energía) y nutrientes por nivel educativo y grado escolar (INVIMA, 2024).

- **Modalidades de atención**

Hace referencia al tipo de proceso y lugar de elaboración y preparación de los alimentos a suministrar, estableciéndose en su orden de prioridad las siguientes:

- a. Preparada en sitio
- b. Comida caliente transportada
- c. Industrializada

Preparada en sitio (modalidad preferente), Comida caliente transportada o industrializada. La elección depende de los ambientes donde se presta el servicio de alimentación escolar (INVIMA, 2024).

Como principio general para la implementación del Programa de Alimentación Escolar (PAE), se tiene la atención a los beneficiarios con la Modalidad preparada en sitio, en caso de no contar con las condiciones para la implementación de esta, es necesario considerar el suministro de Comida caliente transportada. La atención bajo la Modalidad industrializada debe considerarse como última opción teniendo en cuenta las condiciones para su implementación (INVIMA, 2024).

- **Modalidad Industrializada**

Se implementa en casos donde la infraestructura de la sede educativa NO permite la preparación de los alimentos directamente en las instalaciones del comedor escolar y no garantiza la calidad e inocuidad de los alimentos definidos en los ciclos de menús, determinada por la verificación de las condiciones de la sede educativa, realizada por los profesionales del

componente técnico del Equipo PAE de la Entidad Territorial o de los profesionales de la Supervisión o Interventoría, o cuando el concepto sanitario emitido por la autoridad competente sea desfavorable. Por lo tanto, es necesario suministrar un complemento alimentario listo para consumo, compuesto por alimentos que no requieran transformación o preparación en los establecimientos educativos, como lo es el caso de las frutas y alimentos procesados (INVIMA, 2024).

A los estudiantes de los Colegios Distritales durante su asistencia a la jornada escolar se les realiza la entrega de refrigerios escolares que comprenden una ración diaria de alimentos saludables e inoctrinos. Esta ración ofrecida pretende complementar la alimentación consumida en el hogar y se clasifica de la siguiente manera. (Vinet & Zhedanov, 2011)

1..9 Tipos de Refrigerios Escolares

Los tipos de Refrigerios Escolares corresponden a:

Refrigerio Tipo A. Conjunto de refrigerios escolares entregados a estudiantes en edades comprendidas entre los 3 y 5 años, y matriculados en los grados jardín, transición y primero.

Refrigerio Tipo B. Conjunto de refrigerios escolares entregados a estudiantes en edades comprendidas entre los 6 y 9 años matriculados en los grados de segundo, tercero, cuarto, quinto, sexto y séptimo.

Refrigerio Tipo C. Conjunto de refrigerios escolares entregados a estudiantes en edades comprendidas entre los 10 y 13 años matriculados en los grados octavo, noveno, décimo y once.

Refrigerio Tipo N. Conjunto de refrigerios escolares entregados a estudiantes en edades comprendidas entre los 14 y 17 años y matriculados en los grados novenos, media y ciclo complementario. Se incluye en este grupo los refrigerios

entregados a los estudiantes jóvenes, hombres y mujeres matriculados en las sedes educativas oficiales en la jornada nocturna.

JUSTIFICACIÓN

En Colombia para garantizar la seguridad alimentaria se tiene el Programa de Alimentación Escolar (PAE), el cual busca favorecer el derecho a la vida sana y a la educación con calidad, a través de la entrega de un complemento alimentario nutritivo y variado, que beneficie la permanencia de los niños, niñas y jóvenes en el sistema educativo oficial. Sin embargo, dentro de los controles que tiene la cadena de suministro no se cuentan con información asociada al riesgo por consumo de micotoxinas durante el suministro de refrigerios, siendo los niños, niñas, adolescentes y jóvenes los principales grupos de riesgo (Vinet & Zhedanov, 2011).

Según la FAO, se estimó que aproximadamente el 25% de los cereales producidos en el mundo están contaminados por micotoxinas, por lo que, muchos países han adoptado regulaciones para limitar la exposición a estos metabolitos pues no solo se relacionan con las consecuencias que puedan tener en la salud del consumidor, sino también el impacto del estilo de vida de las personas a lo largo de los años (Marín et al., 2013). Estas toxinas pueden producirse durante cualquier etapa de la cadena agroalimentaria y los hongos crecen principalmente en sustratos de origen vegetal, particularmente cereales, frutas, frutos secos o forrajes; algunos de estos alimentos consumidos por la población infantil están asociados con notificaciones de alerta por micotoxinas (Marín et al., 2013).

Por esta razón, este trabajo se enfoca en analizar el riesgo por consumo de micotoxinas para el grupo de alimentos del programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios, teniendo especial interés en el margen de exposición en que se encuentra los niños de 3 a 17 años a la cual se le suministra dicho complemento alimentario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar el riesgo por consumo de micotoxinas para el grupo de alimentos del programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar las micotoxinas asociadas a los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios utilizando los anexos técnicos y fichas técnicas del programa.
- Determinar los aspectos toxicológicos para cada una de las micotoxinas identificadas en los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios con base en el análisis de la literatura.
- Analizar el riesgo asociado a cada micotoxina de los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios a través de la metodología de (Saleh y Goktepe, 2019).

METODOLOGÍA

El estudio es realizado en la ciudad de Bogotá D.C y se basa en la revisión bibliográfica, normatividad nacional e internacional encontrada para micotoxinas asociadas al Programa de Alimentación Escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios, así como también la revisión de fichas técnicas y anexos técnicos para proveedores logísticos y de alimentos ofertados en el PAE 2020.

CLASIFICAR LAS MICOTOXINAS ASOCIADAS A LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.

Se revisó y clasificó los alimentos ofertados por los proveedores de alimentos para el año 2020 del Programa de Alimentación Escolar (PAE) de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios; donde se realizó la agrupación de los alimentos (ver anexo A) en cuatro categorías según la micotoxina principal asociada a cada alimento.

DETERMINAR LOS ASPECTOS TOXICOLÓGICOS PARA CADA UNA DE LAS MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.

Con base en las micotoxinas encontradas para cada una de las categorías de alimentos, se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos de los últimos 13 años, reglamentación nacional e internacional, informes técnicos en español e inglés, para determinar el riesgo a que se encuentra expuesta la población infantil a la cual se le suministra dicho complemento alimentario.

ANALIZAR EL RIESGO ASOCIADO A CADA MICOTOXINA DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.

Para analizar el riesgo asociado a cada micotoxina se utilizó la metodología reportada por (Saleh y Goktepe, 2019) la cual consistió en identificar el peligro, el análisis de la exposición y la caracterización del riesgo.

1..10 Identificación del peligro

Tal como se resume en la tabla 5, se registró la micotoxina asociada a cada una de las categorías de alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C y su actividad tóxica según lo encontrado en artículos científicos de los últimos 12 años, reglamentación nacional e internacional, informes técnicos y estudios clínicos de la literatura existente.

1..11 Análisis de la exposición

Primero se evaluó el consumo mensual de los alimentos, teniendo en cuenta quienes estaban expuestos, la cantidad mínima suministrada, durante cuánto tiempo y con qué frecuencia. En este estudio la población expuesta fueron estudiantes desde los 4 hasta los 17 años de edad, jóvenes, mujeres y hombres beneficiarios del PAE de Bogotá D.C; para el cálculo de la cantidad suministrada, la frecuencia y el tiempo de consumo de los alimentos suministrados, se utilizaron las tablas de los ciclos de menús de refrigerios (ver anexo B) y la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Consumo Mensual del Alimento.

$$CMA (g|mes) = Cms (g) \times Fm$$

CMA = Consumo Mensual del Alimento (*g|mes*)

Cms = Cantidad mínima suministrada (*g*)

Fm = Frecuencia mensual (*mes*)

Luego del cálculo del consumo mensual de los alimentos se estimaron los niveles máximos mensual de exposición según lo establecido en la (Resolución 4506, 2013) y normatividad internacional (FAO, 2004) utilizando la siguiente ecuación con modificaciones (Saleh y Goktepe, 2019).

Ecuación 2. Consumo de Niveles Máximos de Micotoxina mensual.

$$CNMM (\mu g|mes) = \frac{NM(\mu g|kg) \times CMA (g|mes)}{1000}$$

CNMM = Consumo de Niveles Máximos de Micotoxina mensual ($\mu g|mes$)

NM = Niveles máximos permisibles según normatividad ($\mu g|kg$)

CMA = Consumo mensual del alimento (*g|mes*)

La ingesta mensual tolerable (IMT) se calculó a través del peso promedio de los niños para cada tipo de refrigerio y según lo establecido en el (CODEX, 1995), se utilizó la siguiente ecuación con modificaciones (Saleh y Goktepe, 2019).

Ecuación 3. Ingesta Mensual Tolerable.

$$IMT \frac{\mu g}{kg} \frac{pc}{mes} = IDT \frac{\mu g}{kg} \frac{pc}{dia} \times 23,5 \text{ días}$$

IMT = Ingesta Mensual Tolerable $\frac{\mu g}{kg} \frac{pc}{mes}$

IMT por tipo de refrigerio ($\mu g|niño|mes$) = **IMT** ($\mu g|kg|mes$) $\times \bar{x}$ del peso kg

1..11.1 Cálculo del peso corporal según el tipo de refrigerio

Los cálculos para el peso corporal de los niños, niñas y jóvenes beneficiarios del PAE de Bogotá se realizó utilizando las tablas del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) según las edades, por otra parte, para obtener el promedio del peso corporal se utilizó la edad menor para las niñas y la edad mayor para los niños como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Cálculo del peso promedio de los niñas y niños según el tipo de refrigerio escolar.

TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO N
Estudiantes de 3 a 5 años	Estudiantes de 6 a 9 años	Estudiantes de 10 y 13 años	Estudiantes de 14 a 17 años
*niñas 3 años: 12 kg *niños 5 años: 18 kg $\bar{X} = 15$ Kg	*niños 9 años: 28 kg *niñas 6 años: 20 kg $\bar{X} = 24$ Kg	*niños 13 años: 45 kg *niñas 10 años: 40 kg $\bar{X} = 42,5$ Kg	*niños 17 años: 65 kg *niñas 14 años: 54 kg $\bar{X} = 59,5$ Kg

1..12 Caracterización del riesgo

Con los datos obtenidos para el consumo de niveles máximos de micotoxina mensual (tablas 16 a 23), se realizó una comparación con la ingesta mensual tolerable calculada (ilustración 2 a 13), donde los valores superiores a la IMT indican riesgo de exposición.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión de los documentos usados en la investigación.

CRITERIO	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Tipo de bases de datos	Elsevier, Google Scholar, Scielo, Codex Alimentarius, FAO, OMS, ICBF, INVIMA.	Cualquier fuente que no tenga información verídica, datos confiables, fuentes editables por el público.

Idioma	Español e Ingles	Textos en idiomas distintos al español e inglés.
Año	2011 en adelante	Antes de 2011 exceptuando las leyes y normatividad.
Tema	Análisis del riesgo por consumo de micotoxinas para el grupo de alimentos del Programa de Alimentación Escolar (PAE) de Bogotá D.C para la modalidad de refrigerios escolares.	Cualquier parámetro que no esté relacionado con el tema principal
Tipo de información recolectada	Literatura online, enciclopedias, artículos científicos, trabajos de investigación, leyes, normatividad nacional e internación, anexos técnicos, fichas técnicas	Información que no tenga ninguna conexión con el tema. Información plagiada o sin autorización de información. Bases de datos no confiables.
Método de recogida de información	Artículos online, bibliografía científica, artículos actuales del tema, trabajos de investigación publicados, anexos, leyes, normas y fichas técnicas existentes y publicadas.	Encuestas, foros, entrevistas, trabajos de investigación no publicados e información confidencial.

RESULTADOS

CLASIFICACIÓN DE LAS MICOTOXINAS ASOCIADAS A LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.

En las tablas 3, 4, 5 y 6 se presentan las micotoxinas asociadas a los alimentos de las categorías de quesos, bebidas lácteas, cereales empacados, preparaciones compuestas, frutos secos, frutas y néctares suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.

Tabla 3. Micotoxina asociada a los alimentos encontrados en la categoría de quesos y bebidas lácteas.

MICOTOXINA/S ASOCIADA	GRUPO	CATEGORÍA	ALIMENTO
Aflatoxina M ₁	1	QUESOS	Queso Pera
			Queso con Bocadillo
			Queso Mozzarella
			Porción de queso doble crema
			Queso Petit Suisse
		BEBIDAS LÁCTEAS	Yogurt semidescremado
			Yogurt Griego
			Kumis entero con dulce
			Yogurt con Salsa de Fruta
			Yogurt con Cereal
			Leche saborizada UHT
			Leche saborizada con adición de Fe
			Leche entera UHT
			Kumis con cereal
Bebida láctea + Fe (sorbete)			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de cereales empacados y preparaciones compuestas.

MICOTOXINA/S ASOCIADA	GRUPO	CATEGORÍA	ALIMENTO
			Mantecada
			Donut relleno con mermelada de frutas

Zearalenona Deoxinivalenol	2	CEREALES EMPACADOS	Muffin de frutas
			Muffin con chips de chocolate
			Ponqué de sabores sin relleno
			Ponqué de sabores sin relleno
			Torta de zanahoria
			Torta de queso
			Galleta cuca
			Galleta multicereal tipo Craker
			Galleta de quinua tipo Craker
			Pan de arroz
			Ponqué cubierto chocolate relleno con mermelada
			Ponqué cubierto con chocolate
			Galletas chips de chocolate
			Galletas Wafer
			Galletas de avena
			Brownie cubierto de chocolate
		Achiras	
		PREPARACIONES COMPUESTAS	Sandwiches en pan blanco con roast beef y queso
			Sandwiches en pan blanco con queso
			Sandwiches en pan blanco con perrito de cerdo y queso doble crema.
			Sandwiches en pan blanco con queso y mermelada light
			SAND en pan integral con queso y mermelada light
			Pastel gloria
Croissant con queso			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de frutos secos.

MICOTOXINA/S ASOCIADA	GRUPO	CATEGORÍA	ALIMENTO
Ocratoxina A Suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2	3	FRUTOS SECOS	Mezcla de frutos secos
			Snacks o pasabocas de frutas deshidratadas.
			Barra de cereal con frutas deshidratada
			Barra de cereal con vegetales
			Mix de fruta deshidratada
			Maní con sal

Tabla 6. Micotoxinas asociadas a los alimentos encontrados en la categoría de frutas y néctares.

MICOTOXINA/S ASOCIADA	GRUPO	CATEGORÍA	ALIMENTO
Patulina	4	FRUTA NATURAL	Uva negra o verde
			Uva isabella
			Uchuva
			Pera
			Manzana verde roja
			Mango
			Mandarina
			Granadilla
			Durazno
			Banano bocadillo
			Banano Urabá o común
		NÉCTARES	Concentrado de fruta
		Néctar UHT	

Fuente: Elaboración propia

**DETERMINACIÓN DE LOS ASPECTOS TOXICOLÓGICOS PARA CADA UNA DE LAS
MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE
BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.**

En la tabla 7 se muestran los aspectos toxicológicos encontrados para cada micotoxina asociada al grupo y categoría de los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.

Tabla 7. Aspectos toxicológicos para cada micotoxina según la categoría de los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C, para la modalidad de refrigerios.

MICOTOXINA ASOCIADA	CATEGORÍA DEL ALIMENTO	ASPECTO TOXICOLÓGICO
Aflatoxina M1	Quesos y Bebidas lácteas	<p>Carcinogenicidad, hepatotoxicidad, teratogenicidad, supresión del sistema inmunológico, alteración de la estructura del ADN, hepatitis, hemorragia, lesiones renales". (El-Sayed et al., 2022).</p> <p>También puede causar daño al ADN, mutación genética, anomalías cromosómicas y transformación celular en células de mamíferos in vitro, en insectos, eucariotas inferiores y bacterias (Prandini et al., 2009).</p>
Zearalenona Deoxinivanelol	Cereales Empacados.	<p>Daño renal y hepático, pérdida de apetito, náuseas y vómitos, supresión del sistema inmunitario, cancerígeno. (El-Sayed et al., 2022).</p> <p>La intoxicación aguda por DON puede causar malestar abdominal (como vómitos), mientras que la exposición crónica a dosis bajas puede provocar anorexia, retraso del crecimiento, desregulación inmunológica y problemas de reproducción (Ji et al., 2018).</p> <p>La ZEA se ha asociado con hiperestrogenismo en el ganado, especialmente en cerdos, caracterizado por hinchazón vulvar y mamaria y reducción de la fertilidad (Golge & Kabak, 2020).</p>
Ocratoxina A	Frutos Secos	<p>La OTA es un tóxico renal, y la exposición frecuente a ella a través de la dieta en animales y humanos puede afectar la función renal y causar nefrotoxicidad y muerte celular. La exposición a la OTA en ciertas dosis también puede provocar hepatotoxicidad. (Ravelo et al., 2011)</p> <p>La OTA causa efectos tóxicos y puede acumularse en los riñones y excretarse a diferentes velocidades según la especie (Khan, 2024).</p>

Patulina	Frutas Naturales y Néctares	<p>La patulina puede causar problemas de toxicidad aguda y crónica. Los síntomas agudos de la administración de patulina incluyen quietud, convulsiones, disnea, congestión pulmonar y daño gastrointestinal y pulmonar. (Li et al., 2022).</p> <p>Las dosis altas de PAT pueden causar irritación de las membranas mucosas, náuseas, vómitos, diarrea, sangrado y síntomas neurotóxicos en animales. Además, la PAT influye en los parámetros del sistema inmunológico y tiene un potencial reprotóxico en roedores (Khan, 2024).</p>
----------	-----------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN PARA CADA UNA DE LAS MICOTOXINAS IDENTIFICADAS EN LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS EN EL PAE DE BOGOTÁ D.C, PARA LA MODALIDAD DE REFRIGERIOS.

De la tabla 8 a la 15 se relaciona el consumo mensual de los alimentos, teniendo en cuenta quienes estaban expuestos, la cantidad mínima suministrada, durante cuánto tiempo y con qué frecuencia, según el tipo de refrigerio y entrega.

Tabla 8. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS PRIMERA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento en (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Queso Mozzarella	20	25	30	4	80	100	120
Porción de queso doble crema	20	30	40	8	160	240	320
Queso Petit Suisse	50	50	50	4	200	200	200
Yogurt entero con dulce	214,5	214,5	214,5	4	858	858	858
Kumis entero con dulce	210,5	210,5	210,5	4	842	842	842
Yogurt post Salsa de Fruta	140	140	140	1	140	140	140
Kumis con Cereal	150	150	150	1	150	150	150
Leche saborizada UHT	208,1	208,1	208,1	4	832,4	832,4	832,4
Bebida láctea fermentada con adición de Fe	209,3	209,3	209,3	4	837,2	837,2	837,2
Leche entera de vaca UHT	205,9	205,9	205,9	2	411,8	411,8	411,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS SEGUNDA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento en (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Queso Mozzarella	20	25	30	10	200	250	300
Queso Petit Suisse	50	50	50	4	200	200	200
Yogurt entero con dulce	214,5	214,5	214,5	6	1287	1287	1287
Kumis entero con dulce	210,5	210,5	210,5	2	421	421	421
Kumis con Cereal	150	150	150	2	300	300	300
Leche saborizada UHT	208,1	208,1	208,1	8	1664,8	1664,8	1664,8
Bebida láctea fermentada con adición de Fe	209,3	209,3	209,3	6	1255,8	1255,8	1255,8
Leche entera de vaca UHT	205,9	205,9	205,9	4	823,6	823,6	823,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de cereales empacados de primera entrega.

CEREALES EMPACADOS PRIMERA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento en (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Mantecada	10	15	30	2	20	30	60
Muffin de frutas	30	40	80	2	60	80	160
Pastel gloria	30	40	70	2	60	80	140
croissant de/ con queso	30	40	70	4	120	160	280
Sanduche de queso y mermelada	40	40	60	2	80	80	120
Galletas integrales	25	25	25	2	50	50	50
Galleta casera	25	25	25	2	50	50	50
Brownie cubierto de chocolate	30	40	50	2	60	80	100
Ponqué cubierto con chocolate	30	30	60	4	120	120	240
Galletas chips de chocolate	35	35	35	2	70	70	70
Galletas Wafer	24	24	24	2	48	48	48
Galletas de avena	30	40	50	2	60	80	100
Achiras	30	40	60	2	60	80	120

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de cereales empacados de segunda entrega.

CEREALES EMPACADOS SEGUNDA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Mantecada	20	30	60	2	40	60	120
Pastel gloria	30	40	70	2	60	80	140
croissant de/ con queso	30	40	70	2	60	80	140
Sanduche de queso y mermelada	60	60	100	6	360	360	600
Galleta casera	25	25	25	2	50	50	50
Brownie cubierto de chocolate	30	40	50	2	60	80	100
Ponqué cubierto con chocolate	30	30	60	2	60	60	120
Galletas chips de chocolate	35	35	35	2	70	70	70
Galletas de avena	30	40	50	2	60	80	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutos secos de primera entrega.

FRUTOS SECOS PRIMERA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento en (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Barra de cereal con frutas deshidratada	20	40	50	2	40	80	100
Maní con sal	10	20	40	2	20	40	80
Mix de fruta deshidratada	10	20	30	2	20	40	60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutos secos de segunda entrega.

FRUTOS SECOS SEGUNDA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Consumo mensual del alimento en (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Barra de cereal con frutas deshidratada	20	40	50	4	80	160	200
Maní con sal	10	20	40	2	20	40	80
Mezcla de frutos secos	10	20	30	2	20	40	60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutas y néctares de primera entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES PRIMERA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Cantidad mensual suministrada del alimento (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Uva negra o verde	0	100	100	4	0	400	400
Pera	100	100	100	4	400	400	400
Mango	0	100	100	2	0	200	200
Mandarina	100	100	100	2	200	200	200
Granadilla	100	100	100	2	200	200	200
Durazno	0	100	100	2	0	200	200
Banano bocadillo	100	100	100	2	200	200	200
Banano Urabá o común	100	100	100	2	200	200	200
Manzana verde roja	100	100	100	4	400	400	400
Néctares	209,8	209,8	209,8	4	839,2	839,2	839,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Cálculo del consumo mensual para el grupo de alimentos de la categoría de frutas y néctares de segunda entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES SEGUNDA ENTREGA							
ALIMENTOS	Cantidad mínima suministrada (g)			Frecuencia Mensual	Cantidad mensual suministrada del alimento (g)		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
Uva negra o verde	0	100	100	4	0	400	400
Pera	100	100	100	6	600	600	600
Mango	0	100	100	6	0	600	600
Mandarina	100	100	100	6	600	600	600
Granadilla	100	100	100	4	400	400	400
Durazno	0	100	100	2	0	200	200
Banano Urabá o común	100	100	100	2	200	200	200
Manzana verde roja	100	100	100	4	400	400	400
concentrados de fruta	90	90	90	4	360	360	360

Fuente: Elaboración propia

Después de calcular el consumo mensual de los alimentos se realizó el cálculo del consumo de niveles máximos de micotoxina mensual según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013 y legislación de otros países (FAO, 2004), los cuales se presentan de la tabla 16 a la 23.

Tabla 16. Cálculo de niveles máximos de Aflatoxina M1 mensual para la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS PRIMERA ENTREGA							
Niveles Máximos de Aflatoxina M1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) otros países	Niveles Máximos de Aflatoxina M1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Aflatoxina M1 (μg) Mensual legislación otros países			Consumo de Niveles máximos de Aflatoxina M1 (μg) Mensual Resolución 4506		
		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
0,05	0,5	0,0040	0,0050	0,0060	0,0400	0,0500	0,0600
0,05	0,5	0,0080	0,0120	0,0160	0,0800	0,1200	0,1600
0,05	0,5	0,0100	0,0100	0,0100	0,1000	0,1000	0,1000
0,05	0,5	0,0429	0,0429	0,0429	0,4290	0,4290	0,4290
0,05	0,5	0,0421	0,0421	0,0421	0,4210	0,4210	0,4210
0,05	0,5	0,0070	0,0070	0,0070	0,0700	0,0700	0,0700
0,05	0,5	0,0075	0,0075	0,0075	0,0750	0,0750	0,0750
0,05	0,5	0,0416	0,0416	0,0416	0,4162	0,4162	0,4162

0,05	0,5	0,0419	0,0419	0,0419	0,4186	0,4186	0,4186
0,05	0,5	0,0206	0,0206	0,0206	0,2059	0,2059	0,2059
		0,23	0,23	0,24	2,26	2,31	2,36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Cálculo de niveles máximos de Aflatoxina M1 mensual para la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS SEGUNDA ENTREGA							
Niveles Máximos de Aflatoxina M1 (µg/kg) otros países	Niveles Máximos de Aflatoxina M1 (µg/kg) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Aflatoxina M1 (µg) Mensual legislación otros países			Consumo de Niveles máximos de Aflatoxina M1 (µg) Mensual Resolución 4506		
		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
0,05	0,5	0,0100	0,0125	0,015	0,1	0,125	0,15
0,05	0,5	0,0100	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1
0,05	0,5	0,0644	0,06435	0,06435	0,6435	0,6435	0,6435
0,05	0,5	0,0211	0,02105	0,02105	0,2105	0,2105	0,2105
0,05	0,5	0,0150	0,015	0,015	0,15	0,15	0,15
0,05	0,5	0,0832	0,08324	0,08324	0,8324	0,8324	0,8324
0,05	0,5	0,0628	0,06279	0,06279	0,6279	0,6279	0,6279
0,05	0,5	0,0412	0,04118	0,04118	0,4118	0,4118	0,4118
		0,31	0,31	0,31	3,08	3,10	3,13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Cálculo de niveles máximos de Zearalenona y Deoxinivanelol mensual para la categoría de cereales empacados de primera entrega.

CEREALES EMPACADOS PRIMERA ENTREGA							
Niveles Máximos de Zearalenona (µg/kg) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Zearalenona (µg) mensual Resolución 4506			Niveles Máximos de Deoxinivanelol (µg/kg) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Deoxinivanelol (µg) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
50	1	1,5	3	500	10	15	30
50	3	4	8	500	30	40	80
50	3	4	7	500	30	40	70
50	6	8	14	500	60	80	140

50	4	4	6	500	40	40	60
50	2,5	2,5	2,5	500	25	25	25
50	2,5	2,5	2,5	500	25	25	25
50	3	4	5	500	30	40	50
50	6	6	12	500	60	60	120
50	3,5	3,5	3,5	500	35	35	35
50	2,4	2,4	2,4	500	24	24	24
50	3	4	5	500	30	40	50
50	3	4	6	500	30	40	60
	42,9	50,4	76,9		429	504	769

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Cálculo de niveles máximos de Zearalenona y Deoxinivalol mensual para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.

CEREALES EMPACADOS SEGUNDA ENTREGA							
Niveles Máximos de Zearalenona ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Zearalenona ($\mu\text{g}/\text{kg}$) mensual Resolución 4506			Niveles Máximos de Deoxinivalol ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Deoxinivalol ($\mu\text{g}/\text{kg}$) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N		Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
50	2	3	6	500	20	30	60
50	3	4	7	500	30	40	70
50	3	4	7	500	30	40	70
50	18	18	30	500	180	180	300
50	2,5	2,5	2,5	500	25	25	25
50	3	4	5	500	30	40	50
50	3	3	6	500	30	30	60
50	3,5	3,5	3,5	500	35	35	35
50	3	4	5	500	30	40	50
	41	46	72		410	460	720

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Cálculo de niveles máximos de Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 mensual para la categoría frutos secos de primera entrega.

FRUTOS SECOS PRIMERA ENTREGA											
Niveles Máximos de Ocratoxina A ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Ocratoxina A (μg) mensual			Niveles Máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) otros países	Niveles Máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 (μg) legislación otros países			Consumo de Niveles máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 (μg) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N			Tipo A	Tipo B	Tipo C y N	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
10	0,4	0,8	1	4	10	0,16	0,32	0,4	0,4	0,8	1
0	0	0	0	4	10	0,08	0,16	0,32	0,2	0,4	0,8
10	0,2	0,4	0,6	4	10	0,08	0,16	0,24	0,2	0,4	0,6
	0,6	1,2	1,6			0,32	0,64	0,96	0,8	1,6	2,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Cálculo de niveles máximos de Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 mensual para la categoría frutos secos de segunda entrega.

FRUTOS SECOS SEGUNDA ENTREGA											
Niveles Máximos de Ocratoxina A ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Ocratoxina A (μg) mensual			Niveles Máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) otros países	Niveles Máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 (μg) legislación otros países			Consumo de Niveles máximos Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 (μg) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N			Tipo A	Tipo B	Tipo C y N	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
10	0,8	1,6	2	4	10	0,32	0,64	0,8	0,8	1,6	2
0	0	0	0	4	10	0,08	0,16	0,32	0,2	0,4	0,8
10	0,2	0,4	0,6	4	10	0,08	0,16	0,24	0,2	0,4	0,6
	1	2	2,6			0,48	0,96	1,36	1,2	2,4	3,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Cálculo de niveles máximos de Patulina mensual para la categoría frutas y néctares de primera entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES PRIMERA ENTREGA			
Niveles Máximos de Patulina (µg/kg) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Patulina (µg) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
50	0	20	20
50	20	20	20
50	0	10	10
50	10	10	10
50	10	10	10
50	0	10	10
50	10	10	10
50	10	10	10
50	20	20	20
50	41,96	41,96	41,96
	121,96	161,96	161,96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Cálculo de niveles máximos de Patulina mensual para la categoría frutas y néctares de primera entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES SEGUNDA ENTREGA			
Niveles Máximos de Patulina (µg/kg) Resolución 4506	Consumo de Niveles máximos de Patulina (µg) mensual Resolución 4506		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C y N
50	0	20	20
50	30	30	30
50	0	30	30
50	30	30	30
50	20	20	20
50	0	10	10
50	10	10	10
50	20	20	20
50	18	18	18
	128	188	188

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 24 a la 31 se relaciona la ingesta mensual tolerable (IMT) por micotoxina, categoría de alimentos, tipo de refrigerio y entrega utilizando los datos de ingesta diaria tolerable (IDT) según lo establecido en el (CODEX, 1995).

Tabla 24. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Aflatoxina M1 de la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS PRIMERA ENTREGA				
IDT 0,002 µg/kg pc/día de Aflatoxina M1	IMT µg/kg niño/mes de Aflatoxina M1			
IMT Aflatoxina M1 µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
0,047	0,71	1,13	2,00	2,80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Aflatoxina M1 de la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.

QUESOS Y BEBIDAS LÁCTEAS SEGUNDA ENTREGA				
IDT 0,002 µg/kg pc/día de Aflatoxina M1	IMT µg/kg niño/mes de Aflatoxina M1			
IMT Aflatoxina M1 µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
0,047	0,71	1,13	2,00	2,80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Zearalenona y Deoxinivanelol de la categoría de cereales empacados de primera entrega.

CEREALES EMPACADOS PRIMERA ENTREGA									
IDT 0,5 µg/kg Pc/día de Zearalenona	IMT µg/kg niño/mes de Zearalenona				IDT 1 µg/kg Pc/día de Deoxinivanelol	IMT µg/kg niño/mes de Deoxinivanelol			
	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg		IMT Deoxinivanelol µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg
11,75	176,3	282	499,4	699,1	23,5	352,5	564	998,8	1398,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Zearalenona y Deoxinivanelol de la categoría de cereales empacados de segunda entrega.

CEREALES EMPACADOS SEGUNDA ENTREGA									
IDT 0,5 µg/kg Pc/día de Zearalenona	IMT µg/kg niño/mes de Zearalenona				IDT 1 µg/kg Pc/día de Deoxinivanelol	IMT µg/kg niño/mes de Deoxinivanelol			
IMT Zearalenona µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg	IMT Deoxinivanelol µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
11,75	176,3	282	499,4	699,1	23,5	352,5	564	998,8	1398,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 de la categoría frutos secos de primera entrega.

FRUTOS SECOS PRIMERA ENTREGA									
IDT 0,1 µg/kg Pc/día de ocratoxina A	IMT µg/kg niño/mes de ocratoxina A				IDT 0,001 µg/kg Pc/día Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2	IMT µg/kg niño/mes Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2			
IMT de ocratoxina A µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg	IMT de Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
2,35	35,25	56,4	100	140	0,0235	0,35	0,56	1,00	1,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Ocratoxina A y la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 de la categoría frutos secos de segunda entrega.

FRUTOS SECOS SEGUNDA ENTREGA									
IDT 0,1 µg/kg Pc/día de ocratoxina A	IDT µg/kg niño/mes de ocratoxina A				IDT 0,001 µg/kg Pc/día Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2	IMT µg/kg niño/mes Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2			
IDT de ocratoxina A µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg	IDT de Suma de Aflatoxina B1, B2, G1 y G2 µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
2,35	35,25	56,4	100	140	0,0235	0,35	0,56	1,00	1,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Patulina de la categoría frutas y néctares de primera entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES PRIMERA ENTREGA				
IDT 0,4 µg/kg pc/día	IMT µg/kg niño/mes de Patulina			
IMT de patulina µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
9,4	141	225,6	399,5	559,3

Fuente: Elaboración propia

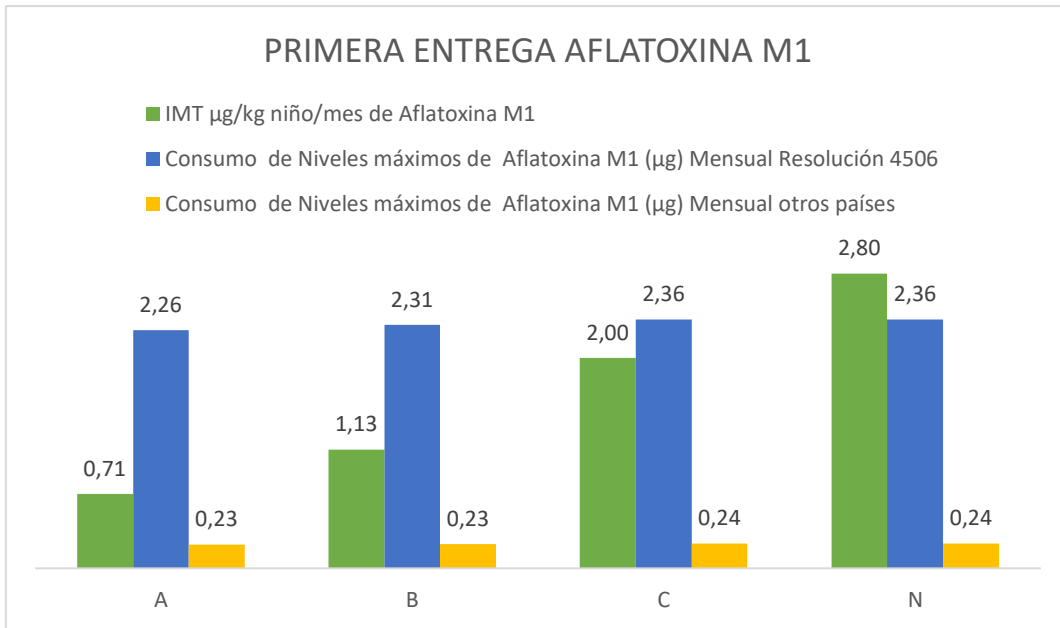
Tabla 31. Cálculo de Ingesta Mensual Tolerable (IMT) para Patulina de la categoría frutas y néctares de segunda entrega.

FRUTAS Y NÉCTARES SEGUNDA ENTREGA				
IDT 0,4 µg/kg pc/día	IMT µg/kg niño/mes de Patulina			
IMT de patulina µg/kg mes	Tipo A 15Kg	Tipo B 24Kg	Tipo C 42,5Kg	Tipo N 59,5Kg
9,4	141	225,6	399,5	559,3

Fuente: Elaboración propia

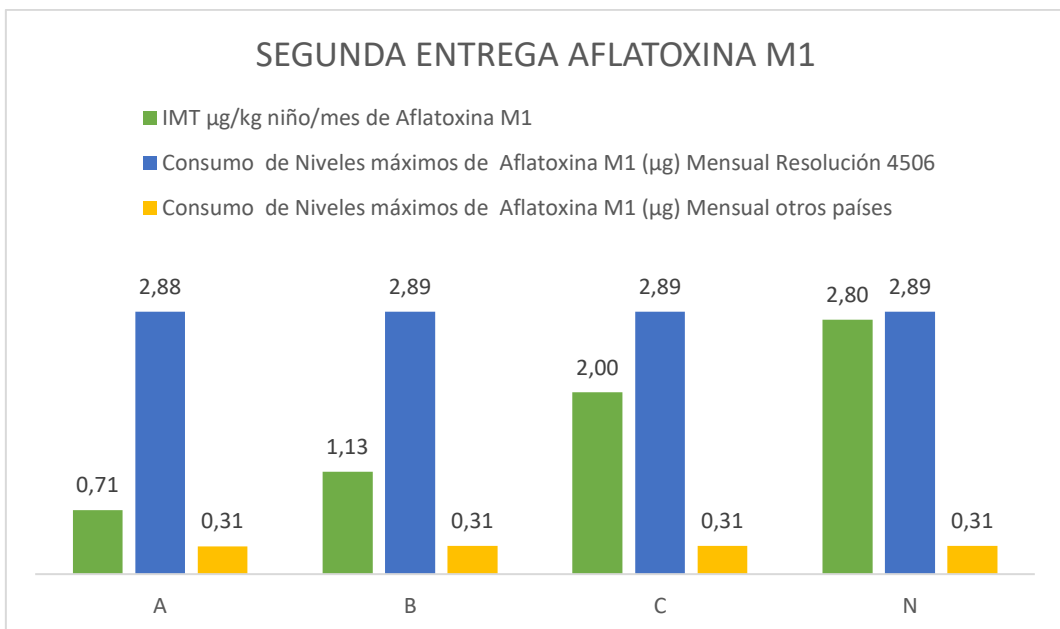
Luego de obtener los cálculos de Consumo de Niveles Máximos de Micotoxina mensual (CNMM) y la Ingesta Mensual Tolerable (IMT), por micotoxina, categoría de alimento, tipo de refrigerio y entrega se realizaron gráficos de barras de los valores obtenidos, los cuales se representan de la ilustración 2 a la 13.

Ilustración 2. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Aflatoxina M1 para la categoría de quesos y bebidas lácteas de primera entrega.



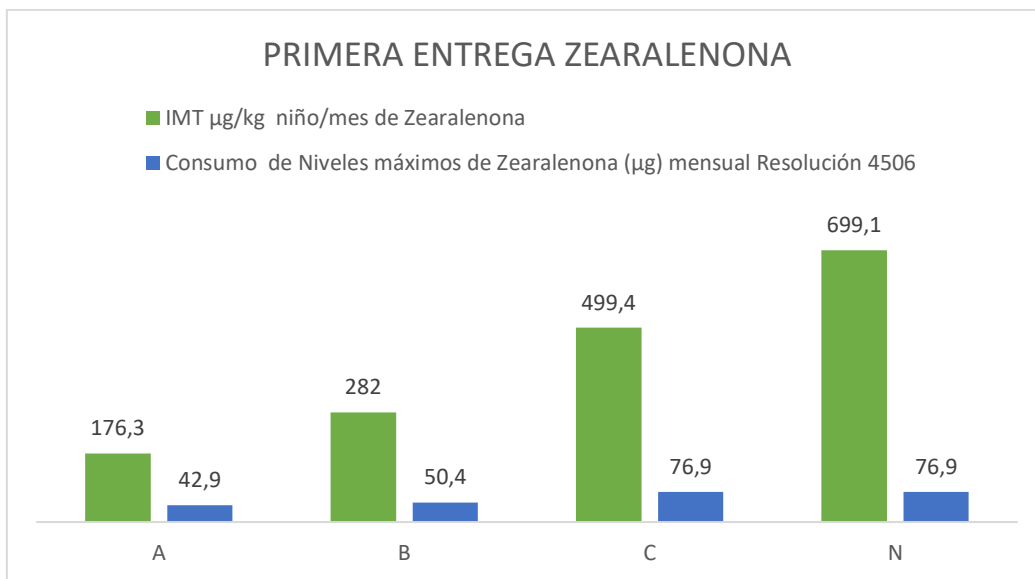
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Aflatoxina M1 para la categoría de quesos y bebidas lácteas de segunda entrega.



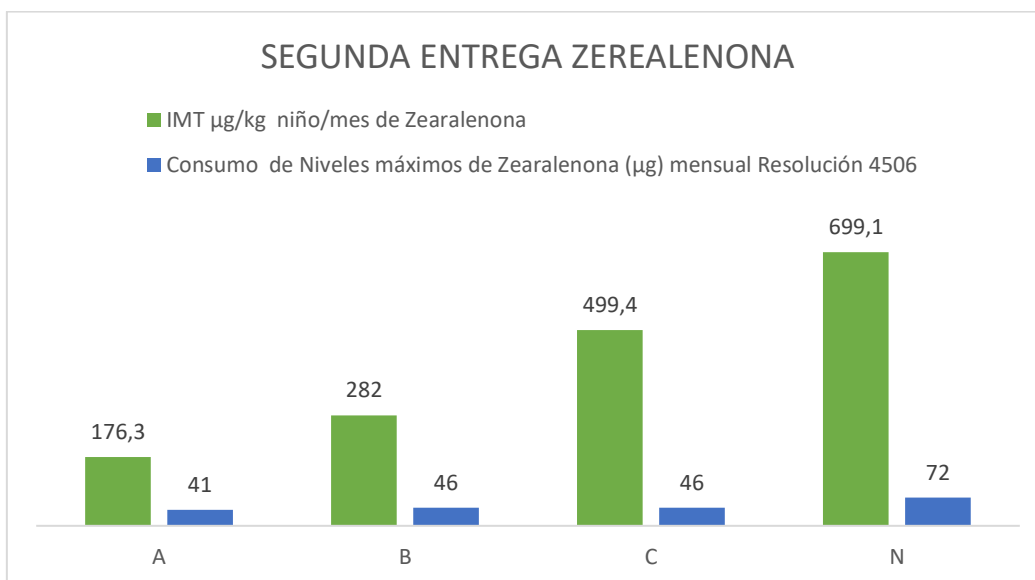
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Zearalenona para la categoría de cereales empacados de primera entrega.



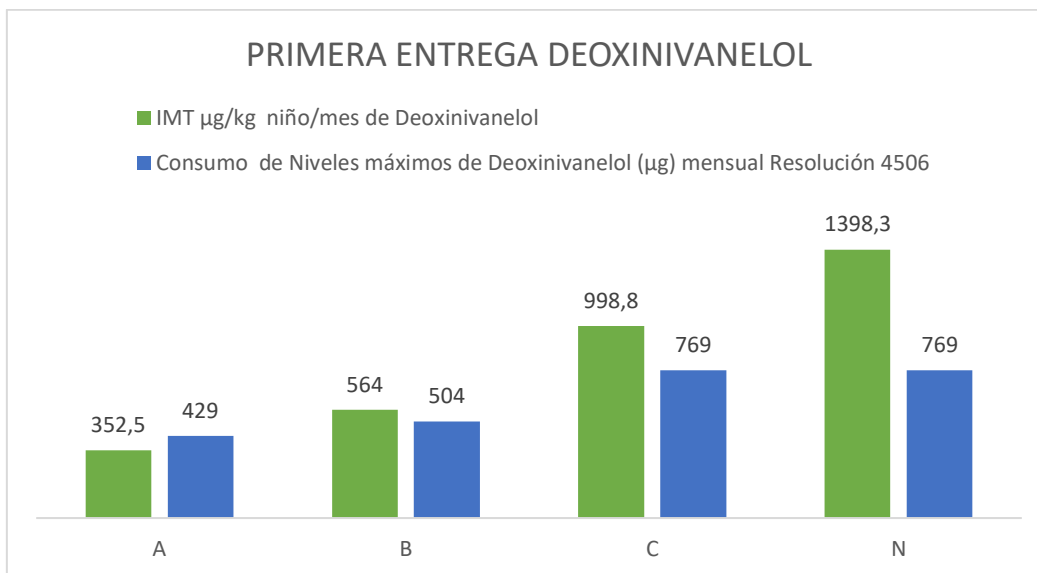
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Zearalenona para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.



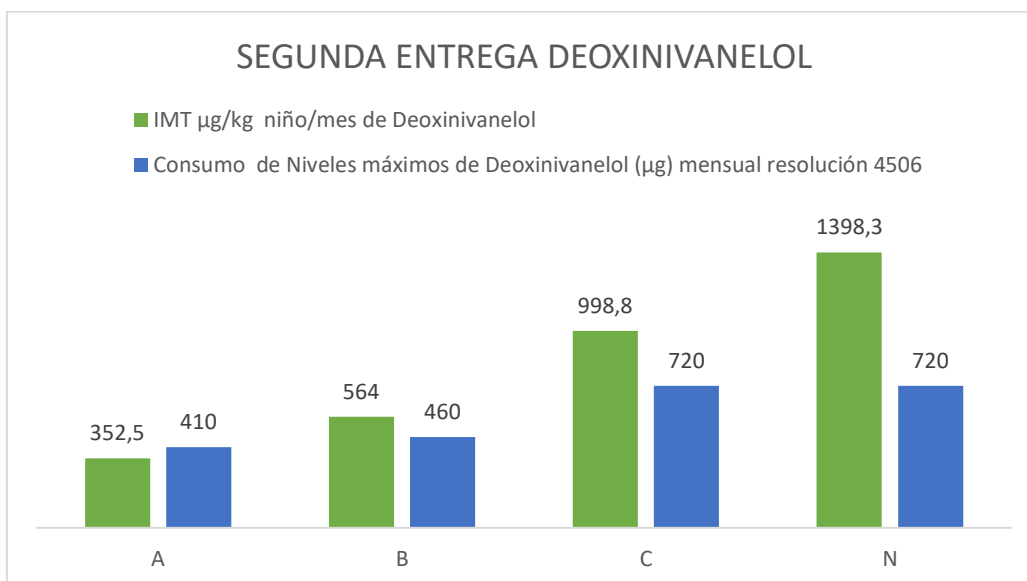
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Deoxinivanelol para la categoría de cereales empacados de primera entrega.



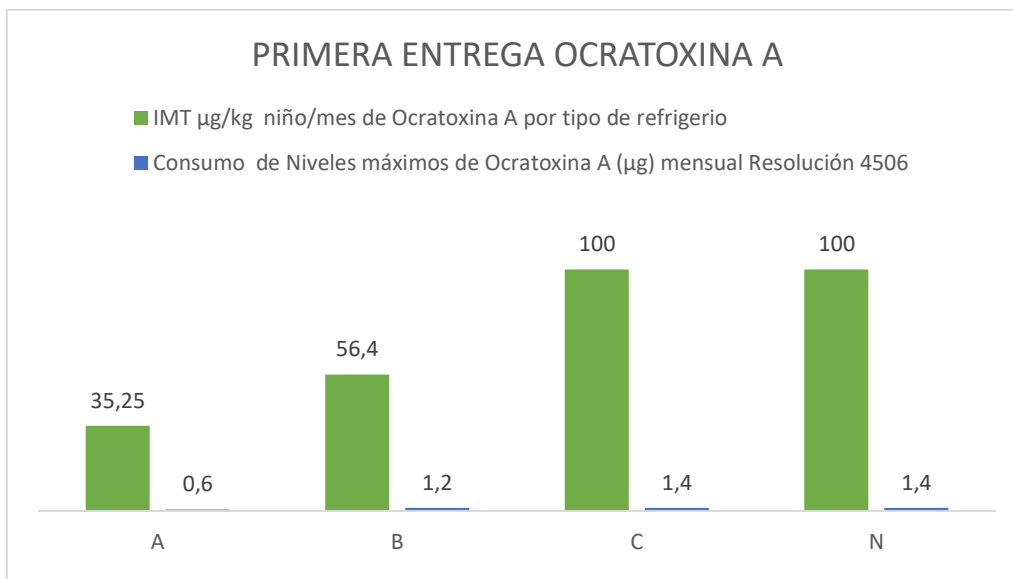
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Deoxinivanelol para la categoría de cereales empacados de segunda entrega.



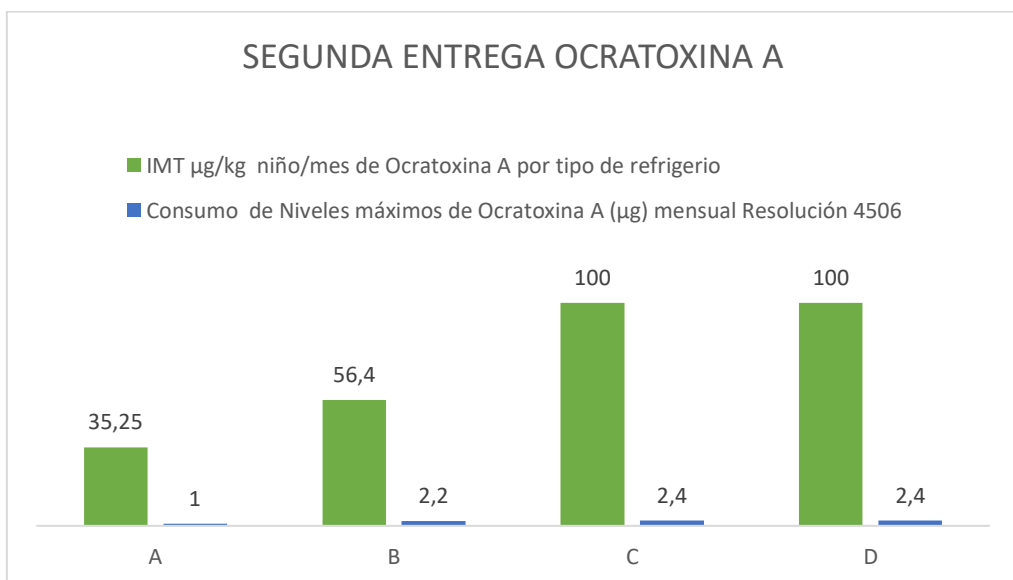
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Ocratoxina A para la categoría de frutos secos de primera entrega.



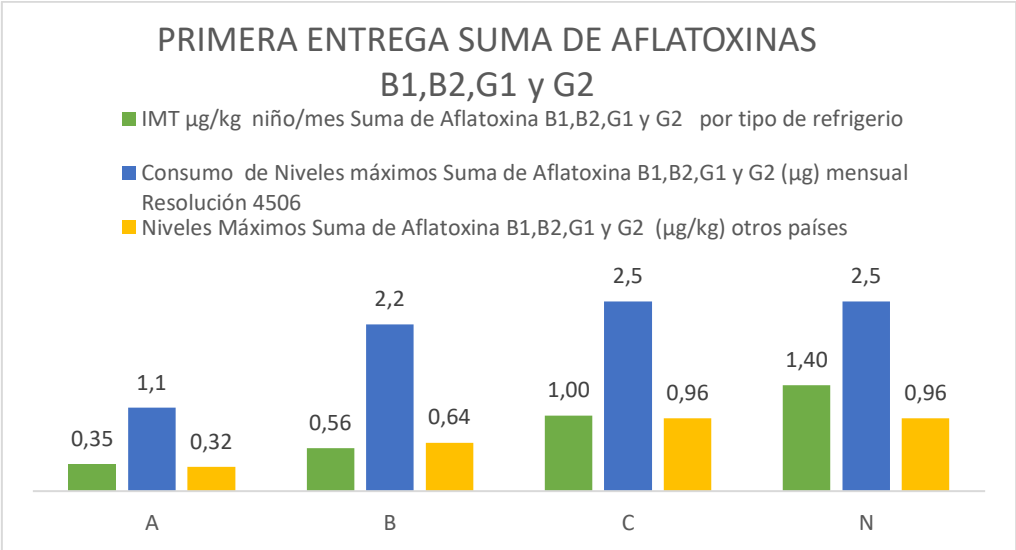
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Ocratoxina A para la categoría de frutos secos de segunda entrega.



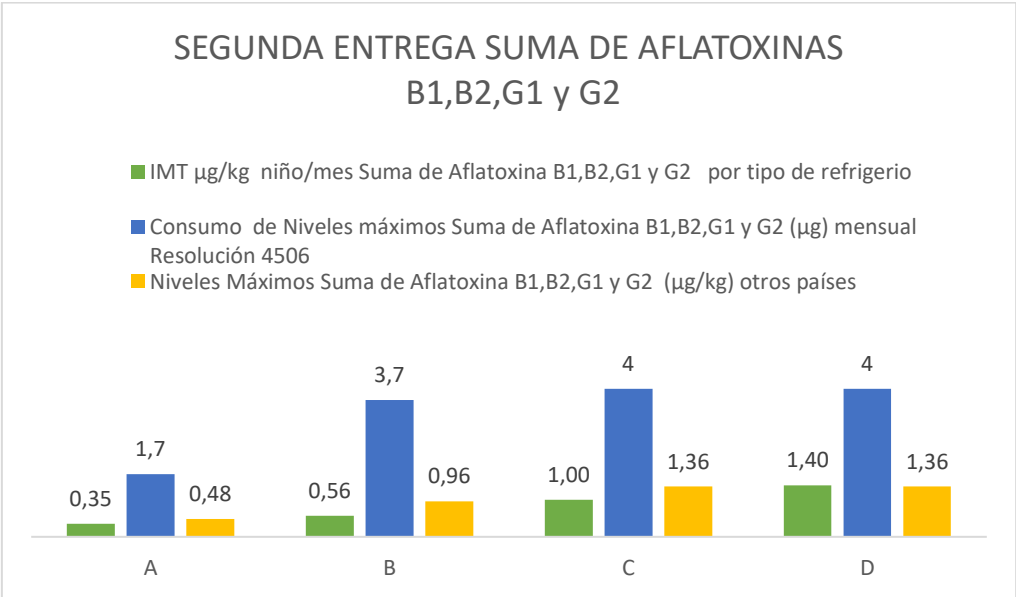
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para la categoría de frutos secos de primera entrega.



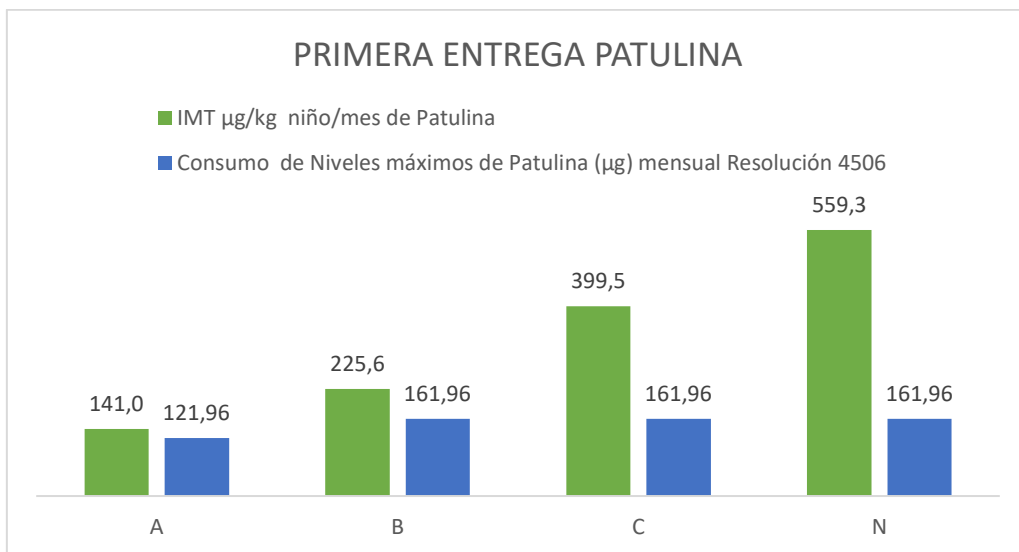
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 para la categoría de frutos secos de segunda entrega.



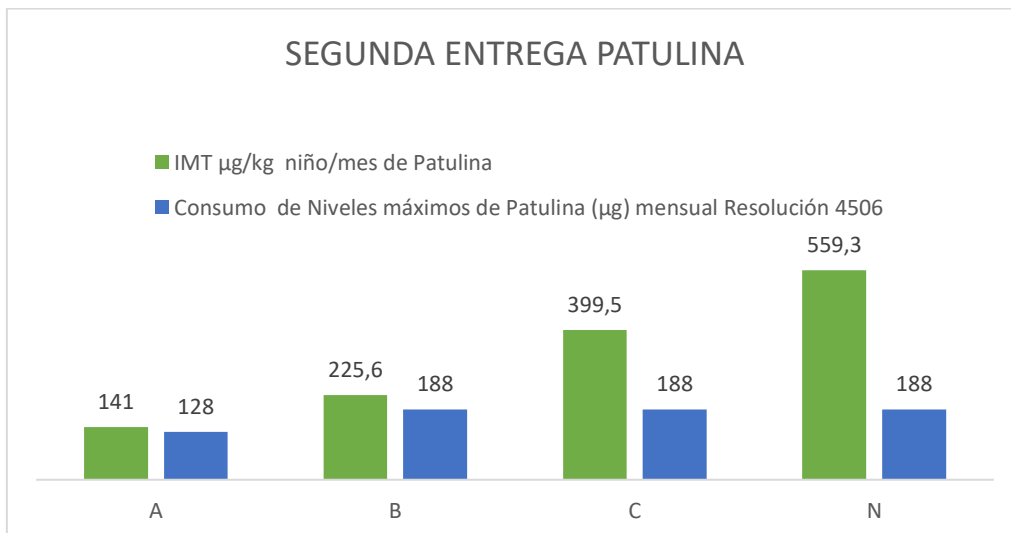
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Patulina para la categoría de frutas y néctares de primera entrega.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Cálculo del Consumo de Niveles Máximos (CNMM) versus Ingesta Mensual Tolerable (IMT) por tipo de refrigerio de Patulina para la categoría de frutas y néctares de segunda entrega.



Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la ilustración 2 y 3 donde se presenta el consumo de niveles máximos de Aflatoxina M1 (AFM1) según Resolución 4506 de 2013, Codex, reglamento de otros países y la ingesta mensual tolerable según el tipo de refrigerio escolar para la primera y segunda entrega. En estas se observan que para la categoría de quesos y bebidas lácteas se supera la ingesta mensual tolerable con lo calculado según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013, en un 220,57% para el refrigerio tipo A, 104,79 % para el tipo B, 18,15 % para el tipo C de la primera entrega y en un 309,09% para el tipo A, 155,77 % para el tipo B, 44,49 % para el tipo C y 3,02 % para el tipo N de la segunda entrega, esto representa una amenaza, debido a que la presencia de AFM1 en la leche y sus derivados lácteos, la convierte en un riesgo para los humanos debido a que representan un papel muy importante en nuestra dieta como alimento para adultos y especialmente para niños (Patel, 2024). Los niños y niñas en edades de 3 a 12 años, que consumen quesos y bebidas lácteas en el PAE de Bogotá D.C son más susceptibles a los efectos tóxicos de las aflatoxinas, que tienen varias consecuencias adversas graves para la salud de los seres humanos, como enfermedad aguda y muerte, cáncer de hígado e interferencia nutricional (Kolarič et al., 2024), así como también se asocia el consumo de leche contaminada con micotoxinas, especialmente las formas parentales más tóxicas, pueden provocar exposiciones y efectos adversos, incluido retrasos en el crecimiento de los niños, toxicidades en diversos órganos, incluida la toxicidad del sistema inmunológico (Muiz et al., 2022).

Por otra parte, se observa que con el valor límite de 0,05 µg/kg según lo reglamentado en otros países de la Unión Europea (FAO, 2004), no supera la ingesta mensual tolerable IMT calculada siendo un valor más bajo que el reglamentado en la Resolución 4506 de 2013, ya que, en los países desarrollados existen normas estrictas sobre las micotoxinas en los alimentos, con altos estándares en la calidad de los alimentos protegiéndolos de los efectos adversos sobre la salud humana y esta introducción de normas de seguridad alimentaria tiene un impacto en el comercio internacional, ya que los niveles máximos tolerados de

contaminación difieren entre países (Alberts et al., 2017), lo que tiene importantes desafíos técnicos y económicos para la industria alimentaria local.

En las tablas 16 y 17, se observa que el nivel máximo permisible según lo establecido en la resolución 4506 de 2013 aparece multiplicando por el consumo mensual del alimento, es evidente que cuanto más bajo sea el nivel máximo permisible, más bajo será en comparación con la IMT y por lo tanto más riguroso y más seguro; y viceversa cuanto más alto sea el nivel máximo permisible, más alto será en comparación con la IMT y por lo tanto menos riguroso y menos seguro. Las variaciones en los límites establecidos para Aflatoxinas a nivel internacional y nacional pueden deberse a según Pérez *et al.* (2007) la disponibilidad de los alimentos y de los hábitos alimentarios que varían según los países, las condiciones locales (incluida las tradiciones de los grupos étnicos) y las personas. La AFM1 se legisla comúnmente separada de las demás micotoxinas por ser tan específica en cuanto a su ocurrencia (Martínez et al., 2013), ya que, las concentraciones de la AFM1 varían entre animales, de un día para otro y de una unidad de producción de leche a otra (Pérez et al., 2007).

En las tablas 8 y 9 donde se relaciona la cantidad mínima suministrada, la frecuencia y el consumo mensual de quesos y bebidas lácteas, se observa que las bebidas lácteas presentan la misma cantidad mínima suministrada para todos los tipos de refrigerios, así como también se observa mayor frecuencia indicando que estos alimentos son altamente significativos dentro de la dieta que se suministra en el PAE de Bogotá D.C debido a su contenido de nutrientes y sus efectos beneficiosos para la salud (Muiz et al., 2022) , sin embargo, al aumentar el consumo de niveles máximos de AFM1, en término de mayores cantidades de alimentos consumidos por kilogramo de peso corporal, cualquier cantidad de aflatoxina contaminante será más peligrosa en los niños que en los adultos (Pérez et al., 2007) por lo que se hace importante incorporar otras matrices alimentarias, revisar la frecuencia de suministro y la implementación de nuevas tecnologías que permitan minimizar la exposición a la Aflatoxina M1, según Ami (2024), la forma más eficaz

de gestionar o controlar la concentración de AFM1 es la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas y de Almacenamiento, de modo que los métodos de fabricación no afecten la concentración de AFM1, pese a estos controles, no existe garantía de que los niveles de AFM1 en la leche animal siempre cumpla con el límite permisible, por lo que se han implementados tecnologías utilizando métodos biológicos como los efectos antimicrobianos de los ácidos orgánicos producidos por las cepas de bacterias de ácido láctico (LAB) las cuales ayudan a desintoxicar compuestos nocivos (toxinas, metales pesados, etc.) mediante la desionización de sustancias tóxicas (Patel, 2024).

En la ilustración 4 y 5, los cálculos totales para los niveles máximos de consumo mensual encontrados para Zearalenona de la categoría de cereales empacados para primera y segunda entrega del programa de alimentación escolar de Bogotá D.C se encuentran dentro de límites seguros según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013, sin exceder la ingesta mensual tolerable, por lo que se puede decir que el consumo de estos alimentos para los niños, niñas y jóvenes del PAE de Bogotá D.C es seguro debido a que, según Rojas & Wilches (2012), los hongos del género *Fusarium* que sintetizan esta micotoxina en su mayoría son fitopatógenos, crecen limitadamente en granos almacenados y requieren alta disponibilidad de agua, así como también aparecen con mayor frecuencia en granos de maíz y la única materia prima que contiene este tipo de matriz alimentaria es la mantecada la cual es suministrada en menores cantidades para los tipos de refrigerios escolares del PAE de Bogotá D.C.

En la ilustración 6 y 7 donde se presenta el consumo de niveles máximos de Deoxinivanelol (DON) según Resolución 4506 de 2013, Codex y la ingesta mensual tolerable según el tipo de refrigerio escolar, se observa que para el refrigerio tipo A de la primera entrega se supera el nivel máximo en comparación con la IMT en un 21,70% y para la segunda entrega en un 16,31%, lo cual puede poner en peligro la salud de los niños y niñas de 3 a 5 años que consumen productos alimenticios a base de cereales entregados en el PAE DE Bogotá D.C, ya que, los efectos tóxicos

del DON dependiendo de la dosis y la duración de la exposición puede desencadenar diferentes síntomas. En dosis bajas, el DON puede aumentar la expresión de varias citocinas y factores químicos, lo que conduce a la estimulación inmunológica, por otra parte, las dosis altas de DON pueden inducir la apoptosis, o muerte celular programada, en células inmunes como los leucocitos, lo que puede debilitar la respuesta inmune y comprometer la capacidad del cuerpo para defenderse contra infecciones y otros desafíos inmunológicos **(Bilal et al., 2024)**. Según Ozgur & Bulent (2020) la exposición de una dosis aguda alta, el DON puede inducir síntomas gastrointestinales como vómitos tanto en humanos como en animales y una exposición a largo plazo de este compuesto puede provocar supresión del aumento de peso y anorexia en animales, debido a estos efectos es importante adoptar estándares más estrictos los cuales podrían ofrecer beneficios más significativos, como la reducción de riesgos en la salud a largo plazo como lo explica Bilal et al (2024) numerosos países han establecido límites máximos permitidos de DON en los granos, adaptados a sus contextos nacionales específicos, por ejemplo la Unión Europea exige un contenido de DON inferior a 0,75 mg/kg en harina de cereales y maíz, lo que demuestra una norma relativamente estricta.

En la tabla 10 y 11 se observa que la cantidad mínima suministrada para las galletas integrales, galleta casera, galleta con chips de chocolate, galletas wafer y ponqué cubierto con chocolate es la misma para todos los tipos de refrigerio de la primera y segunda entrega, lo cual pudo incidir en niveles más altos de DON en el refrigerio tipo A y teniendo en cuenta que estos niveles son más altos que la IMT siendo un riesgo para los niños, niñas y jóvenes que consumen refrigerios en el PAE de Bogotá D.C, por lo que se hace necesario buscar estrategias que permitan mitigar el DON en las materias primas y productos terminados, diferentes investigaciones sugieren que las distintas técnicas de desintoxicación se pueden clasificar en general en métodos físicos, químicos y biológicos en función de sus principios subyacentes de desintoxicación. De particular interés es la

biodegradación, aunque se carece de conocimientos detallados sobre sus vías metabólicas y los efectos *in vivo* en los animales **(Bilal et al., 2024)**.

En la ilustración 8 y 9 los cálculos totales para los niveles máximos de consumo mensual encontrados para Ocratoxina A (OTA) de la categoría de frutos secos para primera y segunda entrega del programa de alimentación escolar de Bogotá no excede la ingesta mensual tolerable, lo cual indica que se encuentra dentro de los límites seguros según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013 y lo reportado por Palumbo *et al.* (2015) donde no se detectó OTA en almendras, nueces y ciruelas pasas en ninguna región de los Estados Unidos, lo que sugiere un menor riesgo para los niños, niñas y jóvenes que consumen alimentos del PAE de Bogotá D.C.

En la ilustración 10 y 11 donde se presenta el consumo de niveles máximos de la suma de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 según Resolución 4506 de 2013, reglamento de otros países y la ingesta mensual tolerable según el tipo de refrigerio escolar para la primera y segunda entrega. En estas se observan que para la categoría de frutos secos se supera la ingesta mensual tolerable con lo calculado según lo establecido en la Resolución 4506 de 2013, en un 212,6% para el refrigerio tipo A, 290,07% para el refrigerio tipo B, 150,31 para el refrigerio tipo C y 78,79 % para el refrigerio tipo N de la primera entrega y en un 382,27% para tipo A, 556,03% para tipo B, 300,50% para tipo C y 186,07% para tipo N de la segunda entrega, lo que supone un riesgo para los niños, niñas y jóvenes que consumen alimentos del PAE de Bogotá D.C, ya que, como lo menciona Karapinar et al. (2024) la exposición a estos contaminantes puede suponer un riesgo para la salud de los seres humanos debido a que pueden causar enfermedades crónicas graves como resultado de sus efectos tóxicos agudos, inmunotóxicos, estrogénicos, teratogénicos y nefrotóxicos. Por otra parte, cuando la exposición a estos alimentos supera los límites seguros aumenta la probabilidad de provocar una reducción en el crecimiento de los niños, un deterioro en el sistema inmunológico y graves daños hepáticos (Probst y otros, 2014) .

Por otra parte, se observa que con el límite de 4 µg/kg según lo reglamentado en otros países de la Unión Europea (FAO, 2004) se supera la ingesta mensual tolerable en un 13,47 % para el refrigerio tipo B de la primera entrega y en un 36,17% para el refrigerio tipo A, 70,21% para el refrigerio tipo B y 36,17% para el refrigerio tipo C de la segunda entrega, lo cual indica que, a pesar de emplear normas internacionales, donde por lo general se tienen infraestructuras bien diseñadas para monitorear la calidad de los alimentos (Stoev, 2015), estos metabolitos secundarios representan un riesgo para los niños, niñas y jóvenes que consumen frutos secos del PAE de Bogotá, por lo que, que se hace necesario diversas actividades de control de la calidad e inocuidad a lo largo de la cadena productiva, ya que, según Osaili et al.(2023) se sabe que los frutos secos son uno de los grupos de alimentos más susceptibles a la contaminación por micotoxinas, así como también los frutos secos pueden estar presentes como ingredientes en el grupo de alimentos “azúcar y confitería” siendo un contribuyente importante a la exposición de aflatoxina B1 de los niños y adolescentes.

En la tabla 12 y 13, se observa que es mayor la frecuencia de suministro para los refrigerios de la segunda entrega de la categoría de frutos secos, lo que puede incidir en valores más altos para los límites máximos permisibles según lo descrito en la Resolución 4506 de 2013 y lo reglamentado en otros países de la Unión Europea, por lo que según Cortés *et al.* (2024) la eficacia de los programas de gestión de la seguridad alimentaria para las aflatoxinas incluyen el establecimiento de límites reglamentarios y programas de vigilancia, el control de la generación de aflatoxinas mediante buenas prácticas agrícolas, el almacenamiento y la manipulación adecuadas, la reducción de los niveles de aflatoxinas en productos contaminados mediante procedimientos de procesamiento y descontaminación, y programas de educación adecuados para productores agrícolas, procesadores de alimentos y consumidores, así como también la importancia de adoptar diferentes métodos de detección para aflatoxinas como la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) que se utilizan para el control reglamentario en laboratorios e industrias. A pesar de que

los frutos secos son una parte importante de la dieta humana debido a su valor nutritivo y hoy día se considera una opción saludable como un snack entre horas, el alto contenido de nutrientes de los frutos secos y las semillas oleaginosas es uno de los factores que fomenta el crecimiento de hongos, haciéndolos muy sensibles a la contaminación por Aflatoxinas (Bhardwaj et al., 2023).

En la ilustración 12 y 13 donde se presenta los cálculos totales para los niveles máximos de consumo mensual encontrados para patulina de la categoría de frutas y néctares para primera y segunda entrega del PAE de Bogotá D.C no superan la ingesta mensual tolerable, lo que indica que se encuentra dentro de los límites seguros según la Resolución 4506 de 2013 para la primera y segunda entrega, lo cual concuerda con Ostry et al. (2017) donde la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer ha clasificado la toxicidad de la patulina como un grupo 3 (no cancerígeno para los seres humanos). Por otra parte, como lo describe Kumar Mahato et al. (2021) entre las frutas, la manzana es uno de los productos alimenticios más susceptibles a la patulina, así como también informa que varios investigadores han encontrado efectos tóxicos principalmente en las manzanas estudiadas, lo cual indica que debido a la variedad de otras frutas que se ofrecen en PAE de Bogotá D.C es seguro incluir esta categoría de alimentos dentro de la alimentación de niños, niñas y jóvenes durante su permanencia en el sistema educativo.

Debido a que la normatividad existente para las micotoxinas asociadas al PAE de Bogotá D.C se desconoce o es voluntaria, actualmente no se propone un mecanismo claro de evaluación continua o monitoreo para asegurar que los alimentos suministrados en el programa cumplan con los límites establecidos. Esta falta de planificación puede comprometer la seguridad alimentaria y la salud de los niños y jóvenes beneficiarios, ya que, la exposición a micotoxinas puede variar significativamente dependiendo de factores como el clima, la procedencia de los alimentos, las condiciones de almacenamiento y la manipulación de los mismos.

Para abordar esta carencia, es fundamental establecer un plan integral de monitoreo y evaluación continua que incluya los siguientes elementos:

1. **Frecuencia de Monitoreo Regular y Aleatorio:** definir protocolos para realizar análisis regulares (por ejemplo, mensuales o trimestrales) y muestreos aleatorios de los alimentos proporcionados, con el fin de detectar niveles de micotoxinas de manera constante y reactiva a posibles contaminaciones.
2. **Uso de Tecnología de Detección Avanzada:** implementar tecnologías de detección rápida, precisa y de menor costo como cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), cromatografía de capa fina (TLC), la cromatografía de gases (GC), la cromatografía líquida acoplada a espectrómetro de masas (LC/MS) o ensayos inmunoabsorbentes ligados a enzimas (ELISA), los ensayos de flujo lateral (LFA) y los biosensores que permitan identificar rápidamente la presencia de micotoxinas en concentraciones que excedan los límites establecidos, minimizando el riesgo de consumo de productos .
3. **Establecimiento de Indicadores y Umbrales de Acción:** crear indicadores específicos de cumplimiento para cada categoría de alimentos, así como umbrales claros que desencadenen acciones correctivas inmediatas, como la retirada de lotes contaminados, la investigación de las causas de la contaminación, o la revisión de los proveedores involucrados.
4. **Capacitación y Concienciación Continua:** desarrollar programas de capacitación para proveedores, operadores y personal encargado del manejo de alimentos en las instituciones educativas, asegurando que comprendan los riesgos asociados a las micotoxinas y la importancia de cumplir con los estándares de seguridad alimentaria. Esto debe complementarse con campañas de concienciación para los padres y la comunidad escolar sobre la seguridad alimentaria y los riesgos de las micotoxinas.

5. **Transparencia y Comunicación Pública:** crear canales de comunicación transparentes y accesibles para informar a los padres y a la comunidad sobre los resultados de los monitoreos, las medidas tomadas para garantizar la seguridad alimentaria y las acciones correctivas implementadas en caso de detección de niveles elevados de micotoxinas.
6. **Revisión y Actualización Periódica del Plan de Monitoreo:** implementar un proceso de revisión continua del plan de monitoreo y evaluación basado en los datos recopilados, los avances tecnológicos y las recomendaciones de organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
7. **Aprendizaje de Buenas Prácticas Internacionales:** adoptar buenas prácticas de otros países que han implementado con éxito sistemas de monitoreo y evaluación continuos de micotoxinas en sus programas de alimentación escolar. Por ejemplo, en países como Estados Unidos y Japón, se han establecido estrictos protocolos de análisis y retirada de productos contaminados para proteger la salud de los escolares.

Al integrar estos elementos en un plan de monitoreo y evaluación continua, se puede garantizar un cumplimiento efectivo de los límites de micotoxinas establecidos, proteger la salud de los beneficiarios y aumentar la confianza de la comunidad en la calidad y seguridad del programa de alimentación escolar. Además, un enfoque proactivo y preventivo puede contribuir a una mejor gestión de riesgos, reduciendo potencialmente los costos asociados con la intervención tardía y la gestión de crisis alimentarias.

Conciencia y educación pública: es crucial desarrollar programas educativos dirigidos a padres, estudiantes, y la comunidad educativa en general sobre los riesgos asociados con las micotoxinas y cómo reducirlos mediante elecciones alimentarias seguras. Estos programas podrían incluir talleres interactivos, sesiones informativas, y materiales didácticos visuales, como folletos y

videos, que expliquen de manera sencilla qué son las micotoxinas, cómo se producen, y los efectos que tienen en la salud, especialmente en niños y jóvenes. Se puede incluir módulos específicos sobre:

- Identificación de alimentos de riesgo: enseñar a identificar alimentos que tienen mayor probabilidad de contener micotoxinas (como ciertos cereales, frutos secos y productos lácteos).
- Buenas prácticas de almacenamiento y preparación: promover técnicas adecuadas para almacenar y preparar alimentos de manera que se minimice la contaminación, como mantener los alimentos secos, frescos y protegidos de la humedad.
- Elecciones alimentarias seguras: orientar a los padres y estudiantes sobre cómo seleccionar alimentos seguros, preferir productos locales frescos y cómo leer etiquetas de productos para evitar aquellos con potenciales contaminantes.

Campañas de Sensibilización: proponer campañas de sensibilización diseñadas para aumentar el conocimiento sobre la importancia del cumplimiento de las normativas y prácticas seguras en la manipulación y distribución de alimentos. Estas campañas pueden incluir:

- Actividades en las escuelas: crear actividades interactivas como concursos de dibujo, charlas con expertos, y demostraciones prácticas que involucren tanto a estudiantes como a padres para que aprendan sobre seguridad alimentaria de manera dinámica.
- Colaboraciones con medios locales y digitales: utilizar plataformas digitales, redes sociales y medios de comunicación locales para difundir información relevante sobre micotoxinas y seguridad alimentaria. Podría incluir videos informativos, podcasts, infografías y testimonios de expertos que ayuden a simplificar conceptos complejos y llegar a una audiencia más amplia.

- **Involucramiento de la comunidad:** organizar jornadas de sensibilización abiertas a la comunidad, donde se realicen charlas y actividades educativas, y se brinde asesoría sobre prácticas seguras. También se podrían realizar alianzas con mercados locales y tiendas para promover productos más seguros y fomentar el consumo consciente.
- **Incentivos para la Participación Activa:** considerar la creación de incentivos para fomentar la participación activa de los miembros de la comunidad. Por ejemplo, se pueden otorgar reconocimientos o certificados a las escuelas, grupos o individuos que demuestren compromiso con las prácticas de seguridad alimentaria, o que participen en las actividades educativas y campañas de sensibilización.
- **Monitoreo del Impacto de las Iniciativas:** establecer mecanismos para monitorear y evaluar el impacto de estos programas y campañas. Esto podría incluir encuestas de retroalimentación de los participantes, mediciones del nivel de conocimiento antes y después de las intervenciones, y el seguimiento de posibles cambios en las prácticas de consumo y manipulación de alimentos en la comunidad educativa.
- **Inclusión de Perspectivas Culturales y Sociales:** asegurar que los programas educativos y campañas de sensibilización sean culturalmente relevantes y accesibles para toda la comunidad. Esto puede implicar adaptar el contenido a diferentes grupos etarios, niveles educativos, y contextos socioculturales, utilizando un lenguaje claro y comprensible, y garantizando la participación de diferentes actores sociales.

SUGERENCIAS

Por otra parte, es importante considerar alternativas alimentarias que puedan minimizar la exposición a micotoxinas. Por ejemplo, se pueden considerar opciones como el uso de productos lácteos tratados térmicamente o fermentados, que han demostrado tener niveles más bajos de aflatoxinas debido a los procesos de descomposición y degradación que ocurren durante su producción. Además, se pueden sustituir cereales susceptibles de contaminación, como el maíz y el trigo, por otros granos menos propensos a las micotoxinas, como la quinoa, el arroz integral o el amaranto. También se puede hacer el uso de frutas y vegetales de temporada producidos por agricultores locales no solo reduciendo la exposición a micotoxinas, sino también apoyar la economía local y mejorar la frescura y valor nutricional de los alimentos suministrados. Esto podría incluir verduras frescas, como espinacas, kale, zanahorias y frutas de la región, que no son almacenadas por largos períodos y, por lo tanto, tienen menos probabilidad de desarrollar contaminantes fúngicos.

La mejora de las técnicas agrícolas y de procesamiento de alimentos puede mitigar eficazmente el riesgo de las micotoxinas y proteger la salud pública (Khan, 2024) por lo que se sugiere que en la colaboración con proveedores locales se implementen prácticas agrícolas sostenibles que puedan controlar y minimizar la presencia de micotoxinas en los alimentos, como el uso de variedades de cultivos más resistentes a plagas y hongos, rotación de cultivos para evitar la acumulación de contaminantes en el suelo, y prácticas adecuadas de almacenamiento y transporte. Por ejemplo, las legumbres, nueces y granos cultivados mediante métodos orgánicos pueden ser menos propensos a la contaminación si se manejan correctamente.

La diversificación de los menús en el programa de alimentación escolar podría incluir una mayor variedad de alimentos que sean naturalmente bajos en micotoxinas. Esto no solo reduce la exposición a un único tipo de alimento contaminado, sino que también mejorara la calidad nutricional de las dietas de los

estudiantes. Por ejemplo, en lugar de ofrecer continuamente productos a base de maíz o trigo, se podría incluir una variedad de fuentes de carbohidratos como papas, yuca o batatas, que tienen menos riesgo de contener micotoxinas.

Se puede sugerir la inversión en tecnologías que ayuden a reducir las micotoxinas en los alimentos, utilizando tecnología moderna como filtración, esterilización de aire, sectores de sobrepresión y desinfección de atmósferas y superficies para producir alimentos en condiciones asépticas (Khan, 2024), así como también el uso de soluciones naturales (por ejemplo, probióticos o enzimas) que pueden degradar las toxinas en los productos durante el procesamiento y /o métodos avanzados de selección y clasificación de granos que permitan detectar y eliminar lotes contaminados antes de su distribución. Además de emplear varios métodos para procesar los alimentos, incluidos los enfoques físicos (como los métodos térmicos y de ondas), químicos o biológicos (como la degradación microbiana y las sustancias naturales) (Khan, 2024).

La FAO describe que 77 países establecen regulaciones para las micotoxinas en granos alimentos y piensos, pero estos límites varían entre países desarrollados y en desarrollo. Por ejemplo, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (USFDA) ha proporcionado orientación política para que las industrias controlen los niveles de aflatoxinas (AFB1 y AFM1), DON y fumosina en muchos productos alimentarios y agrícolas. Australia ha establecido niveles máximos de límite para las aflatoxinas basándose en las Normas Alimentarias de Nueva Zelanda y Canadá ha legislado regulaciones para los límites máximos permisibles para aflatoxinas en alimentos y materias primas para piensos y ha emitido directrices para DON y HT-2. Canadá también ha sugerido un límite de tolerancia para varias micotoxinas, especialmente para T-2, ZEN y OTA (Mukhtar et al., 2023). Otra practica alimentaria para reducir la exposición a micotoxinas es el uso de ingredientes naturales como el orégano, la casia, el clavo, las hojas de laurel, los altramuces. La zanahoria silvestre, el tomillo, la albahaca, la menta, el cilantro,

la salvia, la hierba de limón, la cebolla y el ajo provocan inhibición contra varias micotoxinas (Mukhtar et al., 2023).

CONCLUSIONES

El estudio ha permitido identificar que ciertos alimentos proporcionados en el programa de alimentación escolar de Bogotá, como quesos, bebidas lácteas, cereales empacados y frutos secos, pueden superar los límites de ingesta mensual tolerable de micotoxinas establecidas en la normativa local. La exposición a niveles elevados de Aflatoxina M1, Deoxinivanelol y Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 puede constituir un riesgo significativo para la salud de los niños, especialmente debido a su vulnerabilidad fisiológica. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas preventivas y correctivas para reducir la exposición a estas sustancias tóxicas.

Los límites permisibles varían entre países desarrollados y en desarrollo lo que dificulta la armonización global de la regulación para establecer límites aceptables. Dada la importancia de proteger la salud de los niños, se encontró que con límites más rigurosos como los utilizados en otros países se mejora la seguridad alimentaria para la categoría de quesos y bebidas lácteas en el programa de alimentación escolar de Bogotá.

Los resultados indican la falta de un mecanismo claro de monitoreo y evaluación continua de los niveles de micotoxinas en los alimentos suministrados en el PAE de Bogotá D.C. Esta carencia representa una debilidad importante, ya que impide la identificación temprana y la gestión efectiva de los riesgos asociados a la contaminación alimentaria.

Algunas matrices alimentarias que se suministran en las mismas cantidades y otras que duplican su frecuencia de suministro afectaron los niveles máximos permisibles de Aflatoxinas y Deoxinivanelol, lo cual los convierte en un riesgo potencial para la salud de los niños niñas y jóvenes beneficiarios del PAE de Bogotá D.C para la modalidad de refrigerios al ser considerados como cancerígenos.

Los resultados para Deoxinivanelol indican que los niños y niñas en edades de 3 a 5 años son los más susceptibles al consumo de los alimentos de la categoría de cereales empacados, así como también que, en la categoría de frutos secos, quesos y bebidas lácteas las Aflatoxinas están presentes en todos los rangos de edades del programa de alimentación escolar (PAE) de Bogotá D.C.

Para Zearalenona, Ocratoxina A y Patulina se encontraron niveles seguros de exposición lo que indica que alimentos como frutas y néctares no ponen en riesgo la salud de la población infantil del programa de alimentación (PAE) de Bogotá D.C.

Los resultados del estudio subrayan la importancia de mejorar la seguridad alimentaria en el programa de alimentación escolar de Bogotá mediante la adopción de medidas correctivas y preventivas que aborden los riesgos identificados de exposición a micotoxinas. La implementación de estrategias de monitoreo continuo, educación pública, colaboración interinstitucional y alternativas alimentarias seguras es fundamental para proteger la salud de los niños y jóvenes, asegurando un entorno alimentario seguro y saludable.

REFERENCIAS

- (OMS), O. M. (octubre de 2023). *Organización Mundial de la Salud*. Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- (ONU), O. d. (enero de 2023). *Organización Panamericana de la Salud (OPS)*. Organización Panamericana de la Salud (OPS): <https://www.paho.org/es/noticias/19-1-2023-informe-onu-131-millones-personas-america-latina-caribe-no-pueden-acceder-dieta>
- Abo Nouh, F., Gezaf, S., & Abdel-Azeem, A. (2020). Micotoxinas de *Aspergillus* : potencial como agentes de biocontrol. *Biología fúngica*, 2, 217-237. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-48474-3_7
- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., & Varzakas, T. (2020). Avances en la presencia, importancia y estrategias de control de micotoxinas: prevención y desintoxicación en alimentos. *Alimentos*, 9(2), 137. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9020137>
- Alberts, J. F., Lilly, M., Rheeder, J. P., Burger, H.-M., Shephard, G. S., & Gelderblom, W. C. (2017). Technological and community-based methods to reduce mycotoxin exposure. *Food Control*, 73, 101-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.029>
- Arroyo, N., Huertas, J., Gracia, L., & García, A. (2014). Control de Micotoxinas en Alimentos. *Boletín Graseqa*, 7, 16-31. (www.ugr.es/~fqm302/)
- Ashraf, W., Rehman, A., Rabbani, M., Shaukat, W., & Sheng Wang, J. (2023). Las aflatoxinas suponen una amenaza para la seguridad alimentaria en Pakistán: llamamiento a adoptar un enfoque de "Una sola salud". *Toxicología alimentaria y química*, 180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114006>

- Bhardwaj, K., Meneely, J. P., Haughey, S. A., Dean, M., Wall, P., Zhang, G., . . . Elliott, C. T. (2023). Risk assessments for the dietary intake aflatoxins in food: A systematic review (2016–2022). *Food Control*, 149(109687). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109687>
- Bilal, M., Wang, L., Li, X., Muhammad, Y. N., Muhammad, K. S., Aisha, K., & Xu, Y. (2024). Recordando la evaluación de toxicidad informada del deoxinivalenol, estrategias de mitigación y sus mecanismos de toxicidad: revisión integral. *Interacciones químico-biológicas*, 387(110799). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbi.2023.110799>
- Campagnollo, F., Ganev, K., Khaneghah, A., Portela, J., Cruz, A., Granato, D., . . . Sant'Ana, A. (2016). La ocurrencia y el efecto de las operaciones unitarias de procesamiento de productos lácteos sobre el destino de la aflatoxina M 1 : una revisión. *Control de alimentos*, 68, 310-329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.007>
- CODEX, A. (1995). *CODEX ALIMENTARIUS. NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS Y PIENSOS*: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>
- El-Sayed, R., Jebur, A., & Kang, W. E.-D. (2022). An overview on the major mycotoxins in food products: characteristics, toxicity, and analysis. *Journal of Future Foods*, 2-2, 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.002>
- Esteve, G., Sánchez, H., & Lorán, A. (2016). Evaluación de la contaminación por micotoxinas en alimentos infantiles. *Trabajo fin de Máster en Calidad, Seguridad y Tecnología de los Alimentos*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza. <https://core.ac.uk/download/pdf/289983619.pdf>
- FAO. (2004). Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. *Alimentación y Nutrición*, pág. 45.

- FAO-ONU. (2004). Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones. *Estudio FAO. Alimentación y Nutrición*, 45.
- Gimeno, A., & Martins, M. (2011). Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos. *Special Nutriens*, 130. <http://szcitrex.com/download/books/3edicionMICOTOXINASLRSecure.pdf>
- Golge, O., & Kabak, B. (2020). Occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in cereals and cereal products from Turkey. *Food Control*, 110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106982>
- INVIMA. (mayo de 2024). Normatividad Sanitaria Programa de Alimentación Escolar. Bogotá D.C, Colombia .
- Ji, X., Huayang, Jianmei, R., Li, R., Zhao, H. Y., Xu, J., . . . Qian, M. (octubre de 2018). Presencia de deoxinivalenol (DON) en productos alimenticios a base de cereales comercializados a través de tiendas de comercio electrónico y evaluación de la exposición alimentaria de los consumidores chinos al DON. *Control de alimentos, Volumen 92*, 391-398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.020>
- Khan, R. (2024). Micotoxinas en los alimentos: presencia, implicaciones para la salud y estrategias de control: una revisión exhaustiva. *Toxicon*, 248(108038). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.108038>
- Kolarič, L., Minarovičová, L., Lauková, M., Kohajdová, Z., & Šimko, P. (2024). Elimination of aflatoxin M1 from milk: Current status, and potential outline of applicable mitigation procedures. *Trends in Food Science & Technology*, 150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104603>
- Li, N., Cui, R., Zhang, F., Meng, X., & Liu, B. (2022). Current situation and future challenges of patulin reduction-a review. *Food Control. Elsevier Ltd.*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108996>

- Marín, S., Ramos, A. J., Cano, G., & Sanchís, V. A. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, *60*, 218-237. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
- Martínez, M. M., Vargas, L. M., & Gómez, V. M. (2013). Alatoxinas: incidencia, impactos en la salud, control y prevención. *Biosalud*, *12*(2), 89-109. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v12n2/v12n2a08.pdf>
- Mejri-Omrani, N., Miodek, A., Zribi, B., Marrakchi, M., Hamdi, M., Marty, J. L., & Korri-Youssoufi, H. (2016). Detección directa de OTA mediante aptasensores impedimétricos basados en dendrímeros de polipirrol modificados. *Analítica Química Acta*, *920*, 37-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.03.038>
- Muiz, A., Dominik, B., Windisch, P., Warth, B., & Chibundu N, E. (2022). Evaluación de múltiples micotoxinas en la leche cruda de tres especies animales diferentes en Nigeria. *Control de alimentos*, *131*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108258>
- Mukhtar, K., Nabi, B. G., Ansar, S., Bhat, Z. F., Aadil, R. M., & Khaneghah, A. M. (2023). Mycotoxins and consumers' awareness: Recent progress and future challenges. *Toxicon*, *232*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107227>
- Narváez, J. M. (junio de 2020). Zearalenona: Promática y Métodos de análisis en trigo, maíz y derivados. *Trabajo de fin de grado*. Jaén. <https://crea.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/12271>
- Palumbo, J., O'keeffe, T., Ho, Y., & Santillan, C. (2015). Presencia de contaminación por ocratoxina A y detección de especies de *Aspergillus* ocratoxigénico en muestras de frutos secos y nueces comercializadas al por menor. *Revista de Protección de Alimentos*, *78*(4), 836-842. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-471>

- Patel, A. (2024). Aptitud para la eliminación de aflatoxinas y biotransformación de bacterias de grado alimenticio de la leche y los productos lácteos: resumen. *Tóxico*, 249(108084).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.108084>
- Pérez, J., Gutiérrez, R., Díaz, G., & Vega, S. (2007). Determinación de Aflatoxina M1 en queso y leches cruda, ultrapasteurizada y orgánica que se comercializan en la ciudad de México. Xochimilco, México.
- Ponce, P., Hennig, N., De Campos, P., Pavesi, A., & De Oliveria, L. (octubre de 2024). Evaluación de la contaminación por micotoxinas en alimentos infantiles a base de cereales destinados al consumo infantil en Brasil. *Control de alimentos*, 164, 110-561.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110561>
- Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Laporta, M., & Piva, G. (mayo de 2009). Sobre la presencia de aflatoxina M 1 en la leche y los productos lácteos. *Toxicología alimentaria y química*, 47, 984-991.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.005>
- Probst, C., Bandyopadhyay, R., & Cotty, P. (17 de marzo de 2014). Diversidad de hongos productores de aflatoxinas y su impacto en la seguridad alimentaria en el África subsahariana. *Revista internacional de microbiología de los alimentos*, 174, 113-122.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.010>
- Ravelo, A., Rubio, A., Gutiérrez, F. A., & .A, H. d. (2011). La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 26 (6)(0212-1611), 1215-1226. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5381>
- Resolución 4506. (2013). Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. *Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones*. Colombia.

- Saleh, I., & Goktepe, I. (2019). Evaluación de los riesgos para la salud derivados de la ingesta de patulina a través de manzanas y alimentos a base de manzanas vendidos en Qatar. *Heliyon*, 5(11).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02754>
- Soriano, J. M., Calvete, A., Gallardo, A., & Ciudad, F. (junio de 2007). Micotoxinas en alimentos - Google Libros. En J. M. Soriano, & D. d. Santos (Ed.), *Micotoxinas En Alimentos* (págs. 19-27). España: EDiciones Diaz de Santos.
https://www.google.com.co/books/edition/Micotoxinas_en_alimentos/wgRVcFvk--IC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22J.+M.+Soriano+del+Castillo%22&prints ec=frontcover
- Stoev, S. D. (2024). Food security, underestimated hazard of joint mycotoxin exposure and management of the risk of mycotoxin contamination. *Food Control*, 159(110235).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110235>
- Vargas, A., & Chicaiza, A. (2013). Análisis de un Programa Público: El Caso de un Comedor Escolar en Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá D.C, Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20834/940873.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2011). A 'missing' family of classical orthogonal polynomials. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 8, 44.
<https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Zhang, C., Qu, Z., Hou, J., & Yao, Y. (2024). Contaminación y control de micotoxinas en cultivos de cereales y oleaginosas. *Microorganismos*, 3(12), 567.
[https://doi.org/ https://doi.org/10.3390/microorganisms12030567](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms12030567)
- Zheng, X., Wei, W., Zhou, W., Li, H., Rao, S., Gao, L., & Yang, Z. (2021). Prevention and detoxification of patulin in apple and its products: A review. *Food*
 LXXVII

ANEXOS

ANEXO A

GRUPO	CATEGORÍA	ALIMENTO
1	Quesos	Queso Pera
		Queso con Bocadillo
		Queso Mozzarella
		Porción de queso doble crema
		Queso Petit Suisse
	BEBIDAS LÁCTEAS	Yogurt semidescremado
		Yogurt Griego
		Kumis entero con dulce
		Yogurt post Salsa de Fruta
		Kumis Entero con Dulce con cereal
		Yogurt con Cereal
		Leche saborizada UHT
		Leche saborizada con adición de Fe
		Leche entera UHT
		Kumis
		Kumis con cereal
		Bebida láctea (sorbete)
		Bebida láctea + Fe (sorbete)
		2
Donut relleno con mermelada de frutas		
Muffin de frutas		
Muffin con chips de chocolate		
Ponqué de sabores sin relleno		
Ponqué de sabores sin relleno		

		Torta de zanahoria
		Torta de queso
		Galleta cuca
		Galleta multicereal tipo Craker
		Galleta de quinua tipo craker
		Pan de arroz
		Ponqué cubierto chocolate relleno con mermelada
		Ponqué cubierto con chocolate
		Galletas chips de chocolate
		Galletas Wafer
		Galletas de avena
		Brownie cubierto de chocolate
		Achiras
	PREPARACIONES COMPUESTAS	Sándwiches en pan blanco con roast beef y queso
		Sándwiches en pan blanco con queso
		Sándwiches en pan blanco con perril de cerdo y queso doble crema.
		Sándwiches en pan blanco con queso y mermelada light
		SAND en pan integral con queso y mermelada light
		Pastel gloria
		Croissant con queso
		Mezcla de frutos secos
3	FRUTOS SECOS	Snacks o pasabocas de frutas deshidratadas.

		Barra de cereal con frutas deshidratada
		Barra de cereal con vegetales
		Mix de fruta deshidratada
		Maní con sal
4	FRUTA	Uva negra o verde
		Uva isabella
		Uchuva
		Pera
		Manzana verde roja
		Mango
		Mandarina
		Granadilla
		Durazno
		Banano bocadillo
	Banano Urabá o común	
	NECTARES	Néctares y concentrados de fruta
		Concentrado de fruta
		Néctar UHT

ANEXO B

Tabla 1. Ciclo de menús de Refrigerios Escolares primera entrega

Componente	1	2	3	4	5
Bebida	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados de frutas, de diferentes sabores y adicionado con hierro aminoquelado	Kumis entero con dulce adicionado con hierro aminoquelado	Néctar de fruta UHT adicionado con hierro aminoquelado	Avena con leche entera UHT adicionada con hierro aminoquelado	Bebida láctea fermentada con adición de hierro aminoquelado
Alimento a base de cereales	Galleta casera	Mantecada	Sánduche en pan árabe de con perril de cerdo y queso	Croissant de con queso	Galletas integrales
Fruta	Fruta natural	Fruta natural	Fruta natural	Fruta natural	
Postre			Chocolatina	Queso petit suisse	Bocadillo
Otros alimentos	Porción queso doble crema	Porción de queso mozzarella en forma de dedito			Queso doble crema
Componente	6	7	8	9	10
Bebida	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados	Bebida láctea fermentada con adición de hierro aminoquelado	Néctar de fruta UHT adicionado con hierro aminoquelado	Avena con leche entera UHT adicionada con hierro aminoquelado	Kumis con cereal (hojuelas de maíz azucarada) y adicionado con hierro aminoquelado I.

	de frutas, de diferentes sabores y adicionado con hierro aminoquelado					
Alimento a base de cereales	Muffin	Pastel gloria	Wrap de perrito de cerdo y queso doble crema	Almojábana	Ponqué cubierto con chocolate	
Fruta	Fruta natural	Fruta natural		Fruta natural		
Postre	Queso petit suisse		Gelatina preparada	Gelatina de pata		
Otros alimentos		Porción de queso doble crema			Porción de queso doble crema	
Componente	11	12	13	14	15	16
Bebida	Leche entera saborizada UHT con adición de hierro aminoquelado	Leche entera UHT adicionada con hierro aminoquelado o	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados de frutas, de diferentes sabores y adicionado con hierro aminoquelado o	Leche entera saborizada UHT con adición de hierro aminoquelado	Kumis entero con dulce adicionado con hierro aminoquelado	MENÚ ESPECIAL
Alimento a base de cereales	Sánduche de queso y mermelada	Brownie cubierto de chocolate	Galleta de avena	Croissant dulce relleno de arequipe, mora o fresa	Achiras	
Fruta	Mix de fruta deshidratada	Fruta natural	Fruta natural	Fruta natural	Fruta natural	
Postre		Barra de cereal		Mani de sal	Panelita de leche	
Otros alimentos			Porción de queso mozzarella en forma de dedito			

Tabla 2. Ciclo de menús de Refrigerios Escolares especiales

Componente	Menús especiales refrigerios escolares tipo A, B, C y N		
	1	2	3
Bebida	Yogur Tipo Postre con Salsa de Fruta	Helado de crema ó Helado de leche con crema ó Helado de leche con Grasa vegetal (A, B y C) Bebida láctea con sabor a fruta (N)	Yogur con Cereal
Alimentos a base de cereal	Galletas Waffer	Galletas con chips de chocolate	Ponqué cubierto con chocolate relleno de mermelada
Postre	Cocada de leche		Paleta de agua con fruta de diferentes sabores (A, B y C) Gelatina preparada (N)
Fruta	Uva tipo Isabella o Pera o Manzana o Granadilla		

Tabla 3. Ciclo de Refrigerios Escolares Jornada Única y Extendida, Segunda Entrega

Componente	1	2	3	4	5
Bebida	Bebida láctea fermentada	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados de frutas, de diferentes sabores,	Leche entera saborizada UHT	Leche entera de vaca UHT	Leche entera saborizada UHT
Alimento a base de cereales	Sánduche en pan árabe de con perril de cerdo y queso	Galletas con chips de chocolate	Pastel gloria	Brownie cubierto con chocolate	Mantecada

Fruta	Fruta Natural	Fruta Natural	Fruta Natural	Fruta Natural	Fruta Natural
Otros alimentos		Porción de queso mozzarella en forma de <u>dedito</u>	Snack de <u>soya</u> homeada	Maní de sal	Porción de queso mozzarella en forma de <u>dedito</u>
			Agua		
Componente	6	7	8	9	10
Bebida	Bebida láctea fermentada	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados de frutas, de diferentes sabores, con cereal	Avena con leche entera UHT	Leche entera saborizada UHT	Kumis entero con dulce
Alimento a base de cereales	Donut	Wrap de arequipe y queso doble crema	Sándwich de pan blanco y queso	Galleta de Avena	Galleta casera
Fruta	Fruta Natural		Fruta Natural	Fruta Natural	Concentrado de fruta
Postre	Barra de cereal		Gelatina de pata	Mezcla de frutos secos	
Otros alimentos					Porción de queso mozzarella en forma de <u>dedito</u>
Componente	11	12	13	14	15
Bebida	Yogurt entero con dulce con adición de frutas naturales o mermeladas o concentrados de frutas, de diferentes sabores	Leche entera de vaca UHT	Kumis entero con dulce con cereal en copa (hojuelas de <u>maíz</u> azucarado)	Bebida láctea fermentada	Leche entera saborizada UHT
Alimento a base de cereales	Croissant de queso	Sándwich de perrito de cerdo y queso en pan blanco		Almojábana	Ponqué cubierto de chocolate
Fruta	Concentrado de fruta	Fruta Natural	Fruta Natural	Fruta Natural	Fruta Natural
Postres	Queso petit suisse	Queso petit suisse	Barra de cereal	Panelita de leche	
Otros alimentos		<input type="text"/>	Porción de queso mozzarella en forma de <u>dedito</u>		Porción de queso mozzarella en forma de <u>dedito</u>

Tabla 4. Rotación de los dieciséis menús de la primera entrega Tipo A, Tipo B, Tipo C y Tipo N

Días del ciclo				
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
Menú especial 1	1	2	3	4
5	6	7	8	9
10	11	12	13	14
15	Menú especial 2	1	2	3
4	5	6	7	8
9	10	11	12	13
14	15	Menú especial 3	1	2

Tabla 5. Rotación de los quince menús de la segunda entrega Tipo A, Tipo B, Tipo C.

Días del ciclo				
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15