

Ocurrencia de Ocratoxina a en café producido en Colombia y el mundo

Katerin Valentina Franco Cardenas

Jhon Mayer Saldaña Baez

Asesora

Karen Vanessa Marimon Sibaja

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería de Alimentos

2024

Karen Vanessa Marimon Sibaja

Director Trabajo de Grado

Diego A. Marin Idárraga

Jurado

Ibagué-2024

Dedicatoria

A mis padres por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio inquebrantable. A todos los que me inspiraron gracias por ser mi luz en este viaje académico. A mis profesores y mentores, que, con su conocimiento y guía han sido fundamentales en mi formación académica. Agradezco su paciencia y sabiduría, que me han ayudado a crecer y aprender. A mi pareja, por su comprensión, paciencia y amor, que ha sido mi refugio en los momentos de estrés y dedicación a este proyecto.

Jhon Mayer Saldaña Báez.

A mis padres que, con amor y sacrificio han sido mi mayor inspiración. A mis profesores, por su conocimiento y orientación que han iluminado mi camino académico. A todos los que creyeron en mí y me alentaron a seguir adelante, esta monografía es un tributo a su confianza en mis capacidades. Cada página escrita representa no solo mi esfuerzo, sino también la gratitud que siento hacia aquellos que han sido parte de esta travesía académica conmigo. Este logro es un reflejo de nuestro compromiso compartido con el aprendizaje y la búsqueda del conocimiento.

Gracias por ser una parte invaluable de este viaje.

Katerin Valentina Franco Cárdenas.

Agradecimientos

Para llegar a una conclusión sólida, muchas personas debieron tener paciencia durante la redacción de esta monografía, que fue un proceso de aprendizaje y experimentación personal, por eso agradezco a mi tutora Karen Marimon Sibaja, por aguantar tantos caprichos míos y perdonarme por ser inconsistente.

También quiero agradecer a mis profesores, quienes pudieron ampliar mi perspectiva sobre la alimentación y la variedad de sus ramas día a día, tutoría y tema a tema. Gracias y espero poder utilizar todo el conocimiento que he adquirido.

Jhon Mayer Saldaña Baez.

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a todos los que hicieron una contribución significativa para realizar esta monografía, su asistencia y esfuerzos fueron cruciales. Me gustaría comenzar expresando mi gratitud a mis profesores y asesores académicos por su paciente apoyo, sabios consejos y orientación profesional durante todo este proceso. Su compromiso con la investigación y la educación ha servido como una fuente constante de inspiración. Agradezco el amor y apoyo inquebrantable de mi familia, especialmente de mis padres. Mi capacidad para superar las dificultades académicas fue impulsada por su apoyo y confianza en mí.

Katerin Valentina Franco Cárdenas.

Resumen

Los debates sobre la calidad del café son necesarios en las industrias cafetaleras nacionales e internacionales, debido a que es un alimento con potencial para actuar como portador de contaminantes alimentarios y ambientales, esta bebida de gran prestigio tiene el potencial de afectar positiva o negativamente la salud de quienes la consumen. Entre estos contaminantes se destacan las micotoxinas, que se encuentran frecuentemente en una variedad de alimentos, incluido el café. Dados sus efectos negativos bien documentados sobre la salud, la Ocratoxina (OTA) se encuentra entre las micotoxinas más importantes (Gómez Ayalaa, 2007). Según estudios realizados en diversas especies (como ratas, ratones, cerdos y aves), esta sustancia es teratogénica, cancerígena, hepatotóxica, neurotóxica y nefrotóxica (WHO, 2023). La OTA está clasificada como posible carcinógeno del grupo 2B por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 1993). Es importante señalar, que varios productos agrícolas contienen naturalmente esta micotoxina. El proceso de cosecha, secado y almacenamiento de los granos son sólo algunas de las ocasiones en las que el café puede contaminarse con OTA. Existe evidencia de estudios de que esta toxina está presente en diversas preparaciones de café. Para garantizar la seguridad y el calibre de esta preciada bebida, la presencia de OTA en el café es una problemática que debe manejarse con atención en todas las etapas de la producción, desde el procesamiento del grano hasta la cosecha. Mediante esta investigación se evaluó la ocurrencia de OTA en el café producido en Colombia, así como en otros países productores de café alrededor del mundo. Los métodos usados fueron la revisión documental o bibliográfica, mediante repositorios institucionales, académicos y oficiales.

Palabras clave: Almacenamiento, micotoxinas, cosecha, contaminación, salud.

Abstract

Discussions on the quality of coffee are necessary in the national and international coffee industries, since it is a food with the potential to act as a carrier of food and environmental contaminants, this beverage of great prestige has the potential to positively or negatively affect the health of those who consume it. Prominent among these contaminants are mycotoxins, which are frequently found in a variety of foods, including coffee. Given its well-documented negative effects on health, Ochratoxin (OTA) is among the most important mycotoxins. (Gómez Ayala, 2007). According to studies in various species (such as rats, mice, pigs and birds), this substance is teratogenic, carcinogenic, hepatotoxic, neurotoxic and nephrotoxic (WHO, 2023). OTA is classified as a possible Group 2B carcinogen by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 1993). Several different agricultural commodities naturally contain this mycotoxin, which is important to note. The process of harvesting, drying and storage of beans are just some of the occasions when coffee can become contaminated with OTA. There is evidence from studies that this toxin is present in various coffee preparations. To ensure the safety and caliber of this precious beverage, the presence of OTA in coffee is a problem that must be carefully managed at all stages of production, from bean processing to harvesting.

Through this research the occurrence of OTA in coffee produced in Colombia, as well as in other coffee producing countries around the world, was evaluated. The methods used were documentary or bibliographic review, through institutional, academic, and official repositories.

Keywords: Storage, mycotoxins, harvest, contamination, health

Contenido

Introducción	10
Identificación del Problema	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
El Café	17
Historia del café en Colombia.....	17
Composición del Café.....	18
Producción Café en Diferentes Países	21
Colombia.....	21
México	21
Honduras	22
Perú	22
Brasil	23
Micotoxinas del café	24
Ocratoxina en el café	25

Restricciones legales	28
Toxicidad de la Ocratoxina A	29
Toxicodinámica: mecanismo de acción	31
Ocurrencia Ocratoxina A	32
Argentina.....	40
Perú	41
Cuba	45
México	46
Colombia.....	49
Brasil	52
Panamá.....	59
Guatemala	59
El Salvador.....	60
Costa Rica	61
Chile.....	62
Conclusiones	63
Discusiones y recomendaciones	65
Referencias Bibliograficas	66

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Composición de los granos de café tostado medio (porcentaje en base seca).....</i>	20
Tabla 2. <i>Límite de Concentración Ocratoxina A</i>	26
Tabla 3. <i>Biota Fúngica Aislada Durante las Diferentes Etapas del Procesamiento de Café</i>	30
Tabla 4. <i>Ecuación de búsqueda usada en Scopus.....</i>	32

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Documentos por año detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>33</i>
Figura 2. <i>Documentos por año por fuente detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>34</i>
Figura 3. <i>Documentos por autor detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>35</i>
Figura 4. <i>Documentos por afiliación detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.</i>	<i>36</i>
Figura 5. <i>Documentos por país/territorios detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>37</i>
Figura 6. <i>Documentos por tipo detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.</i>	<i>37</i>
Figura 7. <i>Documentos por Área detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>38</i>
Figura 8. <i>Documentos financiados por patrocinador detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.....</i>	<i>39</i>

Introducción

La palabra "micotoxina" se utiliza con frecuencia para referirse a sustancias venenosas producidas por determinados hongos o mohos. Estos hongos tienen la capacidad de infestar cultivos durante la temporada de crecimiento, así como después de la cosecha, lo que podría representar una amenaza para la salud de personas y animales, si estos materiales se utilizan para fabricar alimentos u otros productos derivados. El café es uno de estos alimentos (AFHSE, 2015).

Al igual que otros granos, el café puede desarrollar micotoxinas durante diversos procedimientos como la cosecha, el procesamiento y el almacenamiento. Es más probable que crezcan hongos en los granos de café en estos ambientes debido a la humedad. Algunos de los factores que influyen en la elección de la flora fúngica contaminante en alimentos como el café incluyen la actividad del agua, el pH y la posible introducción de esporas por parte de la broca del café. Estas condiciones pueden conducir a la formación de ocratoxina, una de las micotoxinas más importantes que se encuentran en el café. Estas micotoxinas son producidas por hongos específicos, como *Aspergillus ochraceus* y *A. niger*, cepas específicas de *Penicillium*, como *P. the verrucosum* (Heussner et al., 2015). Heussner *et al.* afirman en sus investigaciones que la OTA es la más importante y extendida de estas micotoxinas (2015). En línea con Koszegi et al. es una toxina bien conocida y ampliamente accesible (2016).

Se ha descubierto que tanto el café tostado y sin tostar contienen OTA en varios países (Malir et al., 2014). Según Gopinandhan *et al.*, se cree que la OTA es la toxina más importante para este alimento entre las muchas toxinas producidas por los hongos., (2013). La ocratoxina A (en adelante OTA) no se elimina por completo del café crudo, aunque al tostarlo a altas temperaturas queda expuesto. Se puede encontrar en el café tostado y molido, el café

instantáneo, el café descafeinado, pero lo más importante es el café preparado y listo para beber (Gopinandhan et al., 2013).

La ocratoxina puede tener efectos nocivos para la salud, incluida la aparición de dolencias como la nefropatía endémica de los Balcanes y riesgos de cáncer e inmunosupresión (Gopinandhan et al., 2013). Para evaluar la presencia de OTA en los granos de café, en este estudio se realizó un análisis exhaustivo mediante una revisión de la literatura científica de varios países.

Identificación del Problema

En 2020, 2021, 2022 y 2023 se produjeron 165 millones de sacos de café en todo el mundo, según la Organización Internacional del Café (2021-2022-2023). Brasil ha producido la mayor parte del café del mundo desde 1840, representando el 30% del total. La mayor parte del café se cultiva en África, Asia y América Latina. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia estima que en 2022-2023 se produjo en Colombia una cosecha de 13,9 millones de sacos de 60 kg de café Arábica suave lavado (Federación Nacional de Cafeteros, 2021-2022-2023).

El café es un líquido popular por sus cualidades organolépticas. Es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial porque no sólo aporta un poco de humor a las conversaciones y reuniones, sino que también brinda a las personas la energía que necesitan para rendir al máximo durante todo el día. Sin embargo, el café puede contener sustancias no deseadas, algunas de las cuales pueden generarse durante el procesamiento primario o industrial o ser inherentes a los propios granos. La OTA, es una de las sustancias más dañinas y es una neurotoxina y carcinógena (Vatinno et al., 2008).

En países industrializados como Estados Unidos, la Unión Europea y Japón, alrededor del 80% del café procesado se exporta. Estas naciones exigen que se midan y verifiquen los niveles de OTA para asegurarse de que estén por debajo de los límites permitidos¹ particulares. Por lo tanto, gestionar la reducción y eliminación de este compuesto en sus procesos productivos es un desafío importante para los productores de café soluble. La apariencia visual del grano de café, así como su sabor y aroma, no son indicadores de contaminación con OTA. Como resultado, para detectar la presencia de esta sustancia en el café y otros alimentos se necesitan métodos biológicos y químicos (Pittet et al., 1996).

¹ Los límites permitidos de OTA varían según el país o la región. Por ejemplo, la Unión Europea establece un límite máximo de 5 microgramos por kilogramo de café tostado o soluble, mientras que Estados Unidos y Japón no tienen un límite legal, pero aplican medidas de control y monitoreo.

Para los países productores de café verde y café industrializado, también conocidos como tostadores de café, este tema es de suma importancia. Para garantizar el cumplimiento de las leyes actuales y las expectativas de los clientes sobre contenido OTA de alta calidad, estas empresas deben implementar los controles adecuados durante el proceso de tueste. La evaluación de la calidad del café producido en diferentes países es fundamental en términos cuantitativos para abordar la presencia de micotoxinas, especialmente la OTA. Según datos recientes, se estima que un porcentaje significativo entre (19%-20%) de los lotes de café en estas regiones presenta niveles detectables de OTA, afectando la calidad y la seguridad alimentaria.

La industria cafetalera enfrenta el desafío de mejorar sus procedimientos en áreas donde la presencia de sustancias como las micotoxinas, específicamente los niveles de OTA, es más pronunciada. Esta problemática afecta la calidad del café producido en Colombia y otras naciones que participan en la producción de este grano en el contexto global. La falta de estrategias efectivas para abordar esta contaminación compromete la competitividad de los cafés en el mercado mundial. Por lo tanto, es imperativo desarrollar medidas que permitan a la industria mitigar los niveles de OTA, garantizando así la producción de cafés de excelente calidad y fortaleciendo su posición en la competencia global.

Justificación

El (*café Arábica*,) que destaca por su alta calidad y representa más del 60% de la producción mundial, y el café Robusto, que suele tener una calidad inferior en comparación, son las dos variedades de café de mayor importancia económica en el mundo. Árabe (Institución Oficial de Crédito, 2002).

Con una cosecha que se espera totalice 13,9 millones de sacos de 60 kilogramos entre 2022 y 2023, Colombia es el principal productor mundial de café Arábica suave lavado; según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2023), la cosecha anual de café cerró 2022 en casi 11,1 millones de sacos de 60 kilogramos, lo que representa una disminución del 12% con respecto al año anterior. Numerosas² familias propietarias de las fincas cafeteras, así como miles de recolectores de café, trabajan en esta producción masiva, que involucra a 590 municipios y los departamentos andinos de Colombia. En total, el sustento de más de 500.000 familias colombianas depende de la producción de café (Sierra, 2021).

Debido a las condiciones durante la cosecha, el procesamiento y almacenamiento, los granos de café son vulnerables a la contaminación, al igual que otros granos, según Requena *et al.*, la humedad favorece el crecimiento de hongos en los granos (2005). Las micotoxinas, que pueden tener efectos perjudiciales para la salud pública, son uno de los principales problemas de la producción de café en Colombia y en todo el mundo. Los micelios de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* producen ocratoxina, una clase importante de estas micotoxinas. La frecuencia y toxicidad de la OTA son inusuales. Es un carcinógeno potencial según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (2002).

² Se puede consultar el informe de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), que indica que hay 540.000 familias productoras de café en el país, de las cuales el 95% son pequeños productores con menos de 5 hectáreas de cultivo (FNC, 2020). Por lo tanto, se puede estimar que hay alrededor de 513.000 familias propietarias de fincas cafeteras en Colombia, aunque este número puede variar según la fuente y el método de cálculo.

Debido a que el café frecuentemente se conserva durante largos períodos de tiempo sin un control adecuado de humedad y temperatura, es vulnerable a la contaminación por estos hongos por razones económicas. Dada la frecuencia con la que se consume café, la probabilidad de que el público en general quede expuesto a esta toxina es muy alta. Además, el tostado del café no garantiza que la OTA se destruya por completo, por lo que una taza de café aún puede contener cantidades significativas de esta toxina. Debido a su afinidad por las proteínas plasmáticas, la OTA frecuentemente permanece en el cuerpo (López, 2000).

Para determinar la calidad del grano y crear planes para asegurar el cumplimiento de las regulaciones locales, nacionales e internacionales, es crucial evaluar los niveles de micotoxinas en el café, especialmente OTA. De esta manera se puede ofrecer a los clientes un café altamente competitivo que no presenta riesgos ni efectos negativos para la salud pública.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la ocurrencia de Ocratoxina A en el café producido en Colombia, así como en otros países productores de café alrededor del mundo

Objetivos Específicos

Identificar los niveles de Ocratoxina A en el café producido en diferentes países latinoamericanos en los últimos 10 años.

Evaluar el riesgo de exposición a Ocratoxina A en la población colombiana y demás países latinoamericanos consumidores.

Marco Teórico

A continuación, se presentan los estudios realizados en los últimos años a nivel mundial y nacional, respecto a los temas concernientes a la presente investigación:

El Café

El principal cultivo de Colombia es el café, uno de los productos básicos más comercializados en el mundo. Una parte considerable de la población se gana la vida con esta industria, que también tiene un gran impacto en la economía. Más de 25 millones de familias reciben apoyo de la industria del café en todo el mundo, que se cultiva en más de 50 países. Además, las ventas de café suman más de 70 mil millones de dólares anuales el café es una bebida muy consumida (Federación Nacional de Cafeteros, 2022).

Para muchos países tropicales en desarrollo, la capacidad de producir café se ha convertido en una de sus ventajas comparativas más importantes. Este cultivo contribuye significativamente a los ingresos de divisas de las zonas rurales y una de las principales fuentes de flujo de caja. Debido a que sus agricultores tienen más poder adquisitivo, naciones como Colombia pueden comprar productos manufacturados e impulsar la actividad económica interna (Organización Internacional del Café; 2001-2002).

Historia del café en Colombia

En 1732 se inició el cultivo del café en la región del Orinoco colombiano gracias a los jesuitas. Esta actividad eventualmente se extendió por toda la región sur de la nación. En este relato tuvo un papel importante Francisco Romero, párroco de Salazar de las Palmas, quien sentía una profunda admiración por la planta. Romero aconsejó a sus feligreses plantar cafetos como forma de penitencia, y esta costumbre se extendió por todo el noreste del país. La región cafetera de Colombia creció de norte a centro y oeste a lo largo del siglo XIX.

A finales del siglo XIX, Colombia afianzo el café como cultivo principal de exportación. Desde entonces, el café ha tenido un impacto significativo del desarrollo y la prosperidad de la nación, influyendo en la actividad exportadora y el desarrollo constante (Peysson RS, 2001).

Gracias al café, 800.000 personas en Colombia tienen empleos permanentes, una gran parte de las cuales su foco principal es la agricultura. El desarrollo económico de Colombia está significativamente influenciado por el café. Hasta 1993, cuando las exportaciones totalizaron alrededor de 532.000 sacos, todas las plantaciones que se habían plantado estaban funcionando a plena capacidad. En la segunda mitad de la década de 1990, el café representó más de la mitad de las exportaciones totales de Colombia. Incluso durante los años pico de 1995 y 1996, cuando las exportaciones alcanzaron su nivel más alto, el café representó alrededor del 70% del valor total de las exportaciones del país. Actualmente se cultiva café en aproximadamente un millón de hectáreas, o el uno por ciento de toda la tierra de Colombia (F. L. A principios de siglo, el café en Colombia solidificó su posición como un importante cultivo de exportación. Desde entonces, el café ha influido significativamente en las exportaciones). actividad y desarrollo continuo, contribuyendo al crecimiento y prosperidad del país (Peysson RS, 2001).

Composición del Café

Las variedades de granos de café crudos Arábica y Robusta difieren en su composición química. En la variedad Arábica, los minerales constituyen el 4,2 por ciento de la materia seca, de los cuales el 1,7 por ciento es potasio, y la cafeína el 1,2 por ciento. Además, tienen 58 por ciento de carbohidratos, 16 por ciento de lípidos, 1 punto 0 por ciento de trigonelinas, 11 punto 5 por ciento de proteínas y aminoácidos, 14 punto 4 por ciento de ácidos alifáticos, 6 punto 5 por ciento de ácidos clorogénicos y 14 punto 2 por ciento de glucósidos.

En general, la materia seca de las variedades Robusta es 22% de café y 4% de sal. El 11,8% de este es potasio. La Tabla 1 muestra el desglose de la composición de las semillas de robusta: 10% de lípidos, 0% de trigonelina, 11% de proteínas y aminoácidos, 14% de ácidos grasos, 10% de ácido clorogénico y 59,5% de glucósidos y alimentos. Es importante tener en cuenta que los granos de café verde comerciales contienen entre un 8 y un 12 por ciento de agua. Silvio Galatini, hace un año. La composición de los granos de café está influenciada en gran medida por los lípidos. El aceite de café se encuentra principalmente en el endospermo, pero hay pequeñas cantidades de cera (entre 0,2% y 0,3%) en el exterior del grano de café. Los granos de café contienen ácidos grasos similares a otros alimentos vegetales, particularmente ácido linoleico (40 a 45 por ciento) y ácido palmítico (25 a 35 por ciento). En cuanto a los esteroides, el contenido de 24-metilcolesterol y galosterol es mayor en Robusta que en Arábica (Clarke RJ, Macrae R, 1998).

La capa exterior de la cera contiene 5-hidroxitriptamina, ácido araquidónico, ácido esteárico, ácido 20-hidroxiaraquidónico, ácido behénico y ácido xilónico (Clarke RJ, Macrae R, 1985). Limpiar y utilizar otros disolventes puede ayudarnos a eliminar la mayoría de estos químicos. La composición de la fracción lipídica del café verde se muestra en la (Tabla 1).

Tabla 1.

Composición de los granos de café tostado medio (porcentaje en base seca).

Componente	Variedad Arábica	Variedad Robusta
Cafeína	1,3	2,4
Minerales	4,5	4,7
Lípidos	17,0	11,0
Trigonelinas	1,0	0,7
Proteínas	10,0	10,0
Ácidos Alifáticos	2,4	2,5
Ácidos Clorogénicos	2,7	3,1
Carbohidratos	38,0	41,5
Aromas Volátiles	0,1	0,1
Melanoldinas	23,0	23

Fuente. Viani R. The composition of coffee. In: caffeine, coffee, and health. S. Garatini Ed. New York: Raven Press, Ltd.; 1991. p. 17-41

Producción Café en Diferentes Países

Perú, México, Colombia, Brasil y Honduras son los principales países productores de café del mundo. Le siguen de cerca el sudeste asiático y África, que en conjunto representan el 70% de la producción mundial de granos de café. Como uno de los principales pilares económicos de estas regiones, la industria del café es extremadamente importante. (Susana Gómez Posada, 2019).

Colombia

Colombia se beneficia de condiciones climáticas excepcionales y de una larga tradición de producción de café de alta calidad. Es muy conocido por su suave café Arábica lavado. Los agricultores colombianos cosechan alrededor de 840.000 toneladas de café anualmente, quienes se benefician estratégicamente del fácil acceso a puertos en ambos océanos para una distribución efectiva. Es importante recordar que las marcas de café colombiano suelen tener nombres que se refieren a comunidades, fincas o regiones particulares donde se cultiva el café. Muchos de estos cafés se clasifican como cafés de origen único debido a su calidad excepcional, ampliamente reconocida. Como resultado, ya sea eligiendo un café Sierra Nevada, un café Nario u otras variedades regionales, los amantes del café podrán deleitarse con los sabores, aromas y ricas tradiciones distintivas del café colombiano. Colombia continúa manteniendo su destacado liderazgo como primer productor mundial de café Arábica suave lavado, a pesar de ocupar el tercer lugar en términos de volumen a nivel global (Méndez, 2019).

México

Los trabajadores agrícolas de las grandes explotaciones se convirtieron en campesinos independientes que poseían pequeñas parcelas de tierra después de obtener su independencia. Este cambio marcó el paso de un cultivo producido con fines comerciales en plantaciones

importantes a un cultivo cultivado con fines de subsistencia desde entonces. Sin embargo, varias empresas tostadoras extranjeras comenzaron a operar en el país en la segunda mitad del siglo anterior, desplazando gradualmente a las empresas locales. Actualmente, estas empresas controlan el mercado elaborando mezclas de café de calidad inferior que no hacen justicia al excepcional café mexicano. A pesar de las dificultades antes mencionadas, México todavía está avanzando y trabajando para revivir su cultura cafetera y mejorar el calibre de su café. En el país se producen aproximadamente 4,5 millones de sacos (270 mil toneladas métricas) de café cada año, lo que representa el 1,7 por ciento de la producción total mundial (Méndez, 2019).

Honduras

Vale la pena señalar que los cafetos en Honduras se cultivan a la sombra, un método que es más amigable con el medio ambiente que el cultivo al sol, que tiene un mayor impacto en el suelo. sistemas biológicos. Aunque la producción de café ha aumentado desde la década de 1970, los bajos precios del café en 2018 tuvieron un impacto significativo en los ingresos. No sólo en Honduras, sino en todos los países productores de café Arábica, muchas familias cafetaleras han muerto a causa de esta condición. Honduras produjo 8,3 millones de sacos de café en la temporada 2018-19 (Méndez 2019).

Perú

Actualmente, el café y los espárragos son considerados dos de los principales productos agrícolas del Perú. En la región de la selva amazónica, el café se cultiva en las tierras bajas de los Andes centrales y en las montañas de los Andes orientales. Las variedades más cultivadas de la familia árabe son Typica, Bourbon, Pache, Caturra y Catimor (Méndez, 2019).

Sorprendentemente, la mayoría de las plantaciones de café del Perú están protegidas, lo que contribuye a la reputación del país de producir café de alta calidad. El cultivo se cultiva en zonas

escasamente pobladas, con 150.000 agricultores peruanos que cultivan 330.000 hectáreas. Perú es el segundo productor y consumidor mundial de café orgánico, con una producción anual de 4,3 millones de sacos (258.000 toneladas). Actualmente, el país cuenta con las mejores variedades de café, y los caficultores y productores profesionales, enólogos y baristas siguen trabajando arduamente para promover el café de alta calidad (Méndez, 2019).

Brasil

Con una producción anual de 2,5941 millones de toneladas, Brasil es conocido como el mayor productor de café del mundo. Aunque la principal variedad de café de Brasil representa el 30% de la producción mundial de café, no es conocida por su calidad. Sólo el 20% de la cosecha del país es Arábica, y el 80% restante es Robusta. Las variedades de café robusta se cultivan principalmente en el estado de Espírito Santo, mientras que el café Arábica se cultiva principalmente en el estado de Minas Gerais (Méndez, 2019).

Micotoxinas del café

Un grupo de sustancias conocidas como micotoxinas, producidas por hongos filamentosos como *Aspergillus* o *Fusarium*, pueden provocar enfermedades y otros problemas de salud. Investigadores de la Universidad de Valencia analizaron 103 muestras de café comercial comprado en diferentes supermercados de la ciudad para detectar la presencia de ocratoxina (Garca, 2015).

Los hallazgos demostraron la presencia de fumonisinas, aflatoxinas, tricotecenos y micotoxinas emergentes en concentraciones que oscilan entre 0 y 3570 microgramos por kilogramo (g/kg), estas sustancias pueden provocar cáncer, dañar el hígado, interferir con las hormonas y comprometer el sistema inmunológico (Ferrer 2015).

Ocratoxina en el café

Desde su descubrimiento en muestras de granos de café verdes (Levi C, 1964), la OTA en el café ha llamado mucho la atención, especialmente después de haber sido encontrada en muestras de café tostado e infusiones con café (Tsubouchi H, 1988). A lo largo del tiempo se han realizado numerosos estudios que abordan el impacto del proceso de tostación en la degradación de la OTA. Aunque algunos autores afirman que no se observan diferencias significativas en los niveles de OTA y que las que se observan son inferiores al 12%, los hallazgos de estos estudios presentan frecuentemente discrepancias (Tsubouchi H, 1987).

Según varios estudios, el café preparado tiene menos OTA que el café recién tostado. En esta situación, parece que la técnica de preparación de la infusión afecta significativamente a la producción de OTA. La cafetera italiana de rosca ocupa el segundo lugar, aunque supera al método de la cafetera de filtro, y el sistema de preparación "espresso" parece ser el más eficaz. Es crucial enfatizar que la OTA nunca se elimina por completo y nunca se elimina a una tasa superior al 50% (López, 2007).

El contenido de OTA en el café (Tabla 2) también varía dependiendo de los métodos agrotécnicos utilizados en el procesamiento del café. Los datos de concentración de OTA recopilados de varios estudios sobre el café indican que algunos cafés a veces exceden los estándares recomendados para el café (5 g/kg para café tostado y molido; 10 g/kg para café instantáneo e instantáneo). Es importante recordar, sin embargo, que en la mayoría de los casos los niveles de OTA en las muestras de café no exceden los límites legales (Martins ML, 2003).

Tabla 2.*Límite de Concentración Ocratoxina A*

Tipos de cafés	Media (ug/kg)	Intervalo (ug/kg)	Referencia
Granos de café verde	2,380	0,2 – 7,30	(Martins ML, 2003)
Café tostado molido y en grano	0,880	0,22-5,64	(Legarda TMa, 1998)
Café tostado y molido	0,078	0-0,497	(Quintana EM, 2007)
	-	0,3-6,50	(Leoni LA, 2000)
	1,430	0,3-8,00	(Koch M, 1996)
Café tostado	0,800	N.D-8,20	(Stegen GVD, 1997)
	0,600	0,2-2,10	(Petal S, 1997)
	0,510	0,11-3,20	(K., 1998)
Café descafeinado	0,905	0-0,96	(Quintana EM, 2007)
	0,550	0.22-1,29	(Legarda TMa, 1998)
	2,200	0,50-5,10	(Leoni LA, 2000)
Café instantáneo	0,500	0,19-1,08	(Legarda TMa, 1998)
	1,100	0,2-6,50	(Pittet A, 1996)
	1,300	N.D-27,20	(Stegen GVD, 1997)
Café soluble	1,000	0,1-8.00	(Petal S, 1997)

La regulación europea establece límites máximos para la presencia de OTA, una sustancia relacionada con enfermedades renales y tumores arteriales en seres humanos, en productos alimenticios. Estos límites son de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el café tostado en grano o molido y de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el café soluble o instantáneo (Font, 2015).

Un estudio realizado en 1989 reveló que aproximadamente el 52% de la OTA sobrevivió al proceso de tueste del café. En otro experimento durante el mismo período, se sometieron los granos de café a temperaturas de alrededor de 200°C durante unos 20 minutos, lo que resultó en la preservación del 88-100% de la presencia de OTA. En resumen, se concluye que la reducción de la OTA en granos de café contaminados parece ser poco efectiva (Font, 2015).

Restricciones legales

Después de que se descubriera la OTA en el café en 1988, la Unión Europea decidió regular las micotoxinas en los alimentos. Por lo tanto, es necesario establecer un área de aceptación de OTA en la cafetería. La Federación Europea del Café (ECF) establece un límite de OTA de 5 microgramos por kilogramo (g/kg) en café tostado y molido y 10 g/kg en café instantáneo o soluble. Estas restricciones afectan al 7% de las importaciones de café verde y tienen un impacto significativo en los países productores. Considere esto y los riesgos para la salud de muchas tazas de café (López, 2020).

Conforme a las directrices establecidas por el Ministerio de Salud y Protección Social, resolución 4506 de 2013, se ha establecido un límite para la presencia de ocratoxina en el café. En particular, se especifica que el contenido permitido es de 5.0 µg/kg para el café tostado en grano y el café tostado molido, excluyendo el café soluble. En el caso del café soluble, también conocido como café instantáneo, el límite permitido se fija en 10.0 µg/kg. Estas cifras se presentan como parámetros técnico-regulatorios destinados a garantizar la seguridad y calidad del café en el contexto de la salud pública. (Minsalud,2013).

Según la norma internacional española UNE se ha establecido un límite para la presencia de ocratoxina en el café. En particular, se especifica que el contenido permitido es de 4.0-9.0 µg/kg cualquier tipo de café. (Intedya,2020)

En conclusión, la normativa europea establece un límite en la cantidad de OTA que se puede encontrar en los productos alimenticios. Este límite se fijó en 3 g/kg para café molido o en grano y 5 g/kg para café soluble o instantáneo (Reglamento (UE) 2022/1370 de la Comisión de 5 de agosto de 2022).

Toxicidad de la Ocratoxina A

Los hongos filamentosos *Aspergillus* y *Penicillium* producen la micotoxina ocratoxina A (OTA), que se encuentra en los alimentos. A través del consumo de alimentos contaminados, esta toxina puede llegar al cuerpo tanto de humanos como de animales. Junto con otros efectos tóxicos importantes, se ha demostrado que la OTA es particularmente perjudicial para los riñones en animales de granja y de laboratorio. Se ha relacionado con la nefropatía endémica de los Balcanes en humanos, aunque esta conexión aún se está confirmando por completo. La IARC lo ha catalogado como potencialmente cancerígeno tipo 2B por sus características genotóxicas y cancerígenas que se han observado en estudios con animales de experimentación (López, 2003). Claramente, las aflatoxinas son las micotoxinas que han atraído más atención en todo el mundo. En México se han realizado numerosas investigaciones sobre la presencia de estos tóxicos en el maíz utilizado para consumo humano y animal. También se ha investigado cómo el procedimiento de nixtamalización afecta la presencia de estas micotoxinas en tortillas elaboradas con harina de maíz contaminada. México consume una cantidad significativa de café y aproximadamente el 70% de su producción se destina a mercados fuera de México. Después de Brasil, Colombia e Indonesia, el país ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en términos de producción de café. Los extractos se sometieron a cromatografía en capa fina (TLC) unidimensional para análisis cromatográfico de la toxina T-2. Según los resultados del análisis, la contaminación por OTA estuvo presente en el 67 por ciento de las muestras de café verde, con niveles promedio de 30,1 g/kg y niveles de contaminación por OTA que oscilaron entre 16,6 y 62,5. Estos valores son comparables a los de muestras de café verde de diversos orígenes que han sido reportados en la literatura. Por su ubicación geográfica, Nayarit tiene cualidades únicas que

lo diferencian de otros estados productores de café en México, con producción excepcional en localidades como Compostela, San Blas y Jalisco (Lebensmittelhygiene, 1999).

Tabla 3.

Biota Fúngica Aislada Durante las Diferentes Etapas del Procesamiento de Café

Etapa del proceso	Posibles hongos
Café Cereza	El hongo aislado en mayor frecuencia fue Aspergillus spp, y los géneros Fusarium y Penicillium, fueron aislados, pero en menor Proporción
Café pergamino	El hongo aislado fue Aspergillus spp Se aislaron e identificaron los siguientes
Café almendra	Posibles géneros fúngicos: Fusarium spp, Penicillium spp, Aspergillus spp Se aislaron e identificaron los siguientes
Café tostado	Posibles géneros y especie fúngicas: A. niger y A. flavus

Nota. Contreras Rojas, L. (2015). Aislamiento de hongos en las diferentes etapas del beneficio de café cultivado y comercializado en Toledo, Norte de Santander. Ciencia y Tecnología Alimentaria.

Toxicodinámica: mecanismo de acción

Modificaciones en la Respiración Celular: La OTA induce alteraciones en la respiración celular al ejercer una inhibición selectiva sobre la actividad enzimática de la ATPasa, el succinato deshidrogenasa y el citocromo C oxidasa. Este fenómeno, de acuerdo con las investigaciones de Xiao H, Madhyasta S y Marquardt RR (2006), se asemeja a los cambios observados en el daño celular, manifestando una inhibición significativa de la peroxidación lipídica y generando radicales libres hidroxilados como subproductos.

Inhibición de la Síntesis Proteica: La OTA desencadena una interrupción a nivel postranscripcional al competir y, consecuentemente, inhibir la actividad de la Phe-tRNA sintetasa. Estudios in vitro en células renales, según la investigación de Dorrenhaus A, Flieger A y Golka K (2000), demuestran que la OTA induce la activación de las caspasas y las proteínas quinasas, interfiriendo de manera efectiva en la síntesis de ADN y generando daños posteriores (Dorrenhaus A, Flieger A, Golka K, 2000).

Captura de Calcio Microsomal: Este proceso surge como una respuesta temprana y está estrechamente vinculado a la instauración de la peroxidación lipídica. Diversos experimentos, tanto in vitro como in vivo, evidencian que la OTA obstruye la absorción y el transporte activo de calcio por las células hepáticas, mediado por su retículo endoplásmico. De acuerdo con los hallazgos experimentales, los niveles de calcio experimentan una disminución del 43.5% en las ratas expuestas a 10 mg/kg de OTA, y un descenso del 80% cuando las microsomas hepáticas de rata son tratados con 10 M de OTA. (Jiménez AM, López de Cerain A, 2000).

Ocurrencia Ocratoxina A

Para la recopilación de estudios sobre la presencia de ocratoxina en el café, se implementaron búsquedas exhaustivas en diversos motores de búsqueda académica, entre los que se incluyen Google Scholar, Scopus, Dialnet, World Wide Science y Scielo, en el cual el motor de búsqueda con mayor número de estudios es Scopus con una cantidad de 528 documentos relacionados con el tema a tratar, la ecuación de búsqueda que se usó fue la siguiente fórmula:

Tabla 4.

Ecuación de búsqueda usada en Scopus.

Ecuación de búsqueda para Scopus	“Ochratoxin A” AND “Coffee”
Primera Palabra	Ochratoxin A
Conector	AND
Segunda Palabra	Coffee

Se realizó un análisis exhaustivo de la información disponible se ha observado que la mayoría de los estudios relacionados con la OTA se centran en su detección y determinación, especialmente en el ámbito del café. Estos estudios buscan identificar la presencia de la OTA en diversas variedades de café y evaluar su concentración. Sin embargo, es relevante destacar que también existen investigaciones con un enfoque menos común, donde se busca no solo determinar la presencia de la toxina, sino abordar activamente la reducción de su concentración en el café.

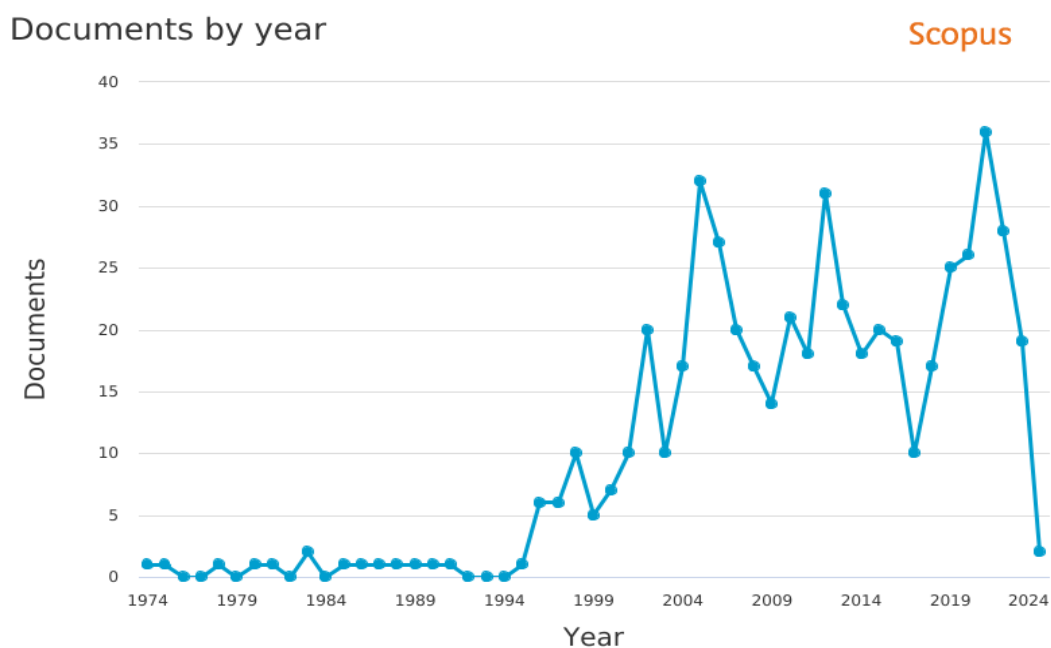
En este contexto, es interesante observar que mientras la mayoría de los esfuerzos se centran en la identificación y cuantificación de la OTA, hay un número considerable de estudios que se dedican a desarrollar estrategias para minimizar su presencia en el café. Estas

investigaciones no solo profundizan en la comprensión de la toxina, sino que también buscan encontrar soluciones prácticas para mitigar sus efectos negativos.

En consecuencia, se puede concluir que la investigación en torno a la OTA abarca una amplia gama de enfoques, desde la simple detección hasta la búsqueda activa de métodos para reducir su presencia en el café. Este amplio espectro de estudios refleja un interés significativo y global en comprender y abordar los riesgos asociados con la presencia de la OTA en uno de los productos consumidos con mayor frecuencia en todo el mundo: el café. La diversidad de perspectivas y enfoques demuestra la importancia de este tema en la comunidad científica y destaca la necesidad continua de investigaciones que contribuyan a la seguridad alimentaria y la calidad de los productos consumidos a nivel mundial.

Figura 1.

Documentos por año detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.

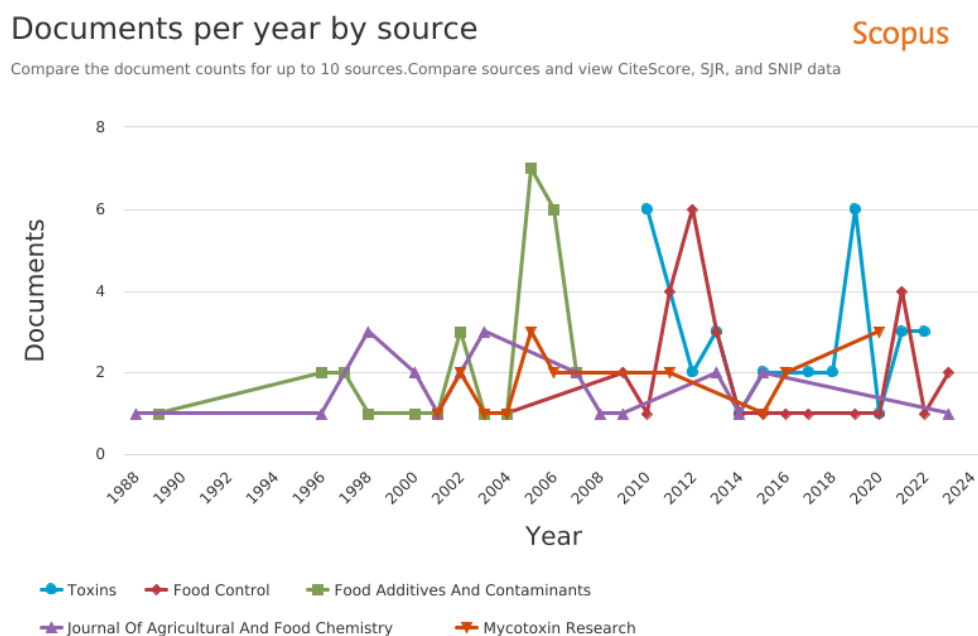


Fuente: Scopus (2023).

El análisis de la figura 1 proporciona valiosa información sobre la evolución temporal de los estudios, destacando el año 2021 como un período álgido en términos de producción académica. El descenso posterior y la anticipación de futuras publicaciones sugieren dinámicas cambiantes en el campo de estudio, y proporciona una base sólida para investigaciones adicionales y reflexiones sobre el desarrollo de la investigación en esta área específica.

Figura 2.

Documentos por año por fuente detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.



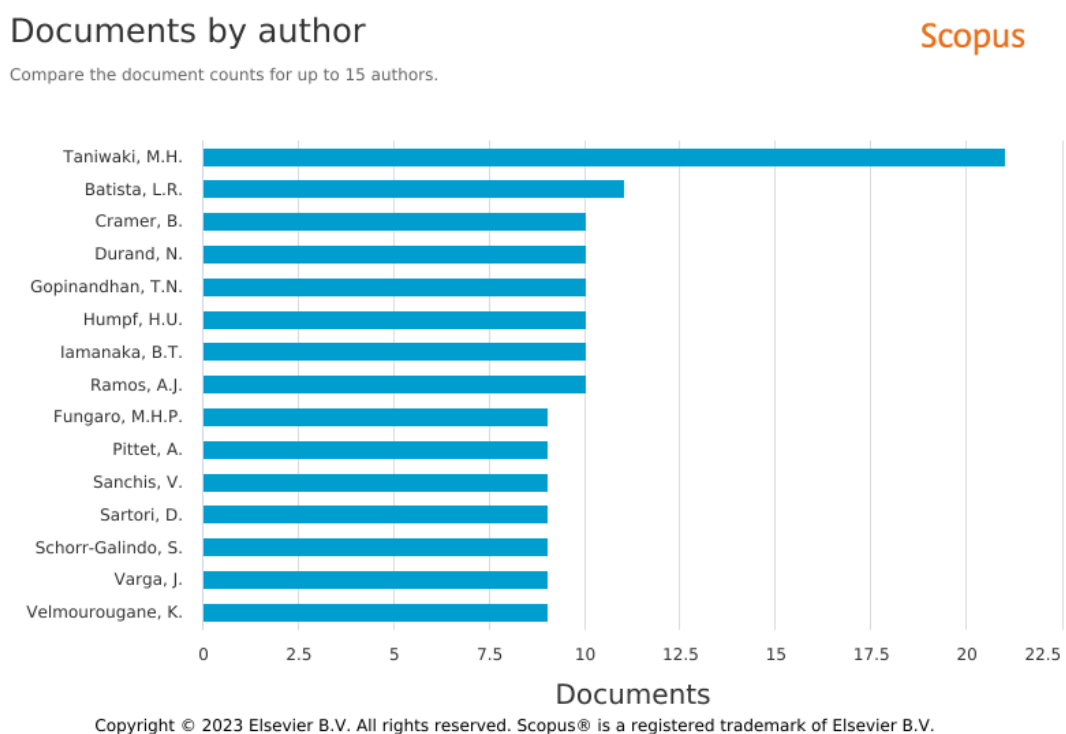
Fuente: Scopus (2023).

En la Figura 2 puede observar que el autor que más documentos a publicado a lo largo de los años es la revista de química agrícola y alimentaria, es el patrocinador que más se ha interesado en esta temática, seguido de Aditivos alimentarios y contaminantes ya que el tema va muy ligado a los temas de los patrocinadores.

El autor que más documentos a publicado es Taniwaki, M.H. con una cantidad de 21 documentos publicados, seguido de Batista, L.R. con 11 documentos, los demás autores llevan un promedio de 10 documentos, como se evidencia en la Figura 3 a seguir.

Figura 3.

Documentos por autor detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.



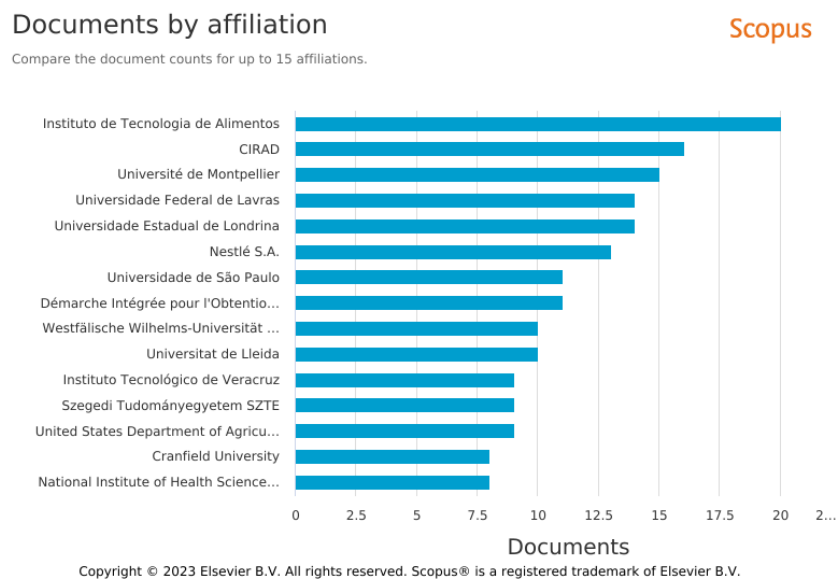
Fuente: Scopus (2023).

Se puede apreciar que el mayor afiliado para la creación de los documentos es el Instituto de Tecnología de Alimentos de Argentina, seguido de diferentes universidades alrededor del mundo, se puede apreciar que Nestlé S.A este interesado en el tema ya que es una de las multinacionales más grandes del mundo en producción y distribución de alimentos, su interés

está ligado a la gran producción de café liofilizado que la compañía produce en diferentes países, como se evidencia en la Figura 4 a seguir.

Figura 4.

Documentos por afiliación detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.

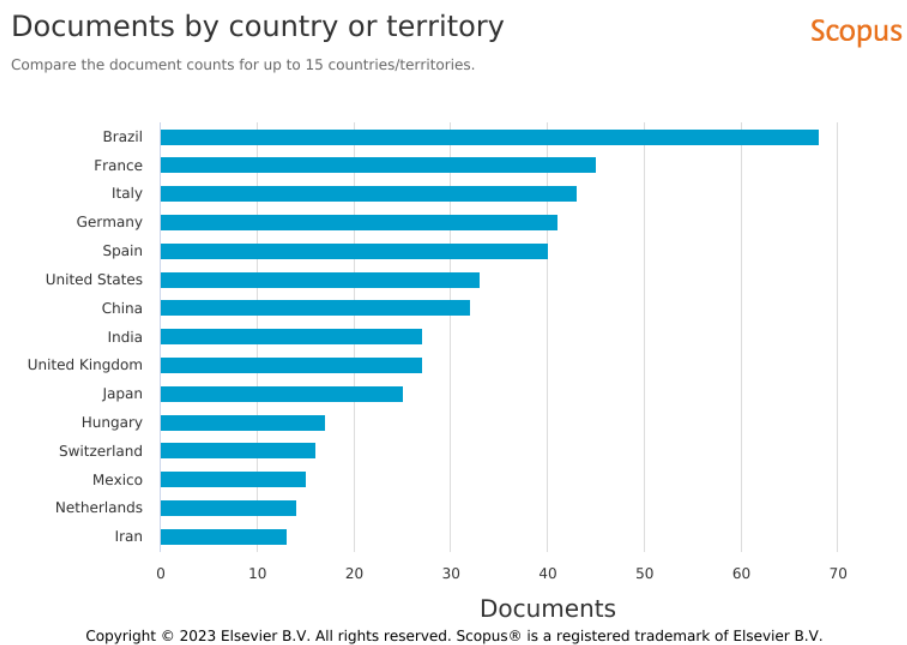


Fuente: Scopus (2023).

En la Figura 5 se muestra, que el país que lidera la elaboración de documentos relacionados con la ocratoxina es Brasil, se aprecia un gran interés por este tema ya que Brasil es el país con la mayor producción agrícola de café, cuenta con más de 60 estudios sobre la OTA, seguido de diferentes países de Europa, es de apreciar que Irán es uno de los países que también tiene una producción de café considerable en el mundo a pesar de eso no cuentan sino con 10 estudios sobre el tema.

Figura 5.

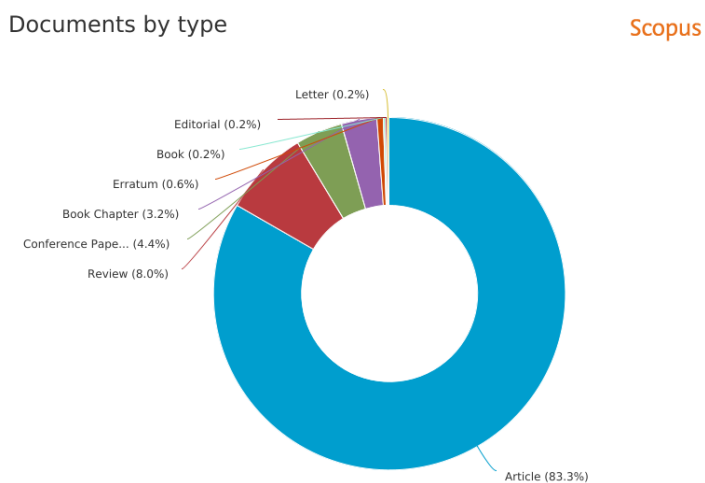
Documentos por país/territorios detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.



Fuente: Scopus (2023).

Figura 6.

Documentos por tipo detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.

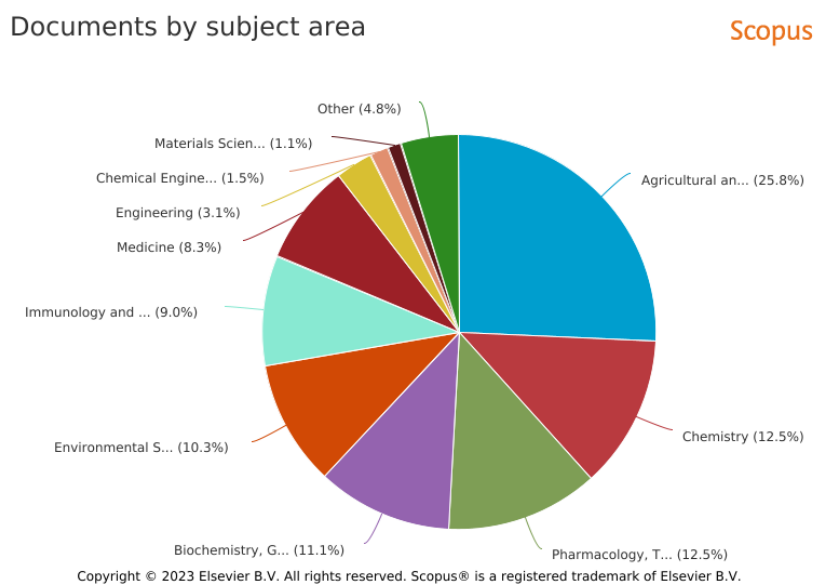


Fuente: Scopus (2023).

En la gráfica anterior se puede apreciar que el tipo de documento que mas se han publicado son los artículos, con una participación del 83.3%, seguido de las reviews con una participación de 8.0%

Figura 7.

Documentos por Área detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina A.



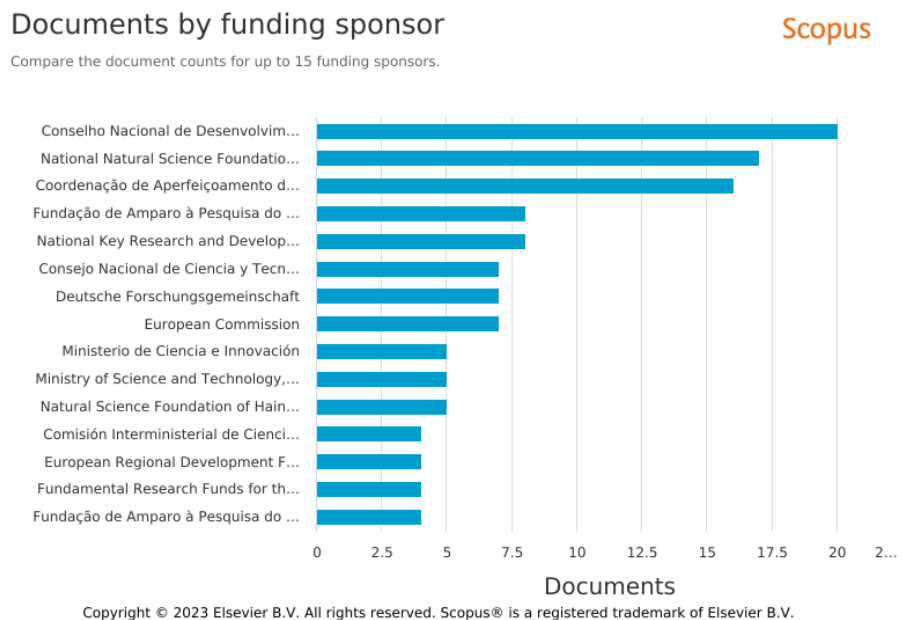
Fuente: Scopus (2023).

Se puede apreciar que el área con mas documentos sobre la OTA es el área de agricultura y ciencias biológicas con una participación del 25.8%, con un 12.5% se encuentran las áreas de química y farmacología, es importante apreciar que el área de ingeniería cuenta solo con un 3.1% de participación en la investigación sobre el tema, es en este punto donde se debe apoyar a la participación en la producción académica sobre esta temática.

Figura 8.

Documentos financiados por patrocinador detectados en Scopus, relacionados con la ocratoxina

A.



Fuente: Scopus (2023).

El mayor financiador para estos estudios ha sido el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, con una financiación de 20 documentos, seguido de la Fundación Nacional de Ciencia Natural de China, que cuenta con una financiación para 17 documentos, se puede observar que dos grandes potencias a nivel mundial han financiado estos estudios.

Con base en la información obtenida en la presente búsqueda se puede afirmar que, una gran parte de los estudios elaborados los han desarrollado países que son potencia mundial, por ende se pretende enfocar en éste estudio desde el punto de vista latinoamericano qué estudios se han realizado, ya que Colombia también cuenta con una participación importante en la

producción de café, que su gran mayoría es importado al resto del mundo, y así mismo poder observar un mejor panorama sobre el continente y su participación en el tema.

A continuación, se exponen los estudios académicos y científicos más importantes sobre la OTA realizados en los siguientes países: Argentina, Perú, Cuba, México, Colombia, Brasil, Panamá, Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Chile.

Argentina

Inicialmente, se presenta un enfoque ecológico para la determinación de la OTA, un metabolito producido por hongos filamentosos y clasificado como Grupo 2B por la IARC. Este compuesto puede encontrarse en diversas fuentes alimenticias y bebidas. La discusión se centra en la relevancia de este enfoque ecológico para evaluar la presencia de OTA en infusiones de café, considerando su origen fúngico y su clasificación como sustancia potencialmente carcinogénica. Este planteamiento busca proporcionar una perspectiva integral y medioambiental en el análisis de la contaminación por OTA en el contexto específico de las infusiones de café. El estudio presenta una nueva metodología para detectar y cuantificar la OTA en bebidas de café. El proceso de extracción utilizado fue la micro extracción líquido-líquido dispersiva con solidificación de una gota orgánica flotante (DLLME-SFO).

El análisis del extracto se realizó mediante UHPLC-(ESI+)-MS/MS. La metodología fue sensible, con límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) de 0,3 y 0,9 ng/mL, respectivamente. Se encontró una linealidad en el rango de 0,3 a 70 ng/mL, con un coeficiente de correlación (R^2) de 0,9962. Las desviaciones estándar relativas variaron del 1,1% al 8,7% ($n = 3$). La recuperación relativa de extracción fue satisfactoria (88,3%), con un factor de enriquecimiento de 7 veces. La metodología fue evaluada mediante métricas analíticas verdes, obteniendo una categoría A y 0,54 puntos en el Certificado Verde y el software AGREE,

respectivamente. Finalmente, la metodología se aplicó a muestras comerciales de café tostado con azúcar agregada (Mariel China, 2022)

Perú

Relación entre las buenas prácticas de higiene y la ocurrencia de OTA en café (*Coffea arabica* L.) orgánico de las principales zonas cafetaleras del Perú

En la investigación liderada por Díaz Rodríguez et al. (2018) examinaron la conexión entre la OTA y las buenas prácticas de higiene (BPH) en cafeterías de las regiones Amazonas-Cajamarca, Cusco, Junín, Puno y San Martín. El análisis se realizó utilizando una muestra de café pergamino (*Coffea arabica* L). Se realizó una evaluación sanitaria utilizando un formato basado en el Codex Alimentarius y la legislación nacional para confirmar el cumplimiento de BPH en los establecimientos. Se utilizó el método fluorimétrico con columnas Ochratest para analizar las muestras de café y encontrar el contenido de OTA. Las 6 muestras de café examinadas tenían un valor promedio de OTA de 1 punto 46 g/kg. Según las distintas áreas de estudio, hubo diferencias notables en los niveles de OTA. Las muestras de Junn tuvieron la concentración promedio más baja de micotoxinas, 0 punto67 1 punto15 g/kg. Sin embargo, las muestras de Cusco (2,20 4,92) g/kg y San Martín (2,20 2,42) g/kg, donde se descubrieron niveles más altos de OTA, mostraron una alta variabilidad.

Estos hallazgos enfatizan la importancia de implementar y hacer cumplir correctamente buenas prácticas de higiene en los establecimientos de café como un paso crucial para reducir la presencia de OTA en el café y garantizar la seguridad alimentaria del consumidor. (Díaz Rodríguez et al., 2018).

Evaluación de nivel contaminante de OTA por columnas de inmunoafinidad y Cromatografía Líquida de Alta Afinidad (HPLC), en *Coffea arabica* L. (café verde y tostado) del distrito Perené, provincia Chanchamayo

En este estudio se utilizaron cuatro muestras contaminadas con café tostado y verde en dosis de 5 g/kg y 10 g/kg. La recuperación fue del 76,2% a 5 g/kg para el café tostado y del 74,9% a 10 g/kg para el café verde. Dado que las pruebas de recuperación mostraron niveles dentro de límites aceptables, estos resultados indican que estos solventes son efectivos para extraer OTA de muestras de café. Se analizaron dos muestras de café tostado y se encontró que los contenidos de OTA eran 0,216 y 0,444 g/kg respectivamente. Por otro lado, una de las dos muestras de café verde tuvo un contenido de OTA de 0,057 g/kg, mientras que la otra no superó los 0,019 g/kg. Estos hallazgos indican que las OTA en muestras de café verde o tostado no exceden los niveles máximos permitidos por las regulaciones nacionales e internacionales.

Como se desprende de las pruebas de recuperación, que arrojaron valores aceptables para ambos tipos de café, los resultados obtenidos demuestran la eficiencia de los solventes utilizados para extraer la OTA de las muestras de café. Además, los niveles de OTA descubiertos en las muestras de café verde y tostado se encuentran dentro de los límites superiores permitidos por las leyes vigentes, lo que garantiza la seguridad y la alta calidad del café destinado al consumo.

(Milla Flores, 2022).

Nivel de OTA en granos de café (*Coffea arabica* L.), procedentes de Jaén y San Ignacio, Cajamarca

En la región de Cajamarca, Perú, se realizaron colectas de muestras de granos de café pergamino en los almacenes de tres empresas: Unión de Cafetaleros Orgánicos-UNICAFEC, Jaén; CASIL LTD Cooperativa Agraria del Café; y Organización Agraria Cafetalera El

Diamante, San Ignacio. Mediante el método ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), se examinaron 27 muestras de café tomadas de varias bolsas para cuantificar la OTA.

Los valores más altos de OTA, que oscilaron entre 0,34 g/kg y 0,78 g/kg, se encontraron en los granos de café exportables. Inusualmente, pero sólo en la Organización Agraria Cafetalera El Diamante, se encontró una concentración de 0,80 g/kg en granos tostados sin defectos. En general, el contenido de OTA en el café verde varió de 0,3 a 0,6 g/kg, en el café de tueste medio de 0,4 a 0,7 g/kg, en el café de tueste oscuro de 0,4 a 0,8 g/kg y en el café de tueste muy oscuro de 0,3 a 0,8 g/kg. En el caso del café tostado comprado en los supermercados de Río de Janeiro, se encontró un promedio de 0,8 g/kg de OTA. Según estos hallazgos, la OTA estuvo presente en muestras de café en diversas etapas de procesamiento y comercialización. Se encontraron niveles significativos de micotoxina en los granos de café exportables, así como en algunas muestras de café tostado, lo que destaca la necesidad de implementar controles para prevenir la contaminación por OTA en la cadena de suministro del café. OTA Nivel Ver en Granos de Café (Coffea Arábica L. de Jaén y San Ignacio, Cajamarca, s.f.)

Evaluando OTA en Coffea arabica L. (café verde y tostado)

El departamento de Chanchamayo de Junín, productor de café, fue el sitio de recolección de muestras. Utilizando columnas de inmunoafinidad (IAC), se completó el proceso de purificación y el paso de cuantificación se completó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y un detector de fluorescencia. También se realizaron pruebas de recuperación para niveles de contaminantes de 5 g/kg para café tostado y 10 g/kg para café verde. Según los resultados, la tasa de recuperación del café tostado a un nivel de 5 g/kg fue del 76,2 por ciento, mientras que el café verde a un nivel de 10 g/kg tuvo una tasa de recuperación del 74,94 por ciento. Las concentraciones de OTA en muestras de café tostado oscilaron entre 0

y 444 g/kg. La concentración de las dos muestras de café verde no superó el límite de detección de 0,019 g/kg, y una mostró un valor de 0,057 g/kg. (Milla, 2022).

Informe de resultados del estudio prospectivo para la determinación de OTA en café verde. (EP 02 19)

El objetivo primordial del análisis prospectivo realizado fue verificar los niveles de OTA en café verde en grano, café verde molido y en productos derivados como complementos basados en café verde, infusiones, entre otros. Aunque los datos obtenidos carecen de valores de consumo y no pueden ser actualmente utilizados en una evaluación de riesgo realista, resultan válidos para obtener información sobre la presencia de esta sustancia en preparación para futuras discusiones acerca del establecimiento de límites máximos en estas matrices o categorías de alimentos, en caso de que se consideren a nivel europeo. Los resultados derivados de las muestras proporcionadas por las Comunidades Autónomas, Sanidad Exterior y el Centro Nacional de Alimentación están resumidos en el Anexo I de este informe. La concentración promedio encontrada en el conjunto de las muestras fue de 0.032 g/kg, con un valor máximo de 0.02772 g/kg. De las 40 muestras sometidas a análisis en este ejercicio prospectivo, únicamente 17 de ellas mostraron valores cuantificables de OTA, es decir, por encima del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada. En las muestras de café verde molido analizadas, los contenidos de OTA siempre se mantuvieron por debajo de los límites de cuantificación de las técnicas empleadas. Sin embargo, en un 27% de las muestras de café verde en grano y en un 15% de las muestras correspondientes a suplementos a base de café verde, se detectaron valores cuantificables de OTA. (consumo, 2019)

Cuba

Implementación de una metodología por HPLC para la determinación de OTA en café tostado La OTA es una micotoxina con potencial cancerígeno que está presente en el café desde la etapa del fruto verde hasta la preparación de la bebida terminada, lo que hace que el consumo de este producto sea potencialmente perjudicial para la salud de los consumidores. Existen normas sanitarias que restringen su presencia en los alimentos debido a su demostrada alta toxicidad. Un equipo del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) ha desarrollado un método mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con detección basada en fluorescencia y purificación del compuesto mediante columnas de inmunoafinidad (IAC). Esto se debe a que no existen datos actualizados sobre la presencia de OTA en los alimentos en Cuba. El principal objetivo de esta iniciativa es evaluar la cantidad de OTA en el café tostado para garantizar la seguridad del producto tanto para uso nacional como internacional, así como proporcionar información que pueda servir como punto de partida para futuras evaluaciones de riesgos. En el contexto de este estudio, se examinaron 62 muestras de café tostado en total, tanto en su forma pura como mezclada. Los resultados mostraron que la micotoxina estaba presente en el 61,3 por ciento de estas muestras, con concentraciones que variaron de 0,02 a 3,24 g/kg. La concentración promedio de la toxina fue de 0,37 g/kg y las tasas de recuperación típicas del compuesto rondaron el 80,5 por ciento. La implementación y validación de la metodología analítica permitió cuantificar los niveles de micotoxinas en el producto. A pesar de que la toxina estaba presente en más de la mitad de las muestras examinadas, todas las concentraciones se mantuvieron por debajo de los límites superiores permitidos. (Carmen García Calzadilla, 2018).

México

Identificación de la diversidad microbiana de *coffea arabica* y *coffea canephora* en los diferentes métodos de cultivo y de procesamiento mediante secuenciación masiva de nueva generación y la prevalencia de OTA en café de Chiapas Se compraron 100 muestras de café de Chiapas para el ciclo 2017-18. Se clasificaron por variedad (Arábica o Robusta), tipo (tostado o no tostado), procesamiento postcosecha (seco o húmedo) y sistema de cultivo (orgánico o convencional), así como por su nivel de tostado. La OTA promedio en las 97 muestras examinadas fue de 0,41 a 0,62 g/kg. En el 52% de los casos no se encontró OTA y en el 45% de ellos la concentración era inferior al límite de 5 g/kg fijado por la norma europea (que oscila entre 0 y 3 puntos). Los valores de OTA sólo se desviaron de la norma en el 3% de las muestras. También se descubrió que la prevalencia de OTA en el café de Chiapas depende de la variedad, el procesamiento y el tipo del grano. (Ciencias Biológicas Y De La Salud et al., s.f.).

La variedad, el tostado, el procesamiento y el tipo de cultivo determinan los bajos niveles de OTA del café comercializado en el estado de Chiapas, México.

La OTA del café está relacionada con graves problemas de salud y pérdidas monetarias considerables. La mayor parte del café que se consume en México se produce en el estado de Chiapas, que representa el 41,3 por ciento de la producción total del país y ocupa el segundo lugar a nivel mundial en términos de producción de café orgánico. Debido al desconocimiento sobre el contenido de OTA en el café de Chiapas, en el ciclo 2017 se recolectaron y categorizaron 100 muestras de esta región según su variedad, tipo (tostado o sin tostar), procesamiento y cultivo. /2018.

En 97 de las muestras analizadas la concentración media de OTA fue de 0,41 g/kg. En el 52% de las muestras no se encontró OTA; en el 45% de las muestras la concentración osciló

entre 0 y 3,4 g/kg, situándose por debajo del límite de la normativa europea (5 g/kg); y sólo en un 3% de las muestras los valores de OTA superaron la normativa europea. Según el análisis estadístico, la prevalencia de OTA está influenciada por la variedad, el tipo y el procesamiento ($p < 0,05$). El café cultivado convencional y orgánicamente no mostró diferencias perceptibles. La concentración promedio de OTA en 14 muestras de café instantáneo producido localmente fue de 0,93 g/kg. El café instantáneo tiene mayor probabilidad de contener OTA que el café de Chiapas. Según estos hallazgos, el café Arábica tostado en húmedo y procesado tiene menos probabilidades de contener OTA que el café de Chiapas y tiene una prevalencia general más baja. (Aguilar-Álvarez y compañía, 2021).

Cuantificación de la presencia de OTA en muestras de cafés comercializados en Chiapas. En diversas localidades de Chiapas se recolectaron 112 muestras de café del ciclo cafetalero 2016-2017, entre café tostado y molido, café verde y café soluble de venta en mercados y tiendas. 86 del total de muestras analizadas fueron de café tostado y molido, con 75 muestras (o 87%) pertenecientes a la variedad Arábica y 11 muestras (o 13%) a la variedad Robusta. Se recolectaron 13 muestras de café verde, de las cuales 9 muestras (9%) fueron de la variedad Arábica y 4 muestras (4%) de la variedad Robusta. Lo mismo ocurre con 13 muestras de café soluble que se recolectaron y se les dio el nombre de "mezcla". La cantidad de OTA en cada muestra se determinó mediante HPLC-FL. El rango de niveles de OTA (en g/kg) fue muy variable, fluctuando entre 0 y 148,68 g/kg en promedio. El rango de los valores promedio para las muestras de café tostado y molido fue de 0 a 148,62 g/kg, y el valor promedio fue de 2,22 g/kg. La OTA promedio para muestras de café verde fue de 1,56 g/kg, con un rango de 0 a 10,277 g/kg. El valor promedio para las muestras de café soluble fue de 0,898 g/kg y los niveles oscilaron entre 0 y 2,37 g/kg. Los contenidos de OTA de las diversas muestras de café

examinadas mostraron en general un grado significativo de dispersión. (Eugenia Aguilar Álvarez y otros., 2019).

Ocurrencia de OTA en granos de café verdes y tostados del mercado saudí y una posible evaluación de la exposición.

En 28 muestras (tasa de detección del 13.5%), se halló la presencia de OTA en granos de café verde con una concentración promedio de 7.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Por otro lado, en café tostado, únicamente se detectaron cuatro muestras positivas (tasa de detección del 4.5%) con un valor medio de 0.034 g/kg. Se procedió a estimar la dosis diaria promedio (ADD) de OTA ingerida por la población saudí en tres escenarios distintos. En el peor de los casos, la ADD estimada (aproximadamente 0.373 g/kg de peso corporal/día) resultó ser inferior a la ingesta diaria tolerable provisional. (Yaser F. Almasoud, 2022)

Estudio de cepas de *Aspergillus* sección *Nigri* productoras de OTA asociadas a la producción de café (*Coffea arabica*).

Se recolectaron muestras de café (*Coffea arabica*) de las cosechas de 2015 y 2016 mediante cuatro métodos diferentes de procesamiento: fermentación mecánica, sumergida, seca y húmeda sin agua. Se utilizó el método de siembra directa para calcular el porcentaje de especies infectadas en el tramo *Nigri*. Se aislaron las cepas que presentaban los rasgos morfológicos de la sección de estudio y luego se evaluó su potencial para producir ocratoxina mediante el método Elisa. Las cepas con mayores niveles de producción de OTA se sometieron a caracterización molecular y sirvieron como marcadores. Para lograr esto, se extrajo el ADN de las muestras de café, se amplificó mediante la técnica de PCR, se creó el perfil DGGE y se realizó un análisis estadístico para determinar qué tan similares eran entre sí las diferentes especies de hongos en cada vía. enjuiciamiento.

Durante el proceso se descubrieron un total de 33 cepas, de las cuales cuatro (*A. carbonarius* y *A. (110,83-330,41 ng/g en el medio)*) mostraron una alta producción de OTA. El hecho de que el 72,7% de todas las cepas pudieran producir la micotoxina indica que las especies de la sección Nigri son la principal fuente de producción de OTA en el café mexicano. Solo las muestras de café verde almacenadas en la ruta de fermentación húmeda sin agua encontraron cepas oxigenadas de la sección Nigri, según los perfiles de la DGGE. Los procesos postcosecha tuvieron un impacto en el desarrollo de las especies de hongos en cada etapa, según un análisis estadístico de similitud de especies de (Nio Rodríguez, 2018).

Colombia

Aislamiento de hongos en las diferentes etapas del beneficio de café cultivado y comercializado en Toledo, Norte de Santander.

Para observar el crecimiento del hongo, los granos se sembraron en PDA (Agar Patata Dextrosa) y Agar Sabouraud, y luego se incubaron a 25°C durante tres días. *Aspergillus* spp. y otros géneros de hongos fueron reconocidos mediante análisis de muestras. y especies de *Penicillium*. y varias especies de *Fusarium*. Las diez muestras de diferentes etapas del procesamiento del café que fueron analizadas para detectar agentes fúngicos provinieron principalmente del género *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp. también diferentes especies de *Aspergillus*. Estos géneros son bien conocidos por producir OTA, lo que representa una amenaza para la seguridad del producto final. Los niveles de OTA fueron de 7,78 g/kg. Numerosos factores fisicoquímicos, incluidos el pH, los niveles de humedad y la actividad del agua (A_w), afectan la forma en que crecen los hongos. Algunas de estas cualidades, como el porcentaje de humedad y A_w , se vieron significativamente afectadas por los tratamientos por los que pasan los granos de café para producir el producto terminado. Mientras se procesaba el café, el pH siguió

siendo una variable independiente que no cambió significativamente (Liliana Contreras Rojas, 2015).

Determinación de OTA en café mediante el método ELISA y su relación con las propiedades físicas, fisicoquímicas y microbiológicas.

Se eligieron 8 muestras de café para el análisis en el estudio. Aunque la OTA estaba presente en todas las muestras, sólo dos de ellas tenían niveles superiores a los límites legales vigentes. Según las directrices establecidas por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), el valor máximo registrado fue de 15.449 g/Kg, o 31.449 por ciento de la ingesta diaria tolerable. Según el tipo de café, su presentación comercial, proceso industrial, contenido de OTA y contenido de ácido sórbico (SPA), las muestras de café pudieron agruparse armoniosamente mediante el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de conglomerados (CA). El porcentaje de extracción de solutos (porcentEY), sólidos solubles totales (porcentTDS), ácido sórbico (ASP), porosidad, densidad aparente (CBD) y humedad estuvieron entre las características físicas y fisicoquímicas del café que mostraron una correlación significativa y positiva ($p < 0,05$) con el contenido OTA. Según los hallazgos, los cafés colombianos se comercializan con distintos niveles de OTA, y los cafés solubles tienen contenidos más altos que los cafés tostados. Además, el 25% de las muestras examinadas no cumplieron con los estándares de contenido de OTA establecidos por la normativa colombiana. En conclusión, el contenido de OTA en el café está relacionado con diversas características que afectan la extracción de solutos durante el proceso de elaboración del café. Estos resultados enfatizan la necesidad de un estricto control de calidad durante la producción y comercialización del café para garantizar que los niveles de OTA estén dentro de los límites permitidos,

garantizando así la seguridad del producto para el consumo. (Robinson, Monsalve-Atencio, 2021).

Incidencia de OTA y aislamiento de hongos con potencial ocratoxigénico en las etapas de beneficio de café (*coffea arabica*) producido en Toledo, Norte de Santander.

En el municipio de Toledo, ubicado en el departamento de Norte de Santander en las coordenadas 7°18'37"N 72°28'59"W y a una altitud de 1642 metros sobre el nivel del mar, se presentaron 60 muestras de café de diversas producciones. Se reunieron etapas para el estudio. Cada etapa de producción recibió 15 muestras en total, distribuidas entre las muestras. Las muestras para la etapa de cereza de café se tomaron directamente de los arbustos y estaban compuestas por aproximadamente 400 g cada una de cerezas de café maduras y verdes. Para la etapa de café pergamino se tomaron muestras de los desecadores cubiertos y al aire libre, así como de las bodegas de almacenamiento, también con alrededor de 400 g. Se obtuvieron muestras de café tostado y molido de diversas empresas tostadoras ubicadas en el municipio. Los hallazgos del análisis revelaron una alta incidencia de OTA en el café producido en Toledo en todas las etapas de procesamiento, con un valor de 96 puntos 3 por ciento para todas las muestras. Para el café cereza y pergamino se encontraron valores de incidencia del 93,3% en cada etapa de procesamiento, mientras que los valores de incidencia del café molido y tostado fueron del 100%. Treinta y una (51,6%) de las 60 muestras de café examinadas superaron el límite de OTA de 5 g/Kg.

En cada etapa del procesamiento del café se observaron concentraciones superiores al límite especificado. Seis muestras en la etapa de cereza de la producción de café, ocho en la etapa de pergamino, seis en la etapa de tostado y once en la etapa de molienda de la producción superaron el límite. Estos números representan los porcentajes 40, 53, 40 y 73, respectivamente.

Los hallazgos de este estudio muestran que se descubrió contaminación por OTA en todas las etapas del procesamiento del café producido y comercializado en Toledo, Norte de Santander, con concentraciones promedio que oscilan entre 4 y 6 g/kg (MÓJICA, 2018).

Determinación de las condiciones de proceso para el aseguramiento de una de las variables críticas de calidad en el café industrializado: el caso del contenido de OTA

Según los hallazgos experimentales, una combinación de una temperatura de 235° C y una intensidad del 50% da como resultado el mayor porcentaje de eliminación de OTA en las muestras de café ya tostado. Estas condiciones se aplicaron a muestras de café verde (consumo o pasilla) con un contenido inicial de OTA no mayor a 30 g/Kg. El nivel máximo permitido de OTA marcado por la normativa nacional e internacional se alcanza simulando estas condiciones de tueste a escala de laboratorio. Esta variable de calidad en el café soluble está controlada.

Los resultados de la fase exploratoria son consistentes con los hallazgos del estudio de Oliveira et al. (2013), quienes plantearon la hipótesis de que se produce un porcentaje de reducción de OTA de 97.17.17 a 224° C (intensidad de tostado oscuro) con un tamaño de partícula grueso. De manera similar al efecto de la variable Intens, los efectos diferenciadores de las variables CalMGP y Temp sobre la variable de respuesta también son consistentes (Helga y Bermeo 2018).

Brasil

Ocratoxina A en café instantáneo brasileño. El objetivo de este estudio fue identificar los niveles de OTA en 82 muestras de café soluble de tres a cuatro lotes vendidos en la ciudad brasileña de Sao Paulo entre agosto y diciembre de 2004. El método EN 14133/2003, creado originalmente para medir esta micotoxina en muestras de vino, jugo de uva y cerveza, fue modificado y aprobado para su uso en análisis de muestras de café soluble. El procedimiento

implicó aislar OTA con una columna de inmutafinidad y luego cuantificarla con HPLC y detección de fluorescencia. El método tenía como límites de detección y cuantificación 0,16 y 0,52 ng/g. También se obtuvieron porcentajes de recuperación promedio de 92.6 por ciento para concentraciones de 3 g/Kg, 83.7 por ciento para 5 g/Kg y 91.0 por ciento para 8 g/Kg, con coeficientes de variación de 1.7 para 3 g/Kg, 0.8 y 1.2. por 8 g/Kg.

Se encontró OTA en 81 muestras (98,8%) de las 82 muestras de café soluble después del análisis, con concentraciones que variaron de 0 a 629 g/Kg. Estos resultados muestran que la OTA estuvo significativamente presente en el café soluble vendido en São Paulo durante el tiempo que se investigó (Almeida et al., 2007).

Encuesta sobre la OTA en café verde brasileño destinado a la exportación.

La investigación actual se propuso analizar la posible relación entre granos defectuosos y los niveles de OTA en 37 muestras de café verde brasileño destinado exclusivamente a la exportación. Los resultados demostraron que la concentración promedio de OTA varió entre 3,2 g/Kg y 6,24 g/Kg, con un límite de detección establecido en 0,16 g/Kg. En cuanto a la asociación entre defectos y OTA, de las cinco muestras examinadas se encontraron niveles de toxinas entre 0,22 y 0,80 g/Kg en granos sanos, con un promedio de 0,46 g/Kg; sin embargo, los niveles estuvieron entre 0,42 y 17,46 g/Kg en granos defectuosos, con un promedio de 4,52 g/Kg. Además, la microscopía óptica reveló diferencias morfológicas entre granos sanos y defectuosos, y los granos defectuosos mostraron una mayor susceptibilidad a la invasión de hongos. Sin embargo, sólo un grano (de color negro) de los 15 examinados con microscopía electrónica de barrido (SEM) reveló la presencia de hongos y esporas. En conclusión, los hallazgos de esta investigación muestran que el café verde destinado a la exportación se encuentra dentro de los

límites de la OTA, lo que indica que el producto cumple con los estándares de seguridad aceptados. (Gollücke et al., 2004).

Hongos ocratoxigénicos asociados con granos de café verde (*Coffea arabica* L.) en cultivo convencional y orgánico en Brasil.

En el estudio mencionado, se analizaron diversas muestras y se encontró que el 100% de ellas estaban contaminadas por hongos filamentosos, mientras que aproximadamente el 50% presentaba contaminación por levaduras. El gen principal identificado en esta investigación también ha sido previamente reportado en granos de café en estudios realizados en Brasil y otros países, según Joosten et al. (2001), Pardo et al. (2004), Bokhari (2007), Leong et al. (2007), Silva et al. (2008), Batista et al. (2009) y Vilela et al. (2010). Se observó que, al analizar las muestras sin desinfectar previamente, el género *Aspergillus* estaba presente en aproximadamente el 62.3% de ellas. Estudios previos también han identificado al género *Aspergillus* como predominante en granos de café en diferentes ubicaciones, como Arabia Saudita y Brasil, de acuerdo con los informes de Pardo et al. (2004) y Bokhari (2007). Es importante destacar que la producción de OTA por parte del género *Aspergillus* puede variar debido a diversos factores ambientales. Esto sugiere que la síntesis de la OTA depende de una compleja interacción entre los factores ambientales y el crecimiento del hongo. Además, la incapacidad de producir OTA en ciertas condiciones no implica que el hongo carezca de la capacidad general para producir esta micotoxina, ya que los factores ambientales pueden regular la expresión de los genes y enzimas involucrados en su producción. Es relevante destacar que la producción de micotoxinas no es esencial para la supervivencia del microorganismo en cuestión. (Rezende et al., 2013)

Aislamiento de hongos asociados a granos de café cv. Iapar 59 de origen del suelo y del árbol en diferentes momentos de cosecha.

Brasil viene perdiendo espacio en el mercado internacional debido al empeoramiento de la calidad del café. Las sustancias tóxicas que liberan los hongos, además de alterar la calidad de la bebida, también pueden ser perjudiciales para la salud de los consumidores. El presente trabajo tuvo como objetivo el aislamiento de hongos a partir de granos de café de la variedad IAPAR 59, relacionándolos con la calidad de la bebida. Los granos del árbol y del suelo se cosecharon en diferentes momentos (0, 30, 60, 90 y 120 días). El aislamiento fúngico se realizó mediante el método de placa de vertido y se utilizaron Microcultivo y Microscopía electrónica de barrido (SEM) para identificar los hongos. Hubo una diferencia significativa en el número absoluto de hongos encontrados en los granos de los árboles (5393) en relación con los granos recolectados en el suelo (1523). Se identificaron siete géneros: *Absidia*, *Acremonium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Paecilomyces* y *Penicillium*. Se encontraron niveles elevados OTA en algunas muestras de café. La bebida perdía su calidad debido al tiempo que los granos permanecían en el árbol y en el suelo, por lo que para obtener una bebida de mejor calidad se debe evitar la permanencia prolongada de los granos en sus lugares de origen. (Angela BozzaI, y otros, 2009)

Evaluación de la contaminación por OTA en muestras de café tostado comercializadas en Brasil.

Las micotoxinas, principalmente la OTA, tienen el potencial de contaminar el café. Dado que la OTA está clasificada por la IARC como probable carcinógeno humano y también tiene propiedades inmunosupresoras, teratogénicas y nefrotóxicas, representa un riesgo para la salud de los consumidores. El objetivo de este estudio es evaluar el nivel de contaminación por OTA en el café tostado vendido en varios estados brasileños entre agosto de 2013 y diciembre de 2014. Utilizando una técnica de cromatografía líquida de alta velocidad, se determinó la concentración de OTA. Sensibilidad de un detector de fluorescencia. con limpieza de columna de

inmunoafinidad del extracto de muestra. Los límites de detección fueron 0,3 g/kg-1 y los límites de cuantificación fueron 0,5 g/kg-1. Para concentraciones entre 0 y 10 g/kg-1, la recuperación del método osciló entre 78 y 94 por ciento. 41 (73%) de las 56 muestras en total examinadas estaban contaminadas. Sólo una muestra reveló una concentración de OTA superior a la permitida por la ley brasileña, según el N° RDC. La concentración de contaminación osciló entre 0,54 y 11,97 g kg-1. El 7 de febrero (LMT = 10ppb), se pudo detectar un aumento en la contaminación del café. (Fundado Oswaldo Cruz y Medina. Instituto Nacional de Control de Calidad en Medicina. Programa de Postgrado en Vigilancia de la Salud. Río de Janeiro en 2015).

Determinación de pesticidas y OTA en café arábica bajo diferentes niveles de tueste

El estudio tuvo como objetivo rastrear la presencia de pesticidas y OTA en muestras de café arábica comunes (con diferentes contenidos de granos defectuosos) y sometidas a diferentes niveles de tostado. Se analizaron los pesticidas utilizando el método multirresiduos y espectrometría de masas secuencial, mientras que la OTA fue evaluada mediante cromatografía líquida de alta resolución con preparación de muestras por fluorescencia e inmunoafinidad.

Los resultados mostraron que seis de las muestras analizadas contenían tres residuos de plaguicidas: flutriafol, imidacloprid y diazinón, los cuales se encontraron únicamente hasta el tostado medio, con niveles que oscilaron entre 0.02 y 0.01 µg/kg. En cuanto a la OTA, los niveles detectados variaron entre 0.8 y 0.01 µg/kg. Cabe mencionar que ninguno de los contaminantes encontrados superó el Límite Máximo de Residuos establecido por la Unión Europea para el café tostado. (Rosa, 2019)

Evaluación de OTA en café canephora producido en Rondônia y Espírito Santo

El objetivo del estudio fue identificar la OTA en muestras de café verde de canephora recolectadas en los estados de Rondônia (N = 96) y Espírito Santo (N = 23). Se realizaron

análisis de OTA utilizando columnas de inmunoafinidad y cromatografía líquida de alto rendimiento con detección de fluorescencia (HPLC/DFL). Se encontró el noventa y tres por ciento de las 106 muestras de café verde que fueron examinadas para detectar la presencia de OTA. La alta incidencia de esta micotoxina en las muestras positivas osciló en concentración de 0 a 84 g/Kg, y el nivel promedio de OTA en estas muestras fue de 6 g/Kg. Debido al consumo frecuente y prolongado de café por parte de la población brasileña, la contaminación por OTA en muestras de ambos estados puede representar una vía de exposición de los consumidores a esta micotoxina. Para disminuir la cantidad de esta micotoxina en el café se recomienda implementar estrategias de mitigación. (Castro y *cía.*, 2015).

Incidencia de ocratoxina A en café tostado y molido y en café soluble consumido en la ciudad de Belo Horizonte, MG.

El rango de OTA en el café soluble fue de 0 punto31 a 1 punto78 g/Kg, con un promedio entre valores positivos de 0 punto73 g/Kg. Se encontró que los niveles de OTA en el café soluble oscilaban entre 0,2 y 6,5 ng/kg, con un promedio de 1 ng/kg, según Pittet, que examinó 75 de las 101 muestras de varios países. En 64 de las 80 muestras de café soluble analizadas en Inglaterra, Patel encontró concentraciones de OTA entre 0 y 8 microgramos por kilogramo. El rango de OTA detectado por el análisis de STEGEN de 149 muestras de café instantáneo de varias naciones europeas fue ND-27,2 g/Kg, con un promedio de 1,0 g/Kg. En comparación con los resultados reportados en la literatura, se ve que los niveles de OTA en muestras de café soluble producido y consumido en Brasil son relativamente más bajos, lo que indica que las industrias han implementado procedimientos para controlar la calidad del café. Materias primas empleadas. (Guilherme Prado).

Estándar de un método analítico para cuantificar la OTA en granos de café verde mediante cromatografía líquida de alta eficiencia.

Actualmente, Brasil es el mayor productor y exportador de café del mundo, así como el segundo consumidor. Las investigaciones encaminadas a mejorar y observar la calidad del producto terminado se han visto influenciadas por la importancia de garantizar la seguridad alimentaria para los consumidores. Por el contrario, el café es especialmente propenso a la contaminación por hongos, lo que puede dar lugar a la producción de micotoxinas y, por tanto, suponer una amenaza para la salud humana y animal.

El principal objetivo del estudio fue estandarizar un método cromatográfico para evaluar y cuantificar la presencia de OTA en una colección de 13 muestras de granos de café verdes que se encontraban en instalaciones de almacenamiento. Las muestras se trituraron antes de extraer el analito utilizando una solución hecha de metanol y bicarbonato de sodio al 3 por ciento en una proporción de 1:1 (v/v). Mediante un cromatógrafo líquido de alta eficiencia se cuantificó la OTA. Entre los parámetros que se evaluaron para validar el método se encontraban la selectividad, linealidad, precisión, límites de detección y límites de cuantificación.

Los hallazgos demostraron que el método se destacó por su robustez en relación con los parámetros evaluados. En este contexto, es fundamental resaltar que sólo una de las muestras examinadas presentó valores superiores al límite legal establecido, específicamente una concentración de 75,19 g/kg. El estudio encontró que el almacenamiento de granos de café verde en instalaciones de almacenamiento era en general una buena práctica. 12 de las 13 muestras analizadas presentaban niveles bajos de OTA y aún se encontraban dentro de los límites legales. Como resultado, se demuestra que la técnica empleada y la gestión de almacenamiento ayudan a

garantizar la seguridad alimentaria evitando la presencia de contaminación significativa por micotoxinas. (Santiago, 2020).

Panamá

Niveles de Ocratoxina A y Aflatoxinas totales en cafés de exportación de Panamá por un método de ELISA.

Se realizó un análisis de 21 muestras de café procesado (grano verde) en un estudio que se realizó en la zona occidental de Panamá, específicamente en 15 beneficios dedicados específicamente al procesamiento de café para exportación. Estas muestras fueron examinadas microbiológicamente y se midieron las aflatoxinas totales (B1, B2, G1 y G2) y la OTA mediante la técnica de inmunoafinidad ELISA. Según los resultados, la OTA estaba presente en cuatro de las 21 muestras (o el 19 por ciento), con concentraciones que oscilaban entre 4 y 37 g/kg. Se encontró que sólo tres de estas muestras excedían el límite superior establecido por la Unión Europea, lo que equivale a una concentración de 0,829 g/kg en la muestra. Estos hallazgos subrayan lo crucial que es regular los niveles de OTA durante la fase de procesamiento del café de exportación para cumplir con los estándares internacionales y garantizar la calidad y seguridad del producto final. (Franco et al., 2014).

Guatemala

Determinación del nivel de contaminación por OTA, en café (*coffea arábica* l.) tostado y molido, elaborado con cafés inferiores procesados en el municipio de acatenango, departamento de Chimaltenango

Se utilizó tecnología para viabilizar el estudio que se realizó para determinar el nivel de contaminación por OTA en café tostado y molido elaborado a partir de granos de café obtenidos en el municipio de Acatenango durante la cosecha 2011/2012. se realizó en un laboratorio e

involucró alimentos. En la primera de las tres fases del estudio, se realizó trabajo de campo para recolectar muestras de café de 30 fincas de la zona y se describió la infraestructura de secado de cada finca. El segundo paso implicó mezclar, tostar y moler las muestras individuales de café de cada finca antes de enviar 100 gramos de cada muestra al laboratorio para su análisis ELISA. La tercera etapa confirmó que todas las muestras resultaron positivas a micotoxinas, con una media aritmética de 16,8 g/Kg y variaciones entre 8 y 61,4 g/Kg. La hipótesis propuesta fue rechazada en el análisis de los resultados mediante una prueba de hipótesis, demostrando que la concentración de OTA fue superior al umbral de 5 g/Kg. Estos resultados subrayan lo crucial que es regular y vigilar la contaminación por micotoxinas en el café tostado y molido para mantener la calidad y seguridad del producto (Colorado, 2013).

El Salvador

Determinación de ocratoxina A (OTA) en café instantáneo por ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA)

La micotoxina OTA, producida por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, se ha relacionado con una serie de resultados nocivos para la salud, que incluyen daño renal y hepático, teratogénesis, inmunosupresión y quizás incluso carcinogenicidad. Esta sustancia puede actuar como contaminante cuando se trata de café, y se ha observado que el café instantáneo tiende a tener una concentración más alta que el café tostado y molido. En el análisis se utilizó un ensayo enzimático inmunoabsorbente competitivo para determinar el nivel de esta micotoxina en muestras de café instantáneo. Elegimos seis marcas de café instantáneo, recolectamos 18 muestras y realizamos dos análisis en cada muestra, para un total de 36 análisis. Los resultados mostraron que ninguna de las muestras superó el límite superior de 10 g/Kg de OTA en café instantáneo, el cual fue determinado mediante un lector de microplacas en el

laboratorio de análisis bromatológicos de la Universidad de El Salvador. Las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección del método, que es 1 g/Kg. Se recomienda tener en cuenta también el análisis de otros potenciales contaminantes del café instantáneo para tener un panorama completo de su calidad y seguridad alimentaria en el país, aunque estos resultados son alentadores en términos del cumplimiento de los estándares establecidos. (García Villalobos, 2019).

Costa Rica

Determinación de OTA en plasma humano y en café de Costa Rica por un método de ELISA

Según los hallazgos de este estudio, donde el 95 por ciento de las 149 muestras examinadas dieron positivo a la presencia de esta micotoxina, la OTA se encontró en muestras de plasma con alta prevalencia en Costa Rica. De manera similar, se realizó un análisis de 110 muestras de diversas marcas de café tostado y molido provenientes de 7 supermercados y las 12 tiendas de abarrotes más importantes del país. La única muestra de café que produjo resultados negativos fueron las otras muestras de café, que contenían trazas de micotoxina, aunque en cantidades inferiores a 4 g/kg. Se intentó determinar si existía una relación entre el consumo de café y la presencia de OTA en el plasma humano, así como entre el consumo de cerveza y esta micotoxina. Pero ni los valores promedio de micotoxinas entre quienes bebían café y quienes no, ni entre quienes bebían cerveza y quienes no, fueron estadísticamente diferentes entre sí, según los análisis. (Eugenia María Quintana Guzmán 2007).

Chile

Presencia de OTA en cafés tostados e instantáneos en el mercado chileno En particular, el café tostado y el instantáneo son el foco de la discusión del informe sobre la contaminación por OTA en los productos alimenticios chilenos. Se optimizaron las condiciones cromatográficas y se utilizaron columnas de inmutafinidad para los análisis. La validación del método se completó de acuerdo con estándares internacionales, y la curva de calibración, repetibilidad y recuperación arrojaron resultados satisfactorios. Se descubrió una alta incidencia de contaminación por OTA en las 63 muestras de café analizadas (24 tostadas y 39 instantáneas). Un rango medio de 0,30 a 0,84 g/kg para los niveles de OTA en el café tostado indica que estos niveles son bajos. Los niveles en las muestras de café instantáneo, por otro lado, fueron significativamente más altos, oscilando entre 0,28 y 5,58 g/kg y alcanzando un máximo de 7,25 g/kg. Estos cafés tienen una ingesta diaria estimada de OTA baja que está por debajo del límite aceptable. En Chile, los cafés tostados e instantáneos suelen constituir una pequeña porción de la ingesta diaria de OTA (Óscar Galarce-Bustos de 2014).

Conclusiones

La ocratoxina A (OTA) es una micotoxina producida por algunos hongos que pueden contaminar el café y otros alimentos, representando un riesgo para la salud de los consumidores. Por esta razón, es fundamental abordar la presencia de OTA en el café a lo largo de todo el proceso de producción, desde la cosecha hasta el procesamiento y almacenamiento. En este sentido, se deben adoptar medidas preventivas desde el inicio del ciclo productivo, enfatizando la recolección de granos en su punto máximo de madurez y la precaución contra la selección de arbustos dañados por plagas o enfermedades que puedan favorecer el crecimiento de hongos.

Asimismo, se debe controlar rigurosamente el contenido de humedad durante el secado, ya que este es un factor determinante para la proliferación de hongos y la producción de OTA. Además, se debe prestar atención al procesamiento del grano contaminado, evitando su mezcla con granos sanos y aplicando métodos de limpieza y descontaminación adecuados. Estas recomendaciones sugieren la importancia de implementar prácticas cuidadosas en todas las etapas del proceso para mantener la calidad del café dentro de los límites permitidos por las regulaciones nacionales e internacionales.

Otra estrategia de combate contra la presencia de OTA en el café es la difusión de información sobre los efectos del consumo de esta micotoxina en humanos y animales. Estos efectos pueden incluir daños renales, hepáticos, inmunológicos y neurológicos, así como un potencial efecto cancerígeno. La concientización puede ser una herramienta efectiva para motivar la adopción de medidas preventivas y de control tanto por parte de los productores como de los consumidores, quienes deben exigir un producto seguro y de calidad. La inclusión de esta estrategia en todas las etapas del proceso de producción resalta la necesidad de un enfoque integral en la gestión de la presencia de OTA.

Es posible afirmar que, las conclusiones subrayan la importancia de la planificación cuidadosa y la implementación de medidas preventivas a lo largo de cada fase del proceso de producción de café para garantizar la calidad y seguridad del producto final, cumpliendo con los estándares y regulaciones establecidos. Así, se contribuye a proteger la salud de los consumidores y a preservar el prestigio del café como una bebida apreciada en todo el mundo.

Discusiones y recomendaciones

Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar la presencia de ocratoxina A en diferentes etapas de la cadena de producción del café. Esto permitirá identificar puntos críticos y aplicar medidas preventivas, analizar la variabilidad estacional y geográfica de la contaminación para desarrollar estrategias específicas

Investigar cómo la variabilidad climática y las prácticas agrícolas afectan la susceptibilidad del café a la contaminación por ocratoxina A. Desarrollar prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan el riesgo de contaminación.

Investigar nuevas tecnologías de detección, como biosensores y técnicas moleculares, para mejorar la sensibilidad y especificidad en la identificación de ocratoxina A. Validar estos métodos en condiciones reales de producción.

Promover la implementación de normativas y prácticas agrícolas que limiten la presencia de ocratoxina A en el café. Establecer estándares de calidad y seguridad alimentaria para proteger la salud de los consumidores.

Evaluar la efectividad de las normativas actuales y proponer mejoras basadas en evidencia científica. Colaborar con la industria y los agricultores para garantizar la aplicación efectiva de estas regulaciones.

Estas recomendaciones y áreas de investigación futura abordan diferentes aspectos de la problemática de la ocratoxina A en el café, desde la producción hasta la detección y la regulación

Referencias

- A., L. d. (2003). Ocratoxina A: Exposición en España y nuevos aspectos sobre su toxicidad. En *Rev Toxicol* (págs. 20: 72-3).
- Aguilar-Alvarez, M. E.-C.-G.-R.-S. (2021). The variety, roasting, processing, and type of cultivation determine the low OTA levels of commercialized coffee in Chiapas State, Mexico. En *Food Control* (pág. 126).
- Almeida, A. P., Alaburda, J., Shundo, L., Ruvieri, V., Sandra A. Navas, L. C., & Sabino I, M. (2007). Ochratoxin A in brazilian instant coffee. Sao paulo : nstituto Adolfo Lutz, Seção de Química Biológica.
- Angela Bozza I, *, Tralamazza I, S. M., Reynaud II, D. T., Gabardo III, J., Valaski III, J. C., Marangoni I, P. R., & Pimentel, I. C. (2009). Isolamento de fungos associados a grãos de café cv. Iapar 59 de origem de solo e árvore em diferentes tempos de colheita. Lapa: Centro Universitário Campos Andrade.
- Belli N, M. S. (2004). Ochratoxin A in wines, musts and grapes juices from Spain. . En *J Scien Food Agric* (págs. 84: 541-546.).
- Blanco R, P. M. (2007). Detección de Ocratoxina A en higos secos utilizando el anticuerpo MAP1 y una técnica de ELISA competitivo. En *Rev Complut Cienc Vet* (págs. 1 (2): 246-252.).
- Bragulat, C. (2018). aislamiento de hongos en las diferentes etapas del beneficio de café cultivado y comercializado en toledo, Norte de Santander.
- Cabañes, F. J. (2018). Black aspergilli and ochratoxin A-producing species in foods. En *Current Opinion in Food Science* (págs. 23, 1–10).
- Café., O. I. (2006-2007). Annual review. 222 Gray's Inn Road, . Londres Wc1x 8hb.
- Carmen García Calzadilla, G. G.-T. (2018). Implementación de una metodología por HPLC para la determinación de Ocratoxina. Cuba: Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología.

- Castro, I. M., Freitas-Silva, O., Teixeira, A. d., Souza, M. d., Pinheiro, E. F., Rocha, J. F., & Alves, E. A. (2015). Avaliação de ocratoxina a em café canéfora produzido em Rondônia e Espírito Santo. Rondônia e Espírito Santo: SBI cafe.
- consumo, M. d. (2019). Informe de resultados del estudio prospectivo para.
- Contreras Rojas, L. (2015). Aislamiento de hongos en las diferentes etapas del beneficio de café cultivado y comercializado en Toledo, Norte de Santander. *Ciência y Tecnología Alimentaria*.
- Contreras-Calderón, J. M.-D.-C.-R.-R.-N.-P.-C. (2016). Evaluation of antioxidant capacity in coffees marketed in Colombia: Relationship with the extent of non-enzymatic browning. En *Food Chemistry*, (págs. 209, 162–170.).
- Corado, E. F. (2013). UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Mazatenango, Suchitepéquez.
- De Almeida, A. P. (2007). Ochratoxin A in brazilian instant coffee. . En *Brazilian Journal of Microbiology*, (págs. 38(2), 300–303).
- Díaz Rodríguez, A. M., & Jaimes, I. S. (2018). Relación entre las buenas prácticas de higiene y la ocurrencia de ocratoxina A en café (*Coffea arabica* L.) orgánico de las principales zonas cafetaleras del Perú. En *Scientia Agropecuaria*, ISSN-e 2077-9917, Vol. 9, No. 2 (Abril - Junio), (págs. 177-187, 9(2), 177–187.).
- Dohnal, V. D. (2013). A comparison of ELISA and HPLC methods for determination of ochratoxin A in human blood serum in the Czech Republic. En *Food and Chemical Toxicology* (págs. 62, 427–431.).
- Eugenia María Quintana Guzmán, F. A. (2007). Determinación de ocratoxina A en plasma humano y en café de Costa Rica por un método de ELISA. San Jose: Archivos latinoamericanos de nutricion.
- Fadlalla, M. H. (2020). Development of ELISA and Lateral Flow Immunoassays for Ochratoxins (OTA and OTB) Detection Based on Monoclonal Antibody. En *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, (pág. 10).

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Producción anual de café de Colombia cierra 2022 en 11,1 millones de sacos. . (2023). Obtenido de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sac>
- Federación Nacional de Cafeteros. . (s.f.). Obtenido de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/>
- Folstar P. Lipids. In: Clarke RJ, M. R. (1985). Coffee. Vol 1. En Chemistry. (págs. 203-222). London.
- Franco, H. V. (2014). Niveles de Ocratoxina A y Aflatoxinas totales en cafés. . En Archivos Latinoamericanos de Nutrición (págs. 64(1), 42–49).
- Gollücke, A. P. (2004). Survey on ochratoxin A in Brazilian green coffee destined for exports. En Food Science and Technology (págs. 24(4), 641–645).
- Gómez Ayala, A. (2007). Alimentos y micotoxinas. En Farmacia Profesional (págs. 21(8), 49-53).
- González Villalobos, R. E. (2019). Determinación de ocratoxina A (OTA) en café instantáneo por ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA). El salvador : Universidad de El Salvador.
- Guilherme Prado², *. M. (2000). Incidencia de ocratoxina A en café tostado y molido y en café soluble consumido en la ciudad de Belo Horizonte, MG. Belo horizonte: Food Sci.
- Helga, D. I. (2018). Determinación de las condiciones de proceso para el aseguramiento de una de las variables críticas de calidad en el café industrializado: El caso del contenido de ocratoxina A.
- K., J. (1998). Survey of pork, poultry, coffee, beer, and pulses for Ochratoxin A. En Food Addit Contam (págs. 15: 550-4.).
- Koch M, S. S. (1996). Bestimmung von Ochratoxin A in Röstkaffe. En Deut Lebensm-Rundsch (págs. 92: 48-51.).
- Kulahi, A. &. (2020). A preliminary assessment of dietary exposure of ochratoxin A in Central Anatolia Region, Turkey. En Mycotoxin Research (págs. 36(3), 327–337).

- Legarda TMa, B. P. (1998). Ocratoxina A en muestras de café comercializado en España. En *Alimentaria* (págs. 35: 31-5).
- Leitão, A. L. (2019). Occurrence of ochratoxin a in coffee. En *Threads and solutions—A mini-review. Beverages* (pág. 5(2)).
- Leoni LA, S. L. (2000). La Ocratoxina A en cafés tostados e instantáneos de Brasil. En *Food Addit Contam* (págs. 17 (10): 867-70.).
- Liliana Contreras Rojas, A. C. (2015). AISLAMIENTO DE HONGOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ CULTIVADO Y COMERCIALIZADO EN TOLEDO, NORTE DE SANTANDER. *Ciencia y tecnología alimentaria* .
- López de Cerain A, J. A. (2000). Efectos tóxicos de la Ocratoxina. En *Rev Toxicol* (págs. 17: 61-69).
- Maciej Serda, B. F. (2013). Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. En *Uniwersytet Śląski* (págs. 7(1), 343–354).
- Majerus P, C. I.-D. (1993). Zur Belastungssituation von Ochratoxin A in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprung. En *Deut Lebensm-Rundsch* (págs. 89: 112-4).
- María Eugenia Aguilar Álvarez, e. a. (s.f.). identificación de la diversidad microbiana de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en los diferentes métodos de cultivo y de procesamiento mediante secuenciación masiva de nueva generación y la prevalencia de ocratoxina A en café de Chiapas. Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Mariel China, M. d. (12 de 2022). ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157522003957>
- Martins ML, M. H. (2003). La incidencia de la microflora y de Ocratoxina A en los granos de café verde (*Coffea arabica*). En *Food Addit Contam* (págs. 20 (12): 1127-31).
- Medina B, F. O. (2015). Avaliação da contaminação por Ocratoxina A em amostras de café torrado comercializadas no Brasil. Rio de Janeiro R: Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde.

- Milla. (2022). Perú - Evaluando Ocratoxina A en Coffea arabica L. (café verde y tostado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Dirección General de Estudios de Posgrado.
- MOJICA, H. L. (2018). INCIDENCIA DE OCRATOXINA A Y AISLAMIENTO DE HONGOS CON. Norte de Santander: Universidad de Pamplona.
- Monaci L, P. F. (2004). Determination of Ochratoxin A in foods: state-of-the-art and analytical challenges. En *Anal Bioanal Chem* (págs. 378: 96-103).
- Monsalve-Atencio, R. S.-C.-R.-A.-C.-R. (2021). Determination of ochratoxin a in coffee by ELISA method and its relationship with the physical, physicochemical, and microbiological properties. En *Vitae* (pág. 28(2)).
- Niño Rodríguez, J. (2018). Estudio de cepas de *Aspergillus* sección *Nigri* productoras de Ocratoxina A (OTA) asociadas a la producción de café (*Coffea arabica*). Veracruz: Tecnológico Nacional de México.
- ORGANIZATION, I. C. (2006-2007). ANNUAL REVIEW. 222 Gray's Inn Road, Londres WC1X 8HB: Organización Internacional del Café.
- Oscar Galarce-Bustos, M. A. (14 de 05 de 2014). Science Direct. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713514002606>
- Pazmiño-Arteaga, J. D. (2019). Accelerated stability test in green coffee: A sensory approach. En *Revista Lasallista de Investigacion* (págs. 16(1), 93–102).
- Petal S, H. C. (1997). Survey of Ochratoxin A in UK retail coffees. En *Food Addit Contam* (págs. 14: 217-22.).
- Pittet A, T. D. (1996). Liquid chromatographic determination of Ochratoxin A in pure and adulterated soluble coffee using an immunoaffinty column cleanup procedure. En *J Agric Food Chem* (págs. 44 (11): 3564-9.).
- PR., C. (s.f.). *Natural toxicants in feeds, forages, and poisonous plants*. Interstate Publishers. Inc. Dinaville, IL.

- Quintana EM, A. F. (2007). Determinación de Ocratoxina A en plasma humano y en café de Costa Rica por un método ELISA. En ALAN (págs. 2 (57): 168-72).
- R., V. (1988). Physiologically active substances in coffee. In: Clarke RJ, Macrae R, Eds. Coffee. Vol 3. En Physiology (págs. 1-31). London: Elsevier.
- R., V. (1991). The composition of coffee. In: caffeine, coffee, and health. En S. Garatini (págs. 17-41). New York: Raven Press, Ltd.
- Rezende, E. d. (2013). Ochratoxigenic fungi associated with green coffee beans (*Coffea arabica* L.) in conventional and organic cultivation in Brazil. En Brazilian Journal of Microbiology (págs. 44(2), 377–384).
- Robinson Monsalve-Atencio, K. S.-C.-R. (2021). Determinación de ocratoxina a en café mediante método ELISA y su. Science, Engineering and Technology.
- Robinson Monsalve-Atencio, K. S.-C.-R. (2021). Determinación de ocratoxina a en café mediante método ELISA y su. En Science, Engineering and Technology.
- Rojas, L. C. (2015). Aislamiento De Hongos En Las Diferentes Etapas Del Beneficio De Café Cultivado Y Comercializado En Toledo, Norte De Santander. En @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria (págs. 13(2), 96).
- Rosa, J. S.-S. (2019). Determinação de agrotóxicos e ocratoxina A em café arábica sob diferentes níveis de torrefação. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos.
- RS, E. (2001). Historia del café. en: El mundo del café. Barcelona: Ultramar.
- Santiago, W. D. (2020). beans by high performance liquid chromatography Cuantificación de ocratoxina A en granos verdes de café mediante cromatografía líquida. Brasil: Universidade Federal de Lavras.
- Scopus. (2023). Scopus. Obtenido de Document details - Micotoxigenic fungi and ochratoxin a in coffee fruits with prolonged stay on the tree and on the soil in the Brazilian Cerrado: <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-77649173138&origin=resultslist&sort=plf->

f&src=s&st1=Ocratoxina&st2=cafe&searchTerms=Brazil%3f%21%22*%24&Sid=Fcbc0e42f3a29f8847912513e6c8749f&Sot=B&Sdt=B&Sl=77&S=%28TITLE-AB

- Stegen GVD, J. U. (1997). Screening of European coffee final products for occurrence of Ochratoxin A (OTA). En *Food Addit Contam* (págs. 14: 211-6.).
- Van der Merwe KJ, S. P. (1965). Ochratoxin A, a toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus*. En *Nature* (págs. 205: 1112-3).
- Vieira, T. C. (2015). Analysis of the Mycotoxin Ochratoxin A in Coffee . En *Coffee in Health and Disease Prevention* (págs. 1023-1031).
- Vieira, T. C. (2015). Mycotoxins in Coffee. *Coffee in Health and Disease Prevention*.
- WHO. (2023). Organización Mundial de la Salud. . Obtenido de Micotoxinas. : <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- Xiong, Y. L. (2023). Emerging strategies to enhance the sensitivity of competitive ELISA for detection of chemical contaminants in food samples. En *Trac - Trends in Analytical Chemistry* (pág. 126).
- Yaser F. Almasoud, Z. M. (28 de abril de 2022). Wiley. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsf2.48>
- Yaser F. Almasoud, Z. M. (2022). Wiley.