



Factores de riesgo como determinantes en la medición cualitativa de Ochratoxina (OTA) en veinte fincas cafeteras de los municipios de Andes y El Retiro en el departamento de Antioquia.

Eliana Milena Montoya Cardona

Jhon Kenedy Garcia Tangarife

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Café

Asesor

Adres Felipe Ruiz, Magíster (MSc) Innovación en Agronegocios

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias

Especialización en Café

Andes, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Montoya Cardona & Garcia Tangarife, 2023)
Referencia	Montoya Cardona, E., & Garcia Tangarife, J. A. (2018). <i>Factores de riesgo como determinantes en la medición cualitativa y cuantitativa de Ochratoxina (OTA) en veinte fincas cafeteras de los municipios de Andes y El Retiro en el departamento de Antioquia</i> . Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Andes, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Seleccione posgrado UdeA (A-Z), Cohorte II.

Grupo de Investigación Seleccione grupo de investigación UdeA (A-Z).

Seleccione centro de investigación UdeA (A-Z).



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A Dios, por la bendiciones y fortaleza para asumir y finiquitar esta monografía de grado la cual esperamos sea de gran aporte al desarrollo de la caficultura a nivel nacional.

A nuestra familia, pilar fundamental para el desarrollo de este objetivo quienes con su apoyo y sabiduría nos dieron ánimo para salir adelante y llegar a feliz termino.

A los caficultores del municipio de Andes y El Retiro quienes fueron protagonistas de este trabajo.

A los docentes y demás profesionales de la universidad de Antioquia y otras instituciones que con su sabiduría nos orientaron y formaron de la mejor manera.

Agradecimientos

Al señor Andrés Ruiz por su valiosa e intelectual orientación para el desarrollo de esta monografía.

A la señora Martha Ospina, Isabel Restrepo y Havid Vélez por su valioso aporte durante el desarrollo del presente trabajo.

A la señora Seneida Lopera por su entusiasmo, compromiso y motivación para la construcción de esta monografía.

A la asociación de caficultores de El Retiro y al señor Camilo Gutiérrez Llano por el apoyo incondicional y fomento al crecimiento personal y profesional.

Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Referencias	54

Lista de tablas

Tabla 1	Consolidado general fincas evaluadas municipios de Andes y El Retiro	38
----------------	--	----

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Gráfico de caja y bigotes para prácticas de alto riesgo (Ponderación 1), municipio de El Retiro.....	39
Ilustración 2 Gráfico de caja y bigotes para prácticas de alto riesgo (Ponderación 1), municipio de Andes.....	40
Ilustración 3 Peores prácticas realizadas para alto riesgo de contaminación, Re contaminación y proliferación de hongos formadores de OTA.....	41
Ilustración 4 Pareto para prácticas de riesgo potencial (ponderación 2), municipio de El Retiro	42
Ilustración 5 Pareto para prácticas de riesgo potencial (ponderación 2), municipio de Andes	43
Ilustración 6 Pareto para prácticas de riesgo moderado (ponderación 3), municipio de El Retiro	44
Ilustración 7 Pareto para prácticas de riesgo moderado (ponderación 3), municipio de Andes...	45
Ilustración 8 Calificación global El Retiro	47
Ilustración 9 Calificación global Andes	49

Siglas, acrónimos y abreviaturas

OTA Ochratoxina.

Resumen

El café es la segunda bebida mas consumida en el mundo después del agua lo cual hace que sea un alimento sujeto de múltiples regulaciones por parte de países importadores donde su principal fin es asegurar la inocuidad y calidad del mismo. Entre los diversos eslabones para la producción de café, se encuentra la fase de cultivo que inicia desde la siembra hasta la cosecha y almacenamiento del café pergamino seco. En esta etapa el café se ve expuesto a múltiples riesgos entre ellos el microbiológico dado por la presencia de esporas de hongos principalmente del género *aspergillus* y *Penicillium* responsables de producir ochratoxina (OTA), una micotoxina catalogada como cancerígena, nefrotóxica y neuropatológica la cual, dada sus características de termorresistencia, es difícil de eliminar en las fases posteriores del café lo que representa un riesgo para la salud de la población consumidora. El objetivo de esta investigación es identificar a partir de una revisión de artículos científicos cuales son los factores de riesgo para la contaminación, re contaminación y proliferación de hongos formadores de ochratoxina (OTA), crear un instrumento de verificación y establecer un índice de riesgo en 20 fincas cafeteras de los municipios de Andes y El Retiro.

Palabras clave: Ochratoxina

Abstract

Coffee is the second most consumed beverage in the world after water, which makes it a food subject to multiple regulations by importing countries whose main purpose is to ensure its safety and quality. Among the diverse links for the production of coffee is the cultivation phase that starts from the planting to the harvesting and storage of the dry parchment coffee. At this stage the coffee is exposed to multiple risks among them the microbiological one due to the presence of fungal spores mainly of the genus *Aspergillus* and *Penicillium* responsible for producing ochratoxin (OTA), a mycotoxin catalogued as carcinogenic, nephrotoxic and neuropathological which, given its characteristics of thermoresistance, is difficult to eliminate in the later stages of coffee which represents a risk for the health of the consuming population. The objective of this research is to identify from a revision of scientific articles which are the risk factors for the contamination, re-contamination and proliferation of ochratoxin-forming fungi (OTA), to create a verification instrument and to establish a risk index in 20 coffee farms in the municipalities of Andes and El Retiro.

Keywords: ochratoxin

Introducción

El café con un consumo anual de 400 mil millones de tazas, es la segunda bebida más consumida en el mundo después del agua ¹. Esta posición tiene inmiscuida una profunda responsabilidad y un gran reto para toda la cadena productora asociada a la satisfacción de la demanda y a su vez la garantía de entregar un producto inocuo y de buena calidad para la gran población consumidora.

Brasil, Colombia, Vietnam, Indonesia y Etiopía concentran el 75 % de la producción mundial ². Según informe anual de la federación nacional de cafeteros de Colombia, donde además de mostrar datos sobre la caficultura colombiana se publican estadísticas del sector a nivel mundial, la producción del año 2022 fue de 160,38 millones de sacos de 60 kg, 10,13 % menos con respecto al año cafetero 2020/21 ³. Esta disminución asociada fuertemente a situaciones de cambio climático ha generado una reducción de la producción. Esto sumado a la crisis de los fertilizantes y al encarecimiento del costo de vida, le han puesto al sector una fuerte presión, generando un clima de desarrollo bastante complejo en temas de producción y sostenibilidad de la misma. Sin embargo, según las estimaciones de la OIC para el año 2030 el consumo de café aumentara entre el 1 y 2 % ⁴ lo cual traduce en buenas expectativas para toda la cadena de valor.

Actualmente, la producción mundial de café se divide en dos grandes especies de las que surgen otro gran número de variedades adaptadas a cada zona geográfica. El 44,7 % de la producción mundial es de la especie Robusta, caracterizada por su alta producción, resistencia a condiciones climáticas y alto contenido de cafeína y el 55,3 % restante lo representan cafés de la especie Arábica, caracterizados por su baja concentración en cafeína y perfiles de taza suaves y balanceados. En este renglón, Colombia representa el 13,6 % de los cafés arábigos producidos en el mundo ³. En Colombia la caficultura está representada por cerca de 550,000 familias caficultoras y 931,000 hectáreas distribuidas en 22 departamentos ⁵ a lo largo y ancho del país.

El departamento de Antioquia junto a otros cinco departamentos, producen el 67,6 % del café a nivel nacional ⁶. Cultivado en 94 de los 125 municipios que lo conforman es uno de los departamentos con mayor vocación cafetera en el país ⁷.

La vocación cafetera, arraiga costumbres y procesos que le dan legitimidad al café colombiano. El beneficio, constituido como una serie de operaciones destinadas a transformar café cereza en café pergamino seco ⁸ juega un papel determinante en la calidad y a su vez le proporciona identidad y tradición a la actividad.

El café en estado óptimo de maduración es rico en azúcares y en contenido de humedad⁸. Estas características lo convierten en el medio ideal para que diferentes microorganismos (mohos, bacterias y levaduras) que además de necesarios para degradar parcialmente el mucílago y facilitar su desprendimiento crezcan y se multipliquen rápidamente. Sin embargo, según sea el tipo de microorganismo, además de garantizar la actividad en mención puede afectar intrínsecamente la calidad del café lo cual se verá reflejado en etapas posteriores y bajo protocolos de laboratorio o pruebas de catación. Uno de los tantos agentes de contaminación son las micotoxinas, productos

de bajo peso molecular y producidos como metabolitos secundarios por hongos filamentosos⁹. La Ochratoxina (OTA), incluida entre los grupos de micotoxinas de mayor importancia por ser altamente cancerígena, es producida por ciertas especies de hongos como *Aspergillus* y *Penicillium*. Entre sus múltiples efectos en la salud se destacan su función nefrotóxica, hepatotóxica, embriotóxica, neurotóxica, genotóxica y cancerígena⁹ y es conocida ampliamente en el mundo dado su poder contaminante en alimentos y piensos. Como condiciones ideales para el desarrollo de hongos productores de OTA, se identifican temperaturas que oscilan entre 4 a 37 °C y actividad acuosa entre 0,85 a 0,99 aw¹⁰.

Las épocas de cosecha coinciden con los periodos de lluvia, agregando complejidad a la recolección en campo, el transporte y las actividades de beneficio, puntualmente el secado y el almacenamiento dado que el exceso de humedad es un riesgo latente para la contaminación y Re contaminación por OTA en el café pergamino. Una vez el grano es contaminado por OTA, su eliminación es muy compleja a pesar de las fuerzas de fricción y altas temperaturas cercanas a los 190°C a las cuales es sometido el café para su posterior consumo.

Entendiendo esta problemática y aprovechando la amplia disponibilidad de información acerca de la Ochratoxina, esta investigación pretende establecer todos aquellos factores de riesgo que pueden existir en las diferentes etapas de producción de café, desde la recolección hasta el secado y el almacenamiento, con el fin de establecer un índice de riesgo y relacionarlo con la posible ocurrencia de OTA.

Esta investigación puede recrear la situación actual de la caficultura en los municipios de Andes y El Retiro en el departamento de Antioquia con respecto al riesgo para presencia de OTA, además se convierte en un referente para la caficultura departamental dada su fácil replicabilidad hasta finalmente extenderla a todo el país y así ser pioneros en la ejecución de iniciativas que garanticen la inocuidad del café colombiano.

1 planteamiento del problema

El café es la segunda bebida más consumida a nivel mundial, más de 1000 sustancias químicas son las responsables de sus características organolépticas¹¹. En Colombia alrededor del 96,4 % del café producido es exportado a países de Norteamérica, seguido de Europa y en menor medida al continente asiático³. Estos mercados caracterizados por su alta exigencia en materia de inocuidad tienen definidos ciertos límites permisibles para diferentes sustancias que pueden representar riesgos para la salud.

La compleja y extensa ruta de operaciones que sufre el café antes de su consumo, lo hacen susceptible a diferentes formas de contaminación que alteran la inocuidad y la calidad sensorial de la bebida. El riesgo de contaminación por hongos puede ocurrir a lo largo de toda la cadena de producción y está directamente relacionada con el cuidado y manejo del cultivo, la cosecha, el secado y el almacenamiento¹². Los daños ocasionados en estas etapas tendrán un gran impacto en la calidad de la bebida y representarán un riesgo para el consumidor.

En la actualidad una de las principales problemáticas que afecta al café es la presencia de Ochratoxina (OTA). La OTA, metabolito secundario formado por hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium*, los cuales se caracterizan por su amplia adaptabilidad a climas templados y fríos y su capacidad de contaminación a diferentes alimentos.

Una vez que se forma la OTA es muy difícil de eliminar. Su termorresistencia hace que sea difícil de eliminar aún en el tueste, fase en la que se somete el grano de café verde a altas temperaturas para su posterior consumo.

Una vez formada la micotoxina, tiene capacidades nefrotóxica, inmunosupresora, genotóxica, carcinogénica, teratogénica y neurotóxica¹³.

Por el riesgo que representa la OTA en la salud y dadas sus características, los esfuerzos para su control se deben centrar en las actividades previas al procesamiento del café. Según estudio donde se pretendía determinar la presencia de hongos toxico génicos en granos de café colombiano en las fases de cosecha, procesamiento y almacenamiento. Del total de granos analizados, 3567 granos fueron positivos para microorganismos y de estos el 70,78 % se asocian a especies de cepas fúngicas como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*¹⁴.

Por esta razón, este trabajo de grado se centra en entender como es el proceso de contaminación por OTA en café, desde el cultivo hasta el secado y almacenamiento con el fin de tocar el problema desde la raíz y crear una herramienta que permita direccionar esfuerzos hacia un aseguramiento de la calidad desde la fuente, en este caso desde las fincas productoras.

2 justificación

El consumo mundial de café aumentó un 4,2 % a 175,6 millones de sacos en el año cafetero 2021/22, tras un aumento del 0,6 % el año anterior. La liberación de la demanda reprimida acumulada durante los años de COVID-19 y el fuerte crecimiento económico mundial del 6,0 % en 2021 explican la recuperación del consumo de café en el año cafetero 2021/22. La producción mundial de café disminuyó un 1,4% a 168,5 millones de sacos en el año cafetero 2021/22, Las exportaciones de granos tostados aumentaron un 6,2 % en febrero de 2023. o, las exportaciones totales acumuladas de granos verdes para el año cafetero 2022/23 están disminuyendo a un ritmo acelerado, un 8,5 % menos, en comparación con la disminución del 5,5 % observada en los primeros cuatro meses del año cafetero actual. En febrero de 2023, las exportaciones de América del Sur de todas las formas de café disminuyeron un 29,8 % a 3,48 millones de sacos, impulsadas por los tres principales orígenes de la región, Brasil, Colombia y Perú, que vieron caer sus exportaciones combinadas en un 30,7 % ¹⁵.

Colombia es un país predilecto para la producción de café por sus suelos y características geografías que permite producir café de buena calidad durante todo el año. En el ámbito Nacional, Antioquia es uno de los departamentos con mayor producción de café, gran parte de las familias caficultoras tienen entre 3 a 5 hectáreas¹⁶

El café es rico en componentes antioxidantes, incluido el contenido de flavonoides y más de 1000 compuestos químicos en los cuales se ha demostrado que reduce el riesgo de algunas enfermedades como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, puede estar expuesta a diversas plagas y hongos durante el cultivo, recolección, beneficio, secado o durante toda la cadena de transformación del grano. El aspecto más relevante que limita el comercio de café en el mundo es la contaminación por Ocratoxina A es una micotoxina producida por ciertas especies de *Aspergillus* y *Penicillium*. L ¹⁷

En la actualidad, existen reglamentaciones en donde se indican los límites máximos de micotoxinas permitidos en alimentos, en caso del café la unión europea estableció el límite permitido e de 5,0 µg/kg para el café tostado en grano y café tostado molido, excluido el café soluble, y para el café soluble (café instantáneo), de 10 µg/kg ¹⁸.

Uno de los problemas silenciosos en el café en el cual se está viendo afectada la salud humana es por contaminación por hongos productores de Ocratoxina A. Las prácticas agrícolas y las condiciones medioambientales (humedad y temperatura) durante el almacenamiento y el transporte afectan de forma directa a los niveles de OTA en los alimentos. Asimismo, se ha demostrado que una alta actividad de agua favorece la producción de OTA, no se ha determinado si en la tostación del café disminuye la cantidad de Ochratoxina, pero se han hecho investigaciones en las cuales el café verde tiene el 6% más de concentración de OTA que cuando se somete a tostación ¹⁸.

Este trabajo busca evaluar los riesgos de contaminación por OTA en algunas fincas cafeteras de Andes y el oriente Antioqueño con el fin de dar a conocer cuáles son los factores críticos en los cuales la producción se ve afectada por hongos productores de micotoxinas, nuestra tradición es producir cafés suaves lavados en los cuales la actividad del agua en las cantidades no

deseadas y la temperatura adecuada pueden generar la presencia de mohos productores de ochratoxina.

Las etapas del procesamiento del café nos permiten evaluar las condiciones de inocuidad favorables para proliferar la contaminación, identificando variables como altura sobre el nivel del mar, limpieza, mantenimiento, temperatura, secado, almacenamiento, entre otros. De esta forma desarrollar una herramienta que permita disminuir la contaminación en las fincas cafeteras.

3 objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar los factores de riesgo asociados a la presencia de hongos formadores de Ochratoxina (OTA) en 20 fincas cafeteras, ubicadas en los municipios de Andes y El Retiro en el departamento de Antioquia.

3.2 Objetivos específicos

Identificar los factores de riesgo que favorecen la presencia de hongos formadores de OTA en café a través de una revisión de artículos científicos.

Determinar el índice de riesgo para la presencia de hongos formadores de ochratoxina (OTA) a través de una lista de chequeo en 20 fincas cafeteras de los municipios de Andes y El Retiro Antioquia.

Realizar análisis microbiológico de mohos y levaduras en las fincas con índice de riesgo extremo (mayor y menor) identificados en el presente estudio.

Marco teórico

4.1 Ochratoxina A

La Ochratoxina (OTA) ((R)-N-((5-clor-3,4-dihidro-8-hidroxi-3-metil-1-oxo-1H-benzo{c}-piran-7-il)-carbonil)-3-fenilalanina) es una micotoxina de origen natural, formada como metabolito secundario de bajo peso molecular por hongos filamentosos⁹. Es un compuesto cristalino, incoloro, con fluorescencia azul bajo luz UV y carácter de ácido débil¹⁹. Muy estable, soluble en disolventes polares y baja solubilidad en agua²⁰.

Diferentes matrices alimentarias como los cereales, los piensos, el café verde, la carne y sus derivados, las legumbres, el té, el aceite de oliva y la cerveza se constituyen como fuentes de exposición alimentaria según su grado de ingesta, dado a sus propiedades fisicoquímicas, presenta alta afinidad a las proteínas plasmáticas lo que representa una larga persistencia en el organismo.²¹. Las micotoxinas son sustancias que contaminan los alimentos para humanos y animales, especialmente granos y productos almacenados, generando grandes pérdidas económicas y problemas en la salud²².

3.2.1 Biosíntesis de la OTA

En relación con otras micotoxinas, la biosíntesis de la OTA (una amida formada entre la fenilalanina y una dihidroisocumarina clorada) no se ha esclarecido totalmente. Se sabe que la fenilalanina se origina en la vía del shikimato y el resto de dihidroisocumarina en la vía de los policétidos siendo diferente en las especies *Aspergillus* y *Penicillium*²³ aunque el orden de sus reacciones no está definido²⁴. Las formas principales de la ochratoxina son A, B y C. La Ochratoxina B (OTB) es una forma no clorada de la OTA y la Ochratoxina C (OTC) es un éster etílico de la OTA²³.

La temperatura, la humedad, los sustratos disponibles y la microflora competitiva limitan la actividad fúngica²⁵. La especie *Aspergillus* puede producir OTA y OTB en paralelo, los ensayos con diferentes hongos han mostrado rendimiento y proporción con base a condiciones predominantes del medio de cultivo²³.

3.2.2 Hongos productores de OTA

Se han encontrado miembros de la familia de las Ochratoxinas como metabolitos secundarios de *Aspergillus alliaceus*, *auricomus*, *carbonarius*, *glauco*, *melleus*, *ochraceus*, *niger* y *Penicillium verrucosum*²⁵. Condiciones del medio como temperaturas entre 4°C a 37°C y actividad acuosa entre 0,85 a 0,99 aw son condiciones propicias para que se desarrollen especies potenciales productoras de OTA lo que a su vez representa el amplio panorama de lugares y de ambientes donde se pueda formar emisores de contaminación de OTA.^{10,21}.

3.2.3 Toxicidad de la Ochratoxina OTA

La ochratoxina A es una micotoxina con actividad nefrotóxica, hepatotóxica, embriotóxica, teratogénica, neurotóxica, inmunotóxica, genotóxica y cancerígena⁹.

El contacto de los seres humanos con la OTA se asocia a la ingesta de alimentos, bebidas y al consumo de proteínas de origen animal cuya dieta nutricional se basa en cereales. La exposición a OTA puede estar en mayor proporción con concentraciones de 15 a 60 ng OTA kg⁻¹ de peso corporal y en menor proporción a OTB y OTC²³.

Los principales efectos de la toxicidad de la ochratoxina OTA son la inhibición de la fenilalanina – ARNt – sintetasa, la inhibición de la respiración mitocondrial y la alteración de la homeostasis del calcio intracelular que es inherente a los procesos de peroxidación lipídica.²⁰

Tras la ingesta de una sola dosis oral y gracias a su toxicocinética de eliminación puede durar en la sangre hasta 35 días, no se almacena en el organismo, pero su distribución corporal puede afectar considerablemente los riñones y ha sido clasificada como posible cancerígeno humano (2B), además se cree que tiene una alta incidencia en la nefropatía endémica de los Balcanes²⁰.

Se sospecha que, durante el embarazo y la lactancia, el consumo de alimentos contaminados con OTA pueden inducir lesiones en el ADN testicular que la pubertad podría promover hasta el cáncer testicular.²⁶

3.2.4 Ochratoxina en Café (*Coffea arabica*)

Desde los estudios realizados en 1988, donde se describió la ochratoxina (OTA) en café, diferentes organismos a nivel mundial como la FAO han enfocado esfuerzos en controlar e identificar las dosis de OTA que causan efectos en la salud y los puntos de la cadena productiva que permiten la proliferación de mohos. A través de los datos encontrados se han estructurado una serie de recomendaciones para los productores de café con énfasis en el secado, las condiciones de humedad, el almacenamiento y el transporte⁹.

Al convertirse la OTA en un problema de interés mundial por las repercusiones que está trae a la salud dado su impacto en múltiples alimentos de consumo humano y animal debido a su toxicocinética, se han establecido valores máximos permisibles que se regulan según las normas internas de cada nación. La unión europea (UE) estableció un valor máximo permisible de 5 ppb (partes por billón) para café tostado y 10 ppb para café soluble. Para café crudo se han estipulado valores entre 5 y 20 ppb. Otras naciones como Colombia, Brasil y Costa Rica se rigen por los límites permisibles de la Unión europea con leves ajustes⁹.

En investigaciones orientadas a conocer cómo se comporta la ochratoxina (OTA) en la preparación de la bebida con diferentes métodos usados comúnmente por los consumidores de café, se encontró variaciones en la concentración sin que disminuyera en su totalidad. Debido a la resistencia y persistencia de la OTA en las diferentes etapas de transformación del grano, se debe prestar mayor atención a la cadena de producción del café, ya que puede resultar más viable prevenirla que controlarla²¹.

En Colombia, la institucionalidad cafetera representada por la FNC, máximo organismo gremial del café a través de su centro nacional de investigación de café CENICAFÉ ha estudiado desde 1938 todo lo relacionado con la caficultura colombiana, pilar de la economía del país. Según sus investigaciones, en el 70 % de las fincas estudiadas se encontraron hongos del género

aspergillus la cual es frecuente en ambientes de beneficiadero y secadores solares, cisco, café pergamino y café almendra ²⁷.

3.2.5 Antecedentes

Los primeros análisis de Ochratoxina (OTA) en café se remontan al año de 1974, a partir de este año y hasta 1983, mediante análisis masivo de muestras de café verde realizado por diferentes investigadores, se encontraron concentraciones detectables de OTA con valores entre los 5 µ/kg y 360 µ/kg. ²¹.

El interés de diversos autores en conocer y comprender el comportamiento de la OTA en las diferentes fases de producción de café generó ciertas contradicciones en los resultados encontrados a raíz de la capacidad diagnóstica del momento. Algunos estudios revelan que entre el 70 y el 80 % de OTA se degrada en el tueste ²⁸. Por otro lado, se encontró que los niveles de OTA presentaron una leve disminución durante el tueste, terminando con una concentración superior al 50 % durante 12 minutos a 270 ° C ²⁹. Según ³⁰, la alta temperatura influye fuertemente en la formación de ácidos alifáticos y en la conservación de los ácidos clorogénicos referentes en el perfil sensorial del café. Debido a esto es poco probable que durante el tueste se alcancen temperaturas superiores a 240 ° C, limitando a su vez la probabilidad de reducir la concentración de OTA en el tueste.

La mayoría de los estudios enfocados a la detección de OTA en café, se han concentrado mayoritariamente en muestras de café verde en vez de analizar su presencia en productos procesados. Según estudio realizado por ³¹ tan solo se encontró presencia de OTA en el 6% de muestras de café verde analizadas, pero se halló presencia de OTA hasta en el 40 % y 67 % muestras de café molido e instantáneo.

Con el fin de comprender, más a fondo la OTA y las condiciones claves que favorecen su desarrollo, otros autores determinaron que la ejecución inadecuada de diferentes prácticas asociadas a la recolección, la asepsia de la infraestructura, el secado y el almacenamiento del café pueden representar un alto riesgo para la contaminación fúngica ³².

Según estudio realizado por ¹⁴, donde se pretendía determinar la presencia de hongos tóxicos genéricos en granos de café colombiano en las fases de cosecha, procesamiento y almacenamiento. Del total de granos analizados, 3567 granos fueron positivos para microorganismos y de estos el 70,78 % se asocian a especies cepas fúngicas como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*.

Estos datos sirven como referente para comprender como está la inocuidad del café de Colombia, dado a que su presencia se constituye como una fuerte barrera que limita el comercio local e internacional dado a la validación obligada de su concentración para determinar el cumplimiento según las normas del país de destino ³³.

La preocupación por el análisis y determinación de la presencia de OTA en los cafés colombianos, ha llevado con el pasar del tiempo a diferentes investigadores a prestar mayor atención a esta dada la participación del café colombiano a nivel mundial. En esta ocasión el objetivo, fue analizar ocho muestras de cafés comercializados en Colombia en diferentes presentaciones (grano y molido) junto a propiedades físicas, químicas y microbiológicas del café y su probable correlación con la presencia de ochratoxina. Se encontró presencia de OTA en el 100 % de las muestras analizadas, la mayor concentración fue en los cafés solubles. Los cafés tostados presentaron correlaciones entre la concentración de OTA, la porosidad y el contenido de humedad. Se encontró mayor actividad acuosa en cafés tostados que solubles. Los cafés solubles presentaron fuerte correlación con la Actividad acuosa y moderada para OTA ³⁴.

3.3 Factores de riesgo de contaminación por Ochratoxina (OTA)

3.3.1 En el cultivo y la recolección

En las fincas cafeteras los árboles de café son susceptibles a ser contagiados por plagas y enfermedades desde la siembra hasta la producción, hay dos posibilidades en la cuales está latente la contaminación en el cultivo ya sea por medio de las flores sin manifestaciones visibles, o por invasión de insectos como la broca perforando el grano y haciendo túneles entre ellos formando los hongos productores de OTA ³⁵. La aplicación de buenas prácticas agrícolas en el momento adecuado es fundamental para la prevención de plagas y enfermedades en el cultivo ³⁵. Los granos y las cerezas del café son sujetos a la colonización de microorganismos en el proceso de desarrollo, producción, lavado fermentación, secado y almacenamiento. En el desarrollo están expuestas a daños por pájaros e insectos que están en el ambiente, incluso cuando los granos maduros caen al suelo se producen los hongos productores de OTA, por esta razón los granos que extemporáneamente caen del árbol y permanecen algún tiempo en la superficie deben ser eliminados fuera del cultivo para evitar la propagación de infestación en los otros granos ³⁶. siempre los microorganismos requieren condiciones favorables para crecer y producir la toxina. La práctica que utilizan algunos productores para no dejar granos en suelo es contraproducente ya que transportan granos contaminados con granos buenos a la tolva teniendo temperatura y el nivel de agua disponible para la reproducción de microorganismos, estas cerezas sobre maduras o en grado de descomposición que se encuentran en el suelo deben ser recolectadas de manera separada siendo enterradas o aisladas del café bueno ³⁷. sin embargo, el método de defensa que utilizan los árboles de café para defenderse de los insectos es la cafeína un factor que representa baja incidencia de micotoxinas ³⁷. La temporada de cosecha del café es en época de lluvia lo que genera condiciones ambientales favorables para la proliferación de hongos productores de OTA los de granos que caen al suelo por lluvias constantes que aceleran el proceso de maduración y no permite tener recolección a tiempo ³⁸.

3.3.2 En el beneficio del café

El beneficio del café es el paso a seguir una vez cosechada la cereza. Basado en una serie de actividades con orden secuencial, tiene como objetivo la obtención de la semilla de café a partir de la cereza. Para su desarrollo es necesario el uso de grandes volúmenes de agua (40 lt/kg CPS) además de maquinaria e infraestructura especialmente diseñada ⁸. La calidad del café entre otros aspectos está definida por el control estricto a los procesos de postcosecha ³⁹. Las prácticas de asepsia enfocadas en la infraestructura, la maquinaria y equipos limita la generación de espacios de contaminación que atraen animales y microorganismo como hongos formadores de ochratoxina. A continuación, se mencionan las etapas del proceso de beneficio de café y los riesgos asociados al deterioro de la calidad por presencia de hongos formadores de Ochratoxina.

3.3.2.1 Recepción de café cereza (Tolva de carga)

La recepción de la cereza, es el primer contacto del café proveniente del cultivo con la infraestructura de poscosecha. Dependiendo del tamaño de la finca y de la infraestructura de beneficio, el operario tendrá un menor o mayor contacto con la masa de café. En fincas de gran extensión se manejan sistemas de transporte que aprovechan la energía dinámica del agua y la diferencia de altura sobre el nivel del mar para transportar el café por medio tuberías que descargan en la tolva o a través de vehículos de carga y en fincas pequeñas el productor debe cargar la tova directamente. Sin importar la forma, la recepción del café es una actividad muy tradicional en la caficultura colombiana, Según estudio desarrollado por ⁴⁰ en cinco departamentos cafeteros de Colombia, el 58 % de las fincas maneja el beneficio tradicional y secado al sol.

Intrínsecamente la masa de café cereza contiene frutos con densidades inferiores a la del agua, además de otros materiales asociados a mala recolección como piedras, partes metálicas entre otros, denominados objetos densos que se deben retirar para evitar daños en partes de la despulpadora (camisa y pechero) y alterar la calidad física y sensorial del café ⁴¹.

El 95 % de las fincas cafeteras tienen un área inferior a 5 hectáreas ⁴², lo que significa que en la gran mayoría de estas se cuenta por lo menos con una tolva probablemente fabricada con materiales permeables como madera y cinc dado que las tolvas de material impermeable (polietileno, acero o mampostería) suelen representar un alto costo de fabricación. Según (Arias) ⁴⁰, el 73% de los caficultores transportan el café por gravedad desde la tolva de recibo hasta la despulpadora. En ese sentido, se puede determinar que en la caficultura colombiana no se hace un proceso de clasificación de las cerezas por modelo de flotes y que las masas de café se despulpan como llegan del cultivo.

Según ⁴³ la calidad sensorial está estrechamente relacionada con la calidad de la materia prima. Granos con diferente estado de maduración, granos defectuosos (plantas enfermas o problemas nutricionales) y granos atacados por insectos juegan un papel clave en la inocuidad del café. Según evaluación de incidencia de microorganismo en granos sanos y granos dañados por broca, se presentó mayor contaminación fúngica en granos brocados con hongos parcialmente toxigénicos ⁴⁴. Adicionalmente en otro estudio se aislaron 187 hongos de la cutícula, el intestino y heces de la broca (*Hypothenemus hampei*), donde se encontraron mayoritariamente cepas de fusarium, *Penicillium* y *Aspergillus*, además se aislaron hongos potencialmente toxigénicos como *Aspergillus niger* y *A. ochraceus* de la cutícula del insecto ⁴⁵ las cuales son cepas productoras de OTA. Finalmente, los frutos deteriorados por acción microbiológica, también representan un alto riesgo de contaminar las masas de café a despulpar ²². Según estudio realizado por ⁴⁶, donde se evaluaron defectos en sacos de café provenientes de dos regiones de brasileñas, los granos negros y vinagres presentaron mayor contaminación por hongos ochratoxigénicos. Los granos conocidos como flotes presentan mayor contaminación por OTA, ya que provienen de granos deformados y dañados que estuvieron expuestos a condiciones climáticas extremas ³⁷

Realizar flotes en tolva antes del despulpado favorece la inocuidad y disminuye los riesgos de contaminación fúngica del café.

3.3.2.2 Despulpado

Consiste en eliminar la pulpa (exocarpio) y parte del mucílago (mesocarpio) por medios mecánicos ³⁵ a partir de fuerzas de fricción y cizallamiento causados por una superficie móvil y una fija ⁴⁷. Según investigaciones desarrolladas por Cenicafé el despulpado no requiere agua, ya que la humedad propia del fruto es suficiente para retirar la cascara sin mayor esfuerzo ⁴².

El proceso de despulpado requiere previamente una inspección y mantenimiento de los equipos que incluya el lavado y desinfección de partes móviles y fijas, capacitación del operario estableciendo parámetros de calidad y aceptabilidad. Las cerezas de café deben tener una selección previa con bajo contenido de defectos que alteren la inocuidad del lote, la despulpadora debe eliminar de manera correcta la cascara a fin de aumentar la relación costo beneficio ³⁵.

Las fuentes fúngicas de contaminación del café en el proceso de beneficio, están fuertemente asociadas a la asepsia de los equipos. La calidad del agua y los aparatos utilizados, influyen fuertemente en el riesgo de contaminación por OTA, el uso de buenas prácticas de higiene minimiza el riesgo de contaminación ³⁷. Según estudio realizado por ⁴⁸ el 80% de café proceso húmedo, presento contaminación por diferentes hongos, entre los que estaban presentes hongos formadores de OTA.

La higiene personal de operarios es clave antes de iniciar el proceso de beneficio, de igual forma es recomendable usar agua de buena calidad que tengan baja carga microbiana ⁴⁹. Según estudio realizado por ⁴⁰, el 54,2 % de fincas cafeteras evaluadas, se abastecen de agua proveniente de nacimientos.

3.3.2.3 Fermentación

Es la manera más tradicional y sencilla para degradar el mucilago, dada la interrelación de agentes naturalmente suministrados por el ambiente. El mucilago de café por su alto contenido de azúcares y agua es el medio de cultivo ideal para que microorganismos como levaduras, mohos y bacterias realicen la transformación de estas sustancias en alcoholes y ácidos orgánicos que son solubles en agua, lo que facilitan el lavado posterior ⁴³. Según estudio desarrollado por ⁴⁰, en el 89 % de fincas cafeteras fermentan el mucilago de café y de estas el 97 % lo hacen en tanques.

Debido a la forma semi-elipsoide de los granos de café despulpado, hay diferentes tecnologías en el mercado que permiten retirar granos que no fueron despulpados, principalmente negros y verdes. Su principio de funcionamiento se basa en laminas troqueladas o barras paralelas con dimensiones preestablecidas unidas a un sistema de energía dinámica que garantizan el paso del café despulpado y la retención de granos que no fueron despulpados y que por su naturaleza pueden traer condiciones microbiológicas intrínsecas que afectan la calidad del café ⁴³. Retirar los restos de cascara que puedan caer a el tanque de fermentación al igual que guayabas o granos negros, es fundamental para conservar la calidad de la masa de café a fermentar, además de monitorear la temperatura, el tiempo, y la calidad del agua ⁴⁹. Según estudio desarrollado por ³⁷, el suelo es una

fuelle potencial de contaminación fúngica. Mezclar cerezas de café que han estado en el suelo cierto tiempo con las recién recolectadas generan un riesgo de dispersión de esporas y por ende contaminación fúngica.

La clasificación del café baba es fundamental para garantizar que solo lleguen granos despulpados a los tanques ²⁷. Asegura una degradación del mucilago más lenta ya que se reduce el riesgo de introducir carga microbiana a la masa que pueda resultar en una afectación al perfil sensorial.

El proceso de fermentación en masas de café sin selección previa, es más rápido debido a la carga de materia orgánica y microorganismo presentes en los granos negros, sin embargo la calidad sensorial se ve afectada fuertemente debido a la presencia de notas desagradables, retirar el mucilago del grano de café reduce la carga microbiana y a su vez favorece la inocuidad del mismo ⁴³. La mezcla de lotes de café despulpados con diferentes tiempos, promueven el aumento de granos vinagres y a su vez, favorece el crecimiento microbiano causando defectos que afectan la calidad de la bebida en tasa como stinker y reposo. ⁴⁹

Con el fin de limitar la generación de focos de contaminación en el área de procesamiento del café, los subproductos como mucilago y pulpa se deben procesar lo más retirado posible del beneficiadero al igual que los granos descartados en las diferentes fases para los cuales se debe contar con equipos extras para darles un manejo. Finalmente, la orientación, ventilación y disposición del beneficiadero son claves para reducir los posibles escenarios de contaminación y a su vez, garantizar buenas prácticas de manufactura ⁴³.

El punto de lavado del café identifica el momento exacto en que el mucílago de café se ha removido un 97 %. Según ⁴³ los métodos tradicionales (método de orificio en masa y método del tacto) usados por los caficultores para identificar el punto de lavado del café mostro error dado que se obtuvieron porcentajes de remoción de mucílago promedio de 58 % y 74% respectivamente.

Cenicafé desarrollo un método confiable para determinar el punto óptimo de lavado a partir de un cono truncado perforado con un volumen de 500 cm³ de capacidad, basado en la relación entre el volumen del café baba y el porcentaje de remoción. Cuando el café está en punto de lavado, el dispositivo debe tener un espacio vacío de 85 mm que corresponde a un porcentaje de remoción superior al 95 %, lo cual es suficiente para iniciar el lavado de forma segura ⁴³.

La actual dinámica de los procesos de fermentación, implementa para tal fin diversos materiales y recipientes con el fin de controlar variables y lograr una mejora sustancial en el perfil de taza de cada café. Esta práctica requiere de cuidados especiales dado los posibles factores asociados a la inocuidad que pueden deteriorar el café. Idealmente, los materiales que se usen para tal fin, preferiblemente deben ser no absorbentes, acabados lisos, sin espacios de difícil acceso donde se puedan formar costras con alto riesgo de propagación fúngica.

Las instalaciones exteriores donde se ubican los recipientes con las masas de café deben estar en perfectas condiciones de asepsia y alejadas de focos de contaminación. Las áreas y equipos destinados al proceso de café no se deben usar para procesar y almacenar otros alimentos. En caso tal de hacerse, se debe hacer y verificar una limpieza y desinfección cuidadosa ²⁷.

Finalmente, todos los equipos y elementos (palas plásticas, recipientes, zarandas) usados para procesar el café deben mantenerse en buen estado de funcionamiento y limpios. Es responsabilidad del operario o administrador encargado del cultivo e instalaciones que los programas de saneamiento de áreas y equipos se cumplan en su totalidad, además se debe garantizar que en las instalaciones no hallan espacio que generen condiciones propicias (perforaciones, desprendimiento de concretos, agrietamientos, espacios entre juntas, laminas oxidadas) para que plagas y microorganismos se propaguen ³⁹.

3.3.2.3.1 Retiro mecánico de mucilago (Desmusilacgenadora)

El desmucilagenado o retiro mecánico del mucílago consiste en girar los granos dentro de una cámara con un dispositivo que al rotar genera esfuerzo cortante en la masa y colisiones entre los granos, a medida que aumenta la velocidad de giro, aumenta el desprendimiento de mucílago⁵⁰. Según investigación desarrollado por⁴⁰, el 31 % de fincas estudiadas usa el beneficio ecológico donde es habitual el uso de desmucilagenadoras dado su bajo consumo de agua. El beneficio ecológico es un conjunto de operaciones realizadas para transformar café cereza en café pergamino seco conservando la calidad física, donde se eliminan procesos innecesarios, se aprovecha subproductos y se minimiza la alteración del agua estrictamente necesaria en el beneficio⁸. Según estudio realizado por⁵⁰(), donde se evaluó la eficiencia de remoción de la desmieladora DESLIM -1.000 y la DRV-1.000, se encontró que la DESLIM – 1.000 presento eficiencia del 98 % en remoción la cual se encuentra en los límites normales y para la desmieladora DRV-1.000 tuvo una eficiencia entre el 79,2 % y el 82,4 % de remoción la cual se considera muy inferior, lo cual implica una remoción posterior con agua. Las razones para retirar el mucilago del café van encaminadas en asegurar el perfil del café colombiano “Cafés suaves lavados”, no afectar el proceso de secado y la inocuidad del producto⁴³. Como buena práctica agrícola orientada a la inocuidad, se debe revisar el café a la salida de la maquina con el fin de validar la correcta remoción del mucílago³⁹, más si se cuenta con la desmusilacgenadora DRV-1.000, dada su baja eficiencia reportada según los estudios.

3.3.2.4 Lavado

Su finalidad es remover definitivamente el mucilago de los granos de café, con el fin de evitar machas sobre el pergamino o la aparición posterior de sabores defectuosos. El agua como insumo necesario en el proceso, debe cumplir con dos aspectos fundamentales, la calidad y la cantidad. Es fundamental siempre usar agua totalmente limpia que no haya sido recirculada con el fin de evitar la contaminación cruzada y no se altere la inocuidad del mismo y en cuanto a la cantidad, está asociada directamente al tipo de proceso de beneficio que se emplee⁴³.

Como actividades fundamentales, es indispensable asegurar que los desagües de los tanques de fermentación estén libres de suciedad al igual que las paredes y el piso de los mismos y en general toda la infraestructura con el fin de reducir la posibilidad de formación de costras vectores de microorganismos⁴³.

Según estudio realizado por⁴⁰, el 72 % de los caficultores lava el café en tanques que dado los costos de construcción y el tamaño de las fincas, es muy probable que sean fabricados en mampostería con capacidad promedio de 876 kg café baba.

Adicionalmente y debido a las diferentes reacciones que se dan en la fermentación por la producción de ácidos a través de los azúcares y el rompimiento de pectinas, el pH indicador de la capacidad de corrosión de una sustancia, mues una variación de 5 a 3,1 lo que lo convierte en una sustancia capaz de degradar el recubrimiento de paredes y pisos en tanques con solo revoque y degradación de resanes en tanques y canales embaldosados⁵¹.

Para el transporte del café lavado al área de secado, es fundamental garantizar la asepsia de los contenedores con fin de reducir el riesgo de contaminación cruzada, además se debe procurar que el café lavado no tenga café guayaba, restos de pulpa, mucilago adherido o con granos defectuosos que aumenten el riesgo de desarrollo de mohos en el área de secado²⁷. La aplicación de buenas

prácticas de higiene en la infraestructura de beneficio al igual que reducir el contenido de humedad del café progresivamente, reduce la probabilidad de aparición de OTA en la masa de café pergamino seco ⁵².

3.3.2.4.1 Calidad del agua

El agua potable es necesaria en el beneficio del café para la clasificación de la cereza, fermentación, lavado, saneamiento y lavado de equipos ⁵³. La desinfección del agua con sustancias que contienen cloro, no afecta la calidad del café, por el contrario, favorece la inocuidad del producto.

La higiene en el procesamiento del café incluye desde la infraestructura, personal y equipos hasta el agua que se usara en cada etapa. Como fundamento de inocuidad, se debe asegurar que el agua usada en el proceso no debe contener sustancias químicas, micotoxinas o microorganismos como hongos, levaduras o parásitos ⁵³.

El agua potable según la reglamentación colombiana debe ser incolora, inolora, insabora, no turbia, no contiene enterobacterias, pH entre 6,5 – 9 y límites aceptables de dureza y otros elementos. Según la investigación QIN 3010, donde en el marco de estudiar la composición química del café según los suelos y la altitud, se tomaron muestras de agua en la entrada del beneficio en 162 fincas de los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Huila, Santander y cesar. De acuerdo a los resultados se encontró que el recuento microbiológico de coliformes, mesófilos, hongos y lavaduras en el agua excedían los límites máximos permisibles según la norma colombiana (decreto 1075 de 2007) ⁵³.

En procesos claves como el lavado del café y a partir de diferentes dispositivos con consumos específicos de agua que varían entre 4,2 L y 20 L/kg café pergamino seco ⁵⁴, se puede favorecer la contaminación fúngica del café si el agua no cumple con condiciones de inocuidad. La creciente tendencia de las fermentaciones controladas, hace estrictamente necesario el uso de agua potable para garantizar la inocuidad del producto final.

4.2.3 Secado y Almacenamiento

Durante hace muchos años existe la preocupación sobre las micotoxinas del café producida por hongos afectando la salud considerablemente, aunque aún no se ha establecido en que contenido de humedad se reproduce la OTA, el riesgo siempre aumenta cuando la temperatura y la actividad del agua tiene condiciones óptimas para el crecimiento ⁵⁵. En el secado del café el objetivo es disminuir el contenido de humedad de los granos y la actividad del agua, y así controlar la posible presencia de mohos, contaminación por OTA o con sustancias químicas ⁵⁶. La temperatura del aire del café es una de las variables críticas a controlar durante el proceso de secado, debido a la disminución del potencial hídrico de los granos de café en el proceso de secado produciendo repuestas masivas de estrés que se asocian, en las etapas iniciales del secado, con procesos de germinación y conforme se va reduciendo el agua, en estrés de sequía en los tejidos del embrión y endospermo. Esto indica que a mayor temperatura la energía cinética de las moléculas de agua

localizadas en la superficie del grano aumenta, y será suficiente para vencer las fuerzas intermoleculares de la fase líquida y en consecuencia evaporarse ⁵⁷.

Es importante también conocer las condiciones ambientales y las épocas del secado del café y las condiciones climáticas como la temperatura ambiente, el brillo solar y los días de lluvia predominantes en el lugar donde estamos ubicados, con el fin de utilizar las tecnologías apropiadas de secado, estimar cuanto es el tiempo requerido para que el secado se termine y organizar el manejo y el almacenamiento del café pergamino seco ⁵⁸.

El proceso de secado es una de las etapas más largas y delicadas de la postcosecha del café, la temperatura y el flujo del aire son determinantes en la reducción de la humedad basado en las condiciones climáticas de la zona. El nivel de humedad que tiene el grano antes del secado esta entre 40 y 50% hasta reducirse en un 10 o 12% ⁵⁷. Existen varios métodos de secado tales como: secado solar y mecánico, el secado solar se realiza en piso de cemento, madera, o en marquesina cubierta con plástico y el secado mecánico por medio de silo entre otros ⁵⁶. Existen varios riesgos en cada uno de los métodos de secado del café que se pueden controlar a tiempo para no tener perdidas en la calidad del grano, las bajas temperaturas y la lentitud en el secado puede generar fermentaciones inapropiadas ya que los microorganismos alteran los compuestos presentes en el café ocasionando sabores no deseados, incluso ser posibles contenedores de micotoxinas productores de OTA ⁸. Dentro de los diferentes tipos de café los naturales que son secados en cereza contienen cantidades suficientes de agua que favorecen el crecimiento de moho y la formación de OTA entre los primeros 3 a 5 días de secado y se forma en la parte externa de las cerezas. En el proceso de trilla de estas cáscaras se evidencia que puedan estar altamente contaminadas con OTA, es preocupante ya que en algunas ocasiones el café soluble es adulterado con cáscara y pergamino en el procesamiento de transformación ⁵⁹.

En Colombia el 41% de las fincas realizan el secado del café al sol, donde los granos se exponen al aire y al sol durante varios días o tiempo prolongado debido a factores climáticos. En general, estas fincas tienen un tamaño menor a 5 hectáreas y utilizan instalaciones como los carros secadores, los secadores parabólicos ⁵⁸ secado en patios de cemento, secado en el piso con estopas y costales, cuando se hace el secado en este tipo de materiales se deben ubicar sobre áreas de cemento o piedras, ya que el contacto directo con el suelo no permite el secado rápido, se debe prevenir la contaminación de los granos de café ya que están más expuestos a la lluvia, los insectos como la broca, los combustibles, los animales, los mohos y otros materiales que generan un riesgo latente para la reproducción de microorganismos ⁵⁸ El 95% de los secadores al sol se utilizan regularmente, aunque el área total disponible corresponde solo al 59% de la requerida para secar la producción del café en estas fincas los conocidos carros secadores, método muy utilizado en caficultores pequeños, son cajones montados en una estructura de madera o hierro, con pisos de anejo, madera o esterilla, y techo zinc Tienen piso de madera y estructura metálica, su diseño no permite aislar la humedad exterior, ni desinfectar las superficies ⁵⁸. Una vez se contamine alguno de los materiales con hongos causantes de ochratoxina, eliminar las mismas es difícil ⁶⁰. En estos tipos de secado como en la mayoría se debe evitar el daño del grano antes y durante el secado, ya que el grano dañado es más propenso a la invasión por mohos y, por lo tanto, a la contaminación por micotoxinas ⁶¹. Estos daños también pueden ser provocados por la forma como se revuelve el café durante el secado y el material con que está diseñado, tradicionalmente los caficultores utilizan rastrillos contruidos en madera que suelen ser más pesados sin embargo Cenicafé diseñó un

rastrillo cuyo material de construcción es lámina de PVC y permite revolver el café de manera más uniformemente, disminuyendo los daños del pergamino ⁶⁰.

Los equipos y las instalaciones de secado deben revisarse y repararse oportunamente. Los secadores al sol deben lavarse y los mecánicos limpiarse periódicamente con el fin de eliminar el polvo y partículas de granos y así, controlar la presencia de mohos ⁵⁸. Se debe mantener la higiene de las instalaciones y revisar las barreras de protección del café contra las fuentes de contaminación⁵⁸. Las altas temperaturas o las lluvias repentinas rehumedecen el café y crean condiciones propicias para la reproducción de hongos⁸. Los roedores, barreduras, excremento de aves y animales domésticos ponen en riesgo la inocuidad del grano que está expuesto.

El tipo de secado solar en invernadero o también conocido como marquesina o secado parabólico es una plancha de cemento o madera, cubierta con una estructura de guadua y plástico, que permite la circulación interna del aire⁶⁰, debido a que tiene menos exposición al sol y tiene más contenido de humedad tiene mayor probabilidad de contaminación por hongos comparado con el secado en el suelo de cemento ⁵⁵.

Las camas africanas o camas elevadas es un método de secado construido con madera, malla y cubierto con plástico donde el café se encuentra aislado del suelo y hace que la una circulación de aire sea más fácil y desde la parte de debajo de la cama hace que sea más homogénea la circulación del aire con un proceso de secado más rápido y más limpio, sin embargo, en el caso de la ventilación, hay que tener en cuenta las variaciones climáticas y variar la entrada o salida de aire si es necesario. Se debe tener en cuenta las condiciones del lugar si es muy frío o hace mucho viento, se puede reducir la entrada del aire. De lo contrario, si no se alcanza la temperatura adecuada, también se puede cerrar a la mitad la salida del aire caliente, siempre teniendo mucho cuidado con la generación de vapor en el interior, que caería en forma de gotas al café y dañaría irreversiblemente los granos generando hongos filamentosos productores de OTA. En el caso contrario, si hay mucho calor y se genera vapor, se puede abrir la ventana superior para que salga más aire caliente y circule de la manera adecuada ⁶².

La infraestructura de secado solar tiene un promedio de vida útil de aproximadamente 8 años, pero la carpa o plástico con que está cubierta la cama africana, marquesina o secadora parabólica esta entre 2 y 3 años, por lo tanto, hay que cambiarla para que el grano no sufra afectaciones por lluvia o altas temperaturas que rehumedecen o sobre secan el grano de café siendo así contaminadas por hongos ⁶². Hay que tener en cuenta que el café que se encuentra en el nivel más cercano al techo, se secará antes, por lo tanto, hay que hacer las rotaciones respectivas con las bandejas del nivel inferior y revolver varias veces al día ⁶². Para tener un secado parejo, al momento de secar el café se debe tener en cuenta el grosor de las capas de café, un estudio realizado en la costa de Marfil en el año 2012 demuestra que la lentitud en el proceso de secado producido por el mal manejo de la capacidad del metro cuadrado, es uno de los factores que influyen en el crecimiento de Ocratoxina A, es decir en más cantidad de café húmedo por metro cuadrado el tiempo de secado es más prolongado. De esta forma también influye las veces que se revuelve el café en el día, entre más veces se mezcle el café disminuye la presencia de contaminación por hongos ³⁶.

El secado mecánico del café es uno de los más utilizados en los productores con más producción de café y también en los pequeños productores debido al factor climático, se utilizan silos secadores con cámaras en la cuales se introduce aire caliente a máximo 50°C, impulsado por un ventilador, el cual atraviesa la masa de café, desde este punto existe el riesgo químico que incluye a los combustibles y la contaminación del grano por las emisiones de la combustión directa, ocurridas al interior de las cámaras donde se depositan los granos para el secado del café ⁵⁸. El aire se puede calentar con estufas o quemadores, que funcionan con combustibles como el carbón mineral, coke, gas propano y el ACPM ⁶⁰. En los silos, el secado demora normalmente entre 25 y 30 horas, no se debe apagar el secador mecánico sin terminar el proceso de secado es decir que todavía este húmedo, ya que esta práctica origina defectos por contaminación, químico y fenol ⁵⁸. Así mismo se debe iniciar el secado tan pronto termine el lavado cuando el agua este escurrida completamente en los tanques de lavado o canales de correteo. Siempre es de vital importancia disminuir riesgos en el secado distribuyendo las capas delgadas de 3 a 4 centímetros de espesor y revolver por lo menos cada hora el café ⁶⁰.

Los equipos de secado siempre deben estar limpios y no permitir que los vapores o el humo entren en contacto con el café ya que afecta la calidad del grano. El equipo de secado estático sin cámara de pre-secado es el más sencillo y consta de una cámara de secado. El aire caliente entra por la parte superior. Para obtener una mayor uniformidad en el contenido de humedad del grano, el flujo del aire se invierte cada 6 a 12 horas hasta obtener el contenido de humedad final. Se utilizan capas de café de 40 cm de espesor. El silo secador tiene compuertas rectangulares que al abrirlas o cerrarlas permiten cambiar el sentido del flujo del aire entre sus dos cámaras. En caso de tener café sobre secado no se debe devolver porque se blanquea y los granos mojados del centro del arrume o del bulto se fermentan produciendo hongos productores de OTA, y a la hora de terminar el secado no se debe empacar inmediatamente se debe dejar reposar para evitar el riesgo de reproducción de hongos. Este tipo de silos estático es también conocido como silo vertical de dos pisos y las cámaras pueden operarse individualmente ⁶⁰.

Todo material que represente un riesgo de contaminación en el café se debe desinfectar por esta razón la infraestructura de tolva, beneficio húmedo, secado, empaque y almacenamiento debe cumplir con las condiciones de inocuidad adecuadas para el procesamiento del café. Los empaques de recolección deben estar limpios para la recolección, los cocos recolectores no deben estar sucios ya que representa un riesgo de contaminación, después de hacer cada proceso se recomienda el lavado constante sin químicos, ni detergentes que dañen la calidad del grano. Todo proceso de fabricación de alimentos que incluye operaciones de fermentación, secado y almacenamiento debe cumplir las condiciones sanitarias para evitar riesgos en la salud, y reducir el crecimiento potencial de microorganismos que contaminan el café. Se debe controlar los factores físicos, tiempo, temperatura, humedad actividad acuosa y pH ⁶³.

Es muy importante evitar rayones o cortadas del nailon en los empaques ya que si se agrieta o se rompe la acción del viento se deteriora mucho más rápido generando daños en el pergamino ⁶². Un mal proceso de secado del grano, combinado con granos buenos y con defectos puede causar el crecimiento de OTA en el almacenamiento, teniendo en cuenta el nivel de humedad que debe tener el café para estar en el punto óptimo, los periodos de almacenamiento muy prolongados pueden perder calidad en el sabor ³⁶. Estar por encima o debajo de la humedad permitida genera efectos químicos en la aparición de ochratoxina causado por ataque de hongos como *Penicillium* y

el *aspergillus*⁸. El lugar de almacenamiento se debe cumplir con las condiciones higiénicas ya que un inadecuado almacenamiento puede conducir a un rápido deterioro del grano y provocar la producción de OTA.

En el almacenamiento se debe evitar la contaminación y alteración del café, la proliferación de microorganismos indeseables en el alimento, el deterioro o daño del empaque⁶³. Se realizó un estudio sobre los empaques propicios para el adecuado almacenamiento y se recomienda las bolsas de poliestireno son menos permeables y la absorción de agua se produce en menos cantidad que los sacos de yute³⁶. El espacio de almacenamiento debe estar seco y libres de contaminaciones con productos químicos, fertilizantes, concentrados, combustibles, entre otros. Los sacos se ponen sobre estibas de madera y separados de las paredes, los granos de café mordidos por insectos son propicios para la producción de mohos pasando grano a grano hasta contaminar un lote de café por medio de las esporas⁸.

Generalmente el almacenamiento de café es indispensable en la caficultura colombiana ya que se debe guardar hasta la venta, es imprescindible mantener la calidad del grano y la cantidad de café en el almacenamiento, ya sea en silos, bodegas o sacos. Para esto es necesario protegerlo del ambiente y del clima, de los cambios bruscos de temperatura (siempre alrededor de 20°) y de altas temperaturas que pueden ser destructivas, de los insectos, de los malos olores, de la contaminación y de los roedores; evitar, también, el desarrollo de hongos y microorganismos por demasiada humedad (humedad relativa del ambiente de 65%)⁶².

4.3 Normativa y reglamentación

La producción de Colombia para el año cafetero 2021/2022 cerro en 11,7 millones de sacos, una caída del 12,8 % con respecto a los 13,4 millones de sacos del año cafetero 2020/2021. La producción de cafés arábigos tuvo una reducción de 4,8 % a nivel mundial, aun así, el café de Colombia sigue marcando diferencia con respecto a los cafés producidos en otras zonas del mundo, como prueba de esto, la prima de calidad al café suave colombiano cerro en promedio a 66,39 ¢/lb en el año 2022. En cuanto a las exportaciones del café de Colombia, norte América (Estados unidos, Canadá y México) representan el 51,5 %, Europa el 27,5 % y Asia el 17,4%.³

En contraste con las cifras en mención, es evidente la amplia distribución que tiene el café de Colombia a nivel mundial lo que a su vez representa la gruesa normatividad propia de cada nación a la cual es expuesta el café para cumplir con las internas de cada país, todas enfocadas en la seguridad de los alimentos.

La federación nacional de cafeteros (FNC) dentro de su ron como integrador de la caficultura a nivel nacional y a su vez como máximo ente del gremio, mediante la resolución 05 de 2028 estableció los lineamientos de la política de prevención y control para garantizar la calidad del café para exportación ⁶⁴. Partiendo desde los entes de inspección y vigilancia de alimentos a nivel nacional, el Ministerio de salud y protección socia colombiano expidió la resolución CC 4506 de 2013 en la cual establece los limites permisibles en cuanto a concentración de Ochratoxina (OTA) en café tostado en grano y molido y café soluble para lo cual fijo concentraciones máximas de 5 µ/kg y 10 µ/kg respectivamente ⁶⁵.

En el contexto internacional, a nivel de la Unión Europeo (UE) los límites establecidos para el café en grano y café soluble es de 3 µ/kg y 5 µ/kg respectivamente. ⁶⁶

5 metodología

5.1 Identificación de factores de riesgo

Para la identificación de los factores de riesgo asociados a la presencia de hongos productores de Ochratoxina (OTA) en las diferentes etapas de producción de café, se hará una revisión de artículos científicos, disponibles en bases de datos de la universidad de Antioquia, Cenicafé y sitios web de instituciones oficiales ya sean de orden nacional o internacional. La información recolectada se filtrará según su fecha de publicación, autores y relación del documento con el tema en estudio a fin de validar la rigurosidad de la misma.

Se considerará “Factor de riesgo” a toda a aquella situación que de manera directa o indirecta favorezca la contaminación, proliferación o Re contaminación por hongos productores de OTA en las diferentes etapas de producción de café, desde la recolección, el almacenamiento en campo, el transporte al beneficiadero, la selección de la cereza, el despulpado, la fermentación, el lavado, el secado, el almacenamiento y la comercialización en los puntos de compra.

5.2 Creación y estructuración de lista de chequeo

Una vez identificados los factores de riesgo, se elaboran preguntas tipo cerrada diseñada para el público objetivo, es decir, no tendrán alto grado de complejidad y tendrán un lenguaje de fácil comprensión, pero guardando la rigurosidad y la relación con el objeto de investigación.

Una vez diseñadas las preguntas, se creará un formato de lista de chequeo donde se identificarán cada una de las etapas a evaluar y se ubicarán las preguntas siguiendo una secuencia lógica que facilite la interpretación de los datos recolectados.

5.2.1 Realización de la evaluación

La lista de chequeo tendrá una escala de valoración de uno a cinco para determinar el factor de riesgo, cada puntuación se asignará con base a las siguientes premisas:

- Puntuación uno (1): condición de alto riesgo para la presencia de hongos formadores de OTA.
- Puntuación dos: situación que puede representar un riesgo moderado para presencia de hongos formadores de OTA.
- Puntuación tres: indicara un punto de inflexión hacia la zona de situación de riesgo o a la zona donde no lo hay.
- Puntuación cuatro: situación que puede representar un riesgo muy leve para No presencia de hongos formadores de OTA.
- Puntuación cinco: condición de muy bajo riesgo para la presencia de hongos formadores de OTA.

El correcto diligenciamiento de la lista de chequeo y la puntuación asignada, estará soportado por material fotográfico y observaciones puntuales. Cuando exista una pregunta difícil de calificar o haya diferencia de opiniones, se usarán las evidencias para llegar a un acuerdo.

5.2.2 Interpretación de datos

Una vez finalizado el diligenciamiento de la lista de chequeo se procederá a evaluar los datos recopilados, de la siguiente manera:

- Se calculará la puntuación por cada etapa del proceso evaluado.
- Se calculará la puntuación total para cada predio evaluado.
- Se interpretará la puntuación total según criterios previamente definidos.
- Se identificarán las áreas que requieren atención inmediata y se establecerá un plan de acción para abordarlas.
- Se evaluará la efectividad del plan de acción ajustado a las condiciones y la situación de cada predio.

La evaluación arrojará un índice de riesgo para cada una de las fincas lo que permitirá conocer que tan probable es la ocurrencia de contaminación por OTA en el café que se produce en cada predio y de modo general permitirá establecer las condiciones actuales con respecto al riesgo de contaminación por OTA en el área de influencia.

5.2.3 Validación del instrumento

Una vez finalizada la estructuración del instrumento (Lista de chequeo), se someterá a un proceso de validación por un grupo de académicos conocedores del café.

Las sugerencias, correcciones o recomendaciones que surjan de la revisión en mención servirán para darle un mayor rigor al instrumento. Los profesionales a los cuales se les presentará el documento, deberán ser expertos en procesamiento de café, microbiología (Hongos) y buenas prácticas de manufactura (BPM).

5.3 Toma de datos en campo

La recolección de los datos se hará de manera personal mediante visitas a los predios con el fin de evaluar in situ y ver de primera mano el estado de las fincas. Cada visita será notificada con antelación al igual que el ingreso a los predios será con la estricta autorización del propietario. El diligenciamiento del formulario estará a cargo de los responsables de la investigación los cuales serán distribuidos de acuerdo a su ubicación estratégica. En este caso la señorita Eliana Montoya, evaluará las 10 fincas del municipio de Andes (5°39'0" N 75°52'1" O) a 1516 msnm y el señor Kenedy Garcia evaluará las 10 fincas del Municipio de El Retiro (6°3'0" N 75°30'0" O) a 2287 msnm, ambos en jurisdicción del departamento de Antioquia.

La lista de chequeo se llenará de manera digital, sin necesidad de conexión a internet y los datos recolectados se almacenarán de forma automática en el dispositivo electrónico para su posterior interpretación y análisis.

5.4 Determinación de Ochratoxina A

5.4.1 Toma de Muestras

Como criterio para la toma de muestras, se seleccionarán las dos fincas con peor índice de riesgo para la presencia de hongos formadores de OTA, preferiblemente y en la medida de lo posible una finca del municipio de Andes y otra del municipio de El Retiro.

A el proceso de laboratorio se someterán muestras (400 gr) de café pergamino seco, tomadas de la zona de almacenamiento de cada finca. Se solicitará al caficultor que la muestra no tenga ninguna intervención, es decir que tenga las mismas condiciones de como habitualmente comercializa el café en los puntos de compra. Para la toma de la muestra, se contará con empaques totalmente limpios que garantice la no contaminación del café, además se asegurará la custodia y conservación de la misma hasta entregarla al laboratorio encargado de su procesamiento.

La obtención de las muestras será con previa negociación entre el caficultor y los investigadores.

5.4.2 Medición de mohos y levaduras (UFC)

El método al igual que los equipos destinados para la medición de mohos y levaduras (UFC) será determinado por el laboratorio encargado, el cual goza de autonomía para definir cómo proceder. Sin embargo, los resultados entregados deben ser totalmente confiables.

Resultados

Municipios evaluados

Municipio de El Retiro



Tomada de: ⁶⁷

Municipio de Colombia, ubicado en el departamento de Antioquia, subregión del oriente. Fundado en 1970 por las familias Mejía, Montoya, Botero, Uribe, Vallejo, Jaramillo y Henao. Cuenta con una superficie de 243 km² y una altura sobre el nivel del mar de 2175 m. Limita por el norte con los municipios de Rionegro y Envigado, por el este con Rionegro y la Ceja, por el sur con La Ceja y Montebello y por el oeste con los municipios de Santa Barbara, Caldas y Envigado ⁶⁸.

Otros datos importantes

- Población: 23,514 habitantes
- Temperatura: 16°C promedio
- Distancia a Medellín: 33 km
- Veredas: Carrizales, Don Diego, El Barcino, El Carmen, El Chuscal, El Portento, La Amapola, La Honda, La Hondita, La Luz, Lejos del Nido, Los Medios, Los Salados, Nazareth, Normandía, Pantalio, Pantanillo, Puente Peláez, Santa Elena y Tabacal⁶⁸.

Actividades económicas: su economía se basa principalmente en tres renglones

Ebanistería y carpintería: La elaboración de muebles es una tradición desempeñada por ebanistas y carpinteros experimentados que transmiten sus conocimientos de generación en generación durante más de 100 años. La inspiración, la creatividad y el trabajo manual de estos artesanos transforman la madera en muebles de reconocida hermosura, calidad y duración⁶⁸.

Agricultura: con una producción relativamente diversificada según evaluaciones del ministerio de agricultura, donde predominan cultivos tradicionales en la subregión⁶⁹.

	2019		2020		Variación producción
	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	
Aguacate	609	8302,5	614	10998	2695,5
Tomate	16,5	2970	22	5430	2460
Papa	50	806	50	750	-56
Yuca	17,5	300	40	360	60
Fresa	4	144	6	288	144
Tomate de árbol	3	81	9	252	171
Café	182	189	179	192	3
Plátano	54,5	118,75	60,5	136,25	17,5
Mora	18	120	17,5	123,75	3,75
Lulo	0	0	6	90	90
Frijol	11	27,2	25	56,95	29,75
Maíz	12,5	27,3	17,5	36	8,7
Arveja	2	5,6	4	4,8	-0,8
Romero	0	0	2	5	5

Tomado de: Boletín económico municipal

Caficultura

Actualmente, según datos del comité departamental de cafeteros de Antioquia, el municipio cuenta con un área de 183 Ha, distribuidas en 240 fincas y en siete veredas de las cuales destacan La Luz, Nazareth, Los Medios y Tabacal. El tamaño promedio de cada predio es de 0,87 Ha a una

densidad de 4898 Arb / Ha. El 86,6 % del área sembrada es resistente a roya y el 99,9 % de su caficultura se encuentra por encima de los 1800 msnm.⁷⁰

Municipio de Andes

Andes es un Municipio de Colombia, localizado en la subregión Suroeste del departamento de Antioquia, es célebre por ser la cuna del escritor, filósofo y periodista antioqueño Gonzalo Arango, fundador del movimiento nadaista⁷¹. Fundado el 13 de marzo de 1852 por Pedro Antonio Restrepo Escobar.⁷²

Extensión total: 403,42 Km²

Extensión área urbana: 2.5 Km²

Extensión área rural: 400.92 Km²

Temperatura media: 21° C

Altitud: 1360 msnm

Limita por el norte con los municipios de Betania, Hispania y Pueblo Rico, por el este con los municipios de Jardín y Jericó, por el sur con el departamento de Risaralda y por el oeste con los departamentos de Chocó y Risaralda. Su cabecera dista 126 kilómetros de la ciudad de Medellín y posee una extensión de 403 kilómetros cuadrados ⁷². Cuenta con 98 veredas cafeteras, 4.077 caficultores, 5.442 fincas, área sembrada de café 10.616 hectáreas con una densidad promedio de 6.081 árboles por hectárea y una edad promedio de 4.07 años⁷⁰.

Economía

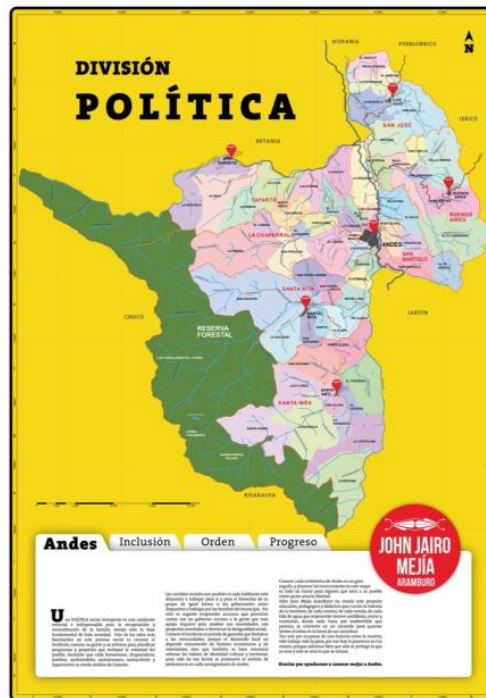
Agricultura

Los principales cultivos son café (10.616 Ha), plátano y banano (2.305 Ha), caña (202 Ha), fríjol (131 Ha), maíz (82 Ha), yuca (42 Ha), frutales (25 Ha) y tomate (7.5 Ha)⁷².

La actividad pecuaria cuenta anualmente con un volumen de 4.933 bovinos, 1.702 equinos, 1.359 porcinos, 14.751 aves, 125 estanques piscícolas, 14 apiarios y 119 lombricultivos⁷².

Minería

La actividad minera se realiza mediante explotaciones de material de playa, balastro y extracción de oro sin inventario detallado; la actividad forestal es una de las mayores potencialidades del suelo, ocupa el 45.7 % del territorio⁷².



Autor: Foto de Ing. John Jairo Mejía Aramburo

Datos generales

Luego de realizar el proceso de evaluación en 20 predios distribuidos por partes iguales en los municipios mencionados anteriormente, se obtuvieron las siguientes puntuaciones.

Para el municipio de El Retiro, se determinó que la puntuación final se movió en el rango de 167 a 191 puntos, lo cual arrojó seis predios con calificación de **Riesgo Moderado** y cuatro restantes con calificación de **Buenas Prácticas**. Para el municipio de Andes, la puntuación final se movió en el rango de 157 a 194 puntos, lo cual resultó en ocho predios con calificación **Riesgo Moderado**, uno con **Riesgo Alto** y uno con **Buenas Prácticas**. Ver tabla. 1

Tabla 1 Consolidado general fincas evaluadas municipios de Andes y El Retiro

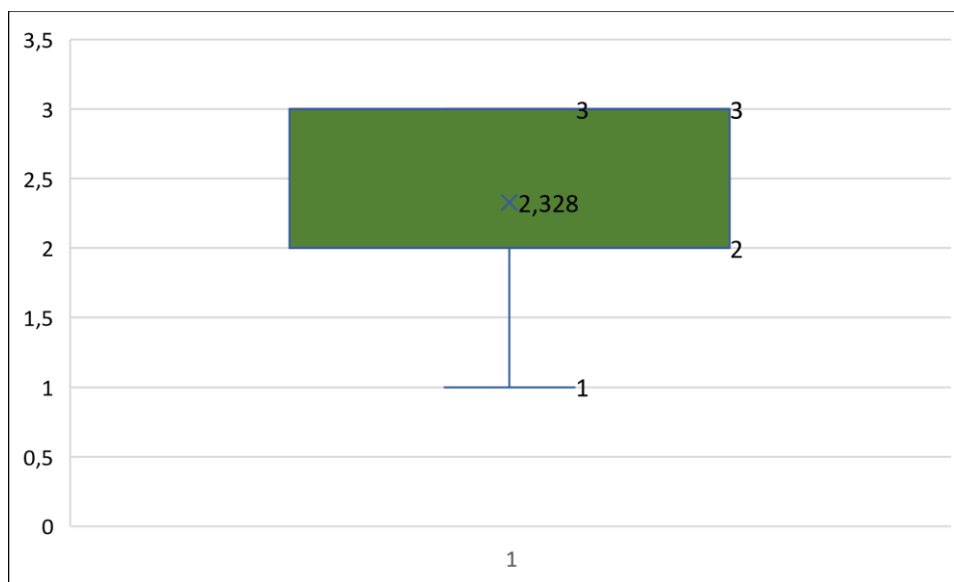
Código Caficultor	Puntaje	Nivel de Riesgo
2011	179	Riesgo Moderado
2022	167	Riesgo Moderado
2033	191	Buenas Prácticas
2044	191	Buenas Prácticas
2055	189	Buenas Prácticas
2066	172	Riesgo Moderado
2077	185	Buenas Prácticas
2088	159	Riesgo Moderado
2099	176	Riesgo Moderado
2100	176	Riesgo Moderado
1011	177	Riesgo Moderado
1022	194	Buenas Prácticas
1033	177	Riesgo Moderado
1044	164	Riesgo Moderado
1055	127	Alto Riesgo
1066	178	Riesgo Moderado
1077	171	Riesgo Moderado
1088	157	Riesgo Moderado
1099	176	Riesgo Moderado
1100	169	Riesgo Moderado

Resultados para prácticas de **Alto Riesgo** (ponderación 1) de contaminación, Re contaminación y proliferación de hongos formadores de OTA

De acuerdo con la información recolectada durante la aplicación de la lista de chequeo en las fincas productoras, se determinaron los siguientes resultados para las prácticas que representan un alto riesgo y son determinantes a la hora favorecer la contaminación de ochratoxina.

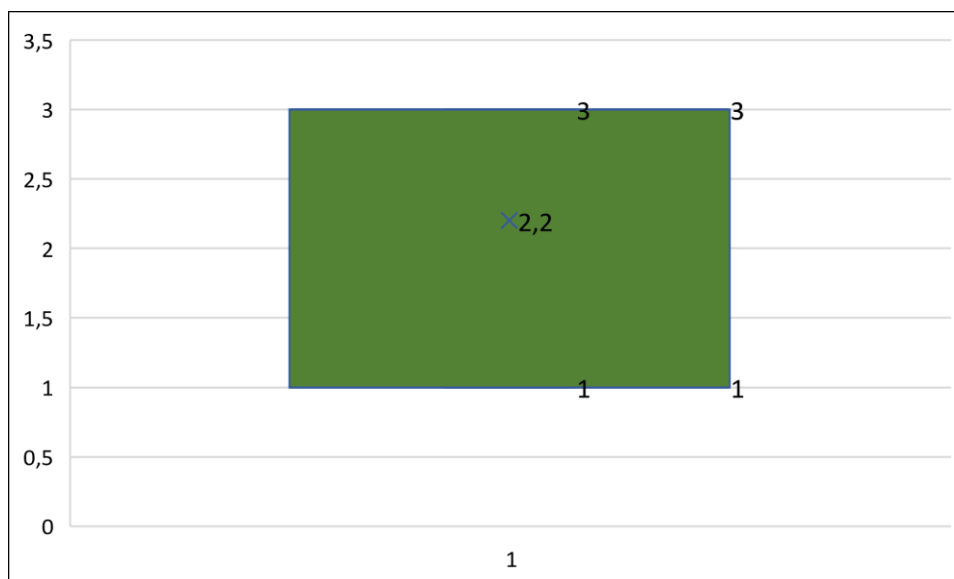
Para el caso del municipio de El Retiro, se pudo determinar de acuerdo con la ilustración 1 (gráfico de caja y bigotes) que una gran cantidad de las calificaciones totales estuvieron en dos o por encima de dos, lo que representa una alta frecuencia de estos valores como consecuencia de las buenas prácticas que realizan los caficultores evaluados. Ver Ilustración 1

Ilustración 1 Gráfico de caja y bigotes para prácticas de alto riesgo (Ponderación 1), municipio de El Retiro



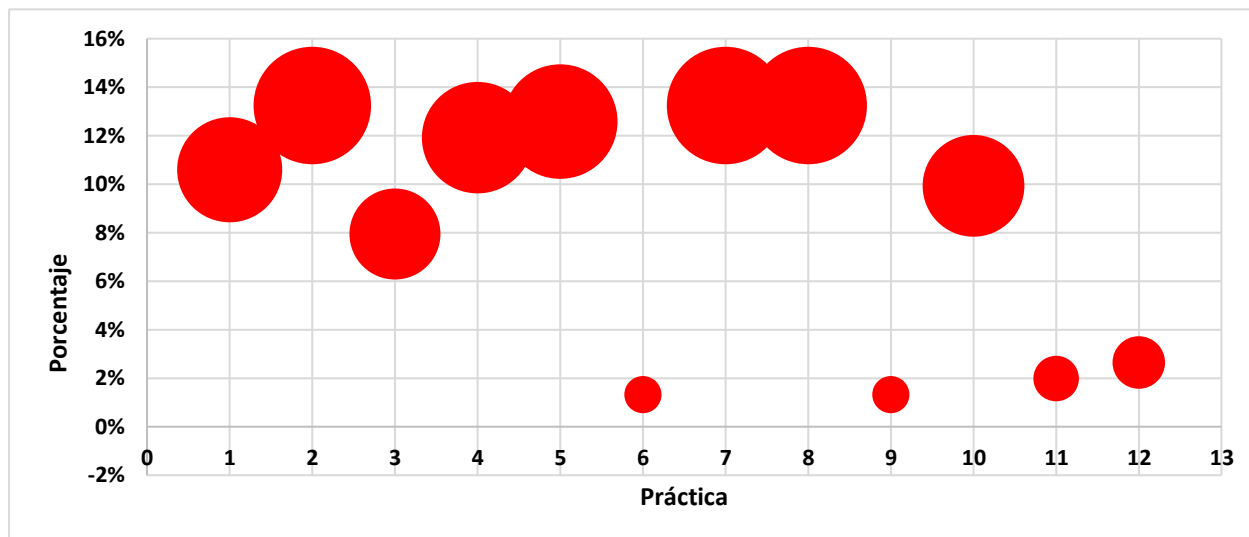
En lo que respecta al municipio de Andes, se pudo determinar que el comportamiento de las calificaciones fue muy uniforme debido a que las mimas estuvieron muy cerca a la mediana general de los datos, lo cual permite concluir que los hábitos de los caficultores no tienen una tendencia establecida por lo cual hay una amplia variación a la hora de poder establecer un valor para cada ítem. Esta situación puede reflejar que los caficultores de Andes pueden estar prestando menos o más atención a algunas prácticas. Ver Ilustración 2

Ilustración 2 Gráfico de caja y bigotes para prácticas de alto riesgo (Ponderación 1), municipio de Andes.



La revisión sistémica de los datos para las preguntas con ponderación 1, permitió establecer cuáles son las peores prácticas que desarrollan los caficultores y por lo tanto se les debe prestar un cuidado especial. Dentro de las peores prácticas, destacan la recolección de granos de café cereza que caen al suelo y se mezclan con la masa recién cosechada, el No procesamiento por separado de granos contaminados, el No hacer separación hidráulica al café que llega del cultivo (flotes), No usar el fermaestro para determinar el punto óptimo de lavado en cafés que No tienen como fin la especialidad, los contenidos de pulpa con formaciones mohosas (Negros, pasillas) en el café recién despulpado que puedan afectar el debido proceso de degradación del mucilago, No usar medidor de humedad o algún método que permita determinar un punto óptimo de secado del café y los riesgos de re humedecimiento del café en las bodegas. Ver ilustración 3.

Ilustración 3 Peores prácticas realizadas para alto riesgo de contaminación, Re contaminación y proliferación de hongos formadores de OTA



Cabe resaltar que en el proceso de identificar las peores prácticas para el riesgo de contaminación por ochratoxina (OTA), se debe tener en cuenta los métodos de procesamiento modernos que se desarrollan en la actualidad a partir de cafés sin despulpar, mezcla de cochadas y fermentaciones extendidas que surgen de procesos experimentales pero siempre basados en el control de parámetros como temperatura y pH, la estandarización, la asepsia de los espacios y de la indumentaria para tal fin por lo cual se debe entender que las prácticas que se identificaron están muy asociadas a situaciones que pueden representar una alteración negativa que favorezca el riesgo de contaminación como poca asepsia, poco o cero control de parámetros y bajo control de los procesos.

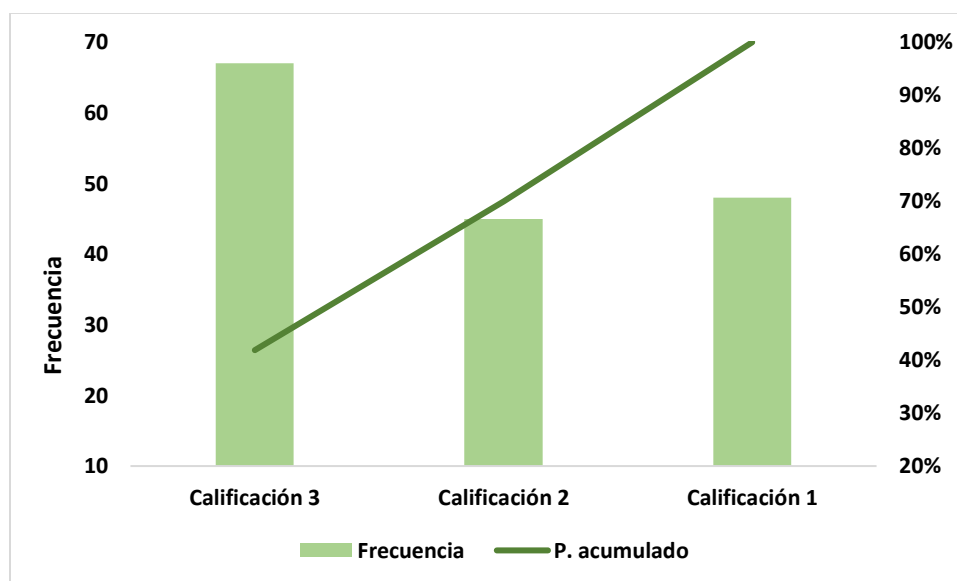
En ese orden de ideas y teniendo presente que los caficultores evaluados en ambos municipios no se dedican a producir cafés de especialidad o no prestan atención al control de parámetros aparte de producir un café estándar, las practicas identificadas si pueden representar un alto riesgo.

Análisis de prácticas con ponderación dos (riesgo potencial)

A partir de las prácticas que representan un riesgo potencial (ponderación 2) para la formación de hongos formadores de OTA, se pudo determinar a partir de gráfico Pareto para cada municipio, lo siguiente:

Para el municipio de El Retiro, se pudo determinar que, del total de respuestas posibles, 67 tuvieron calificación 3 y 45 calificación dos, lo que representa que más del 70 % del total de respuestas fueron positivas o se encuentran en un punto medio que finalmente muestra un buen comportamiento de la caficultura en lo que respecta a desarrollo de prácticas. cabe resaltar que las respuestas con calificación uno que, aunque representan menos del 30 % del total posible, se falló en prácticas como el No control y monitoreo de las condiciones de almacenamiento, la No desinfección de baldes, palas y rastrillos, mezclar cochas con diferentes tiempos de fermentación sin hacer ningún control y No prestar atención a el control de broca en el cultivo.

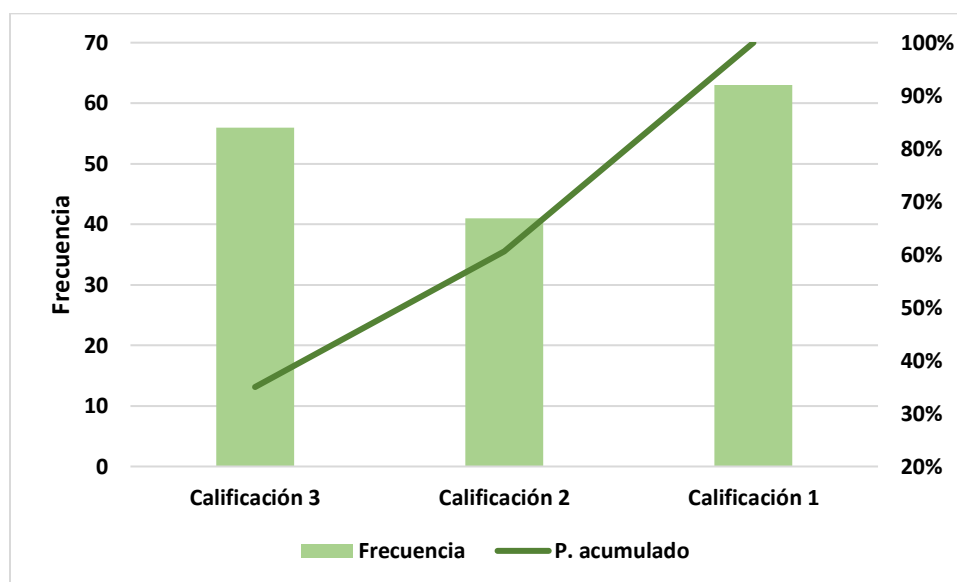
Ilustración 4 Pareto para prácticas de riesgo potencial (ponderación 2), municipio de El Retiro



En cuanto al municipio de Andes, el comportamiento de la calificación, tuvo cierta similitud, aunque vario la frecuencia en cada calificación se pudo deducir que el 60 % de las

prácticas se hacen de manera correcta o están en un punto donde mejorarlas es más viable. Al igual que en El Retiro, se falló en prácticas como el No control y monitoreo de las condiciones de almacenamiento, la No desinfección de baldes, palas y rastrillos, mezclar cochadas con diferentes tiempos de fermentación sin hacer ningún control y resalto la práctica de dejar café en la tolva por más de un día sin ningún tipo de manejo o control. Las malas prácticas fueron representadas por cerca del 40 % de las preguntas evaluadas. Ver ilustración 5

Ilustración 5 Pareto para prácticas de riesgo potencial (ponderación 2), municipio de Andes



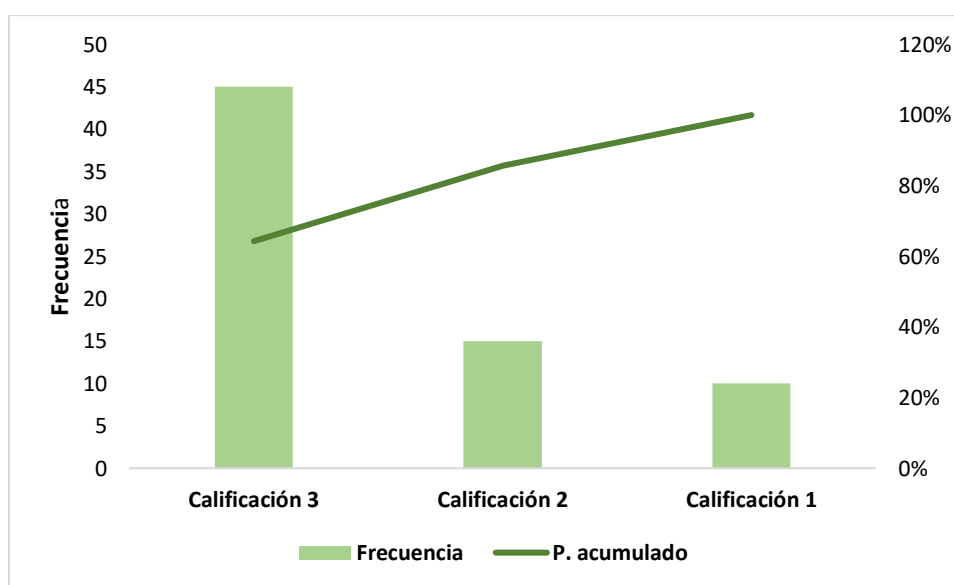
A nivel general para ambos municipios, cerca del 35 % de las preguntas con ponderación 2 y baja calificación fueron las responsables de alterar la puntuación final de las fincas. Esta situación permite concluir que el 65 % de las prácticas con riesgo potencial se están haciendo bien o medianamente bien reconociendo que puede haber aspectos que se deben mejorar, lo importante es prestar cuidado especial a las prácticas que están generando problemas y corregirlas lo más pronto posible.

Análisis de prácticas con ponderación tres (riesgo moderado)

En las practicas con ponderación tres (riesgo moderado), se pudo identificar el siguiente comportamiento para cada municipio.

El municipio de El Retiro presento una calificación bastante positiva para prácticas de ponderación tres. El 85 % de las calificaciones estuvieron entre dos y tres lo que recrea una situación de buenas prácticas por parte del grupo evaluado. La práctica que más problema presento fue el almacenamiento elevado del café cereza antes de llevarlo a la tolva, representando el 15 % de las practicas negativas que generan riesgo moderado. Ver ilustración 6.

Ilustración 6 Pareto para prácticas de riesgo moderado (ponderación 3), municipio de El Retiro

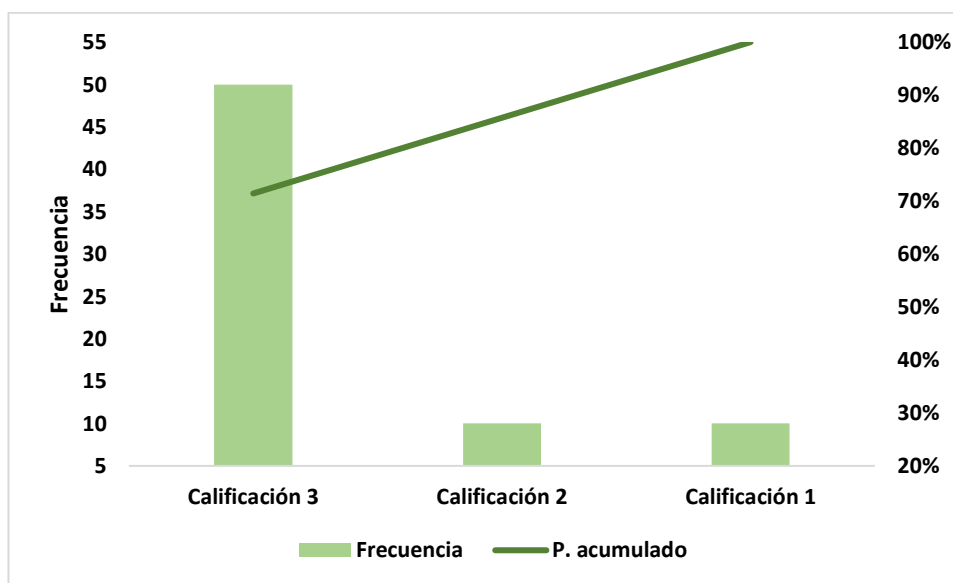


En cuanto al municipio de Andes, el balance fue aún más positivo, dado que el número de prácticas con calificación 3 fue superior con respecto a El Retiro lo que permite determinar que los caficultores están haciendo un buen control a las prácticas que representan riesgo moderado para la formación de hongos formadores de ochratoxina.

Como prácticas que se deben mejorar, está el almacenamiento elevado del café cereza dentro del cultivo antes de llevarlo a la planta de beneficio. Ver ilustración 7.

Finalmente, solo el 15 % de las prácticas de riesgo moderado se deben mejorar con el fin aumentar la puntuación y disminuir los riesgos.

Ilustración 7 Pareto para prácticas de riesgo moderado (ponderación 3), municipio de Andes



A modo general, aunque las prácticas que se evalúan en el nivel de ponderación tres representan un riesgo muy moderado para la contaminación de hongos formadores de OTA, si no se les presta atención puede desencadenar en una condición en cadena que finalmente genere un deterioro. En este caso puntual, el comportamiento de los 20 caficultores evaluados en los dos municipios es favorable ya que en promedio el 85 % de las prácticas se manejan de forma correcta y solo el 15 % restante se debe mejorar.

Análisis global de resultados

La ilustración de calificación global, crea una imagen general, pero a la vez específica del comportamiento de los caficultores respecto a una serie de prácticas para determinar los riesgos de contaminación, re contaminación y proliferación de hongos formadores de ochratoxina (OTA). Para su construcción se tomó la calificación que se dio a cada practica evaluada en las 20 fincas cafeteras. La calificación uno, que representa el peor escenario para la práctica en cuestión, se le asigno el color rojo, la calificación dos, representa un punto medio de acción con respecto a la práctica, se le asignó coloración amarilla y finalmente para la calificación tres, que representa un escenario favorable se le asignó la coloración verde. La unión de los resultados en una sola tabla permite identificar comportamientos y tendencias generales que permiten generar múltiples conclusiones.

Al analizar la ilustración para el municipio de el Retiro, se identifican datos en serie con diferentes coloraciones que sirven para determinar tendencias en los caficultores y los datos en dispersión indican que las practicas no son muy comunes. A modo general, de las 490 calificaciones posibles que se pueden dar para el tamaño de la muestra analizada, 240 fueron favorables (color verde), 121 calificaciones fueron intermedias (color amarillo) y 129 negativas (color rojo). Ver ilustración 8

Ilustración 8 Calificación global El Retiro

[illegible]

La ilustración para el municipio de Andes tiene la misma tendencia (datos en serie y en dispersión) al igual que El Retiro. A modo general de las 490 calificaciones posibles, 222 fueron favorables (coloración verde), 97 calificaciones fueron intermedias (coloración amarilla) y 171 calificaciones fueron negativas (coloración roja). Al comparar los datos obtenidos en ambos municipios, se puede identificar que Andes presento una variación más alta con tendencia negativa lo cual permite concluir que en andes hay más situaciones que pueden un riesgo de contaminación. Ver ilustración 9.

Ilustración 9 Calificación global Andes

Aspectos	1022	1011	1100	1066	1055	1077	1088	1099	1044	1033
1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
2	3	3	2	3	2	3	2	1	1	1
3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2
4	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	3	3	1	1	1	1	2	3	1	1
7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2
12	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
13	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	3	3	1	3	2	2	2	2	1	2
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
22	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
23	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
24	3	2	3	2	1	2	3	2	2	3
25	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
26	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
27	3	1	3	3	1	3	1	3	3	3
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
30	2	1	2	1	2	3	2	3	3	3
31	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3
32	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
33	2	1	1	3	1	3	1	3	1	3
34	3	2	1	1	1	2	3	3	1	2
35	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
36	3	2	3	2	2	3	1	1	1	3
37	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	3	3	1	3	1	2	2	3	2	2
41	2	3	3	2	2	2	3	2	3	3
42	3	1	1	2	2	1	1	2	1	2
43	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3
44	3	1	1	3	1	2	3	3	3	3
45	3	3	3	2	1	2	3	2	3	3
46	3	2	3	3	1	2	3	3	3	3
47	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3
48	2	3	3	2	1	3	3	3	3	3
49	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3

Las mejores prácticas en las que confluyen los caficultores evaluados son:

- Garantizan un transporte adecuado del café cereza hasta el beneficio, no hay riesgo general de contaminación cruzada.
- No almacenan café cereza por más de un día en la tolva (no se manejan procesos de especialidad).
- Las maquinas están en buenas condiciones de asepsia antes del despulpado.
- La infraestructura, la asepsia y el No riesgo de contaminación con excremento de animales en los procesos de secado.
- La capacidad y supervisión constante del proceso de secado desde el cargue de marquesinas hasta la finalización de secado.
- Uso de bolsas grain pro para el almacenamiento de café pergamino seco.

9 conclusiones

En cuanto al desarrollo del instrumento el cual surge a partir de una investigación y revisión de artículos científicos donde se identificaron factores de riesgo en cada etapa necesaria en la producción de café pergamino seco desde la finca se puede concluir que luego de construir el instrumento, someterlo a un proceso de validación con un grupo de tres profesionales con amplia experiencia en temas de calidad e inocuidad y hacer pruebas en campo se encuentra que el mismo es útil para la determinación de riesgo de contaminación, re contaminación y proliferación de hongos formadores de ochratoxina (OTA).

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas en campo permiten recrear las condiciones y prácticas de manera puntual y grupal en las fincas además de establecer una puntuación final que la posiciona en un índice de riesgo y a su vez sirve como parámetro base para prever posibles escenarios y trazar una hoja de ruta para reducir los riesgos de contaminación, re contaminación y proliferación de hongos formadores de OTA.

Conociendo de primera mano el apoyo institucional (asistencia técnica, puntos de compra, y apoyo de alcaldías locales) con el que cuentan los municipios evaluados y según lo evidenciando a través de los gráficos aún se identifican brechas significativas y oportunidades de mejora en la garantía de la inocuidad del café. Esto plantea una interrogante fundamental: ¿cómo será la situación en las zonas más marginadas y donde la presencia institucional y el respaldo gubernamental son precarios? Si incluso en áreas con algún nivel de apoyo institucional persisten riesgos, resulta imperativo considerar las condiciones en las que se encuentran otras zonas con aún menos recursos y apoyo. Esta preocupación subraya la necesidad de tomar medidas adicionales para abordar la seguridad alimentaria en todos los rincones del país.

La visualización de las condiciones halladas abre un rango de posibilidades para orientar esfuerzos desde la academia, los entes gubernamentales y la institucionalidad cafetera en pro de la mejora continua en el proceso productivo desde las fincas que permitan asegurar la calidad e inocuidad de café.

Con base en los resultados preliminares obtenidos de las pruebas de laboratorio aplicadas a las fincas de extremo, es esencial resaltar hallazgos críticos. En particular, se ha identificado un número significativamente alto de unidades formadoras de colonias en la muestra correspondiente a la finca calificada en rojo, con una puntuación de 127 sobre un total posible de 246. Estos resultados son especialmente preocupantes cuando consideramos los datos de lectura de mohos que posiblemente correlacionados con el nivel de riesgo resalta la importancia de abordar de inmediato las condiciones de inocuidad y medidas correctivas en otras fincas con nivel de riesgo equivalente.

10 recomendaciones

Actualización Continua de la Cartilla de Buenas Prácticas: Se sugiere implementar la cartilla de buenas prácticas y asegurar que esté en constante evolución para reflejar las últimas normativas y avances en la industria cafetalera. Esto garantizará que los productores estén al tanto de los estándares más recientes y puedan implementar prácticas que estén en línea con las expectativas de los nuevos mercados.

Fomentar la Capacitación Permanente: Se recomienda también diseñar programas de capacitación y entrenamiento para los productores de café, centrándose en aspectos como la calidad del grano, la gestión de plagas y enfermedades, y la seguridad alimentaria. Educar a los agricultores sobre la importancia de tratar el café como un alimento contribuirá a una producción más segura y de mayor calidad.

Monitoreo y Evaluación Continua de las Fincas: Sería positivo implementar un sistema de seguimiento y evaluación de las fincas que permita identificar áreas de mejora de manera preventiva. Esto podría incluir la realización periódica de análisis de laboratorio para garantizar que se mantengan los estándares de seguridad alimentaria.

Promoción de la Sostenibilidad: Incentivar prácticas agrícolas sostenibles que no solo mejoren la calidad del café, sino que también cuiden el medio ambiente y las comunidades locales. La sostenibilidad es un aspecto clave para atraer a los consumidores conscientes de la responsabilidad social y ambiental.

Referencias

1. Creus de Fortuny M. ¿Sabes cuál es la segunda bebida más consumida en el mundo? LA VANGUARDIA. Published September 28, 2021. Accessed April 1, 2023. <https://www.lavanguardia.com/participacion/retos/20210928/7750849/cual-segunda-bebida-mas-consumida-mundo.html>
2. Pastrán A. India ahora es el séptimo principal productor de café en el mundo, Colombia top tres. AGRONEGOCIOS. Published October 20, 2021. Accessed April 1, 2023. <https://www.agronegocios.co/agricultura/india-ahora-es-el-septimo-principal-productor-de-cafe-en-el-mundo-colombia-top-tres-3250204>
3. FNC. *IG Informe Del Gerente - 90 Congreso Nacional de Cafeteros.*; 2022.
4. Bloomberg. El consumo de café aumentará entre 1% y 2% por año hasta 2030, según la OIC. *La República*. Published online December 11, 2022. Accessed April 1, 2023. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/el-consumo-de-cafe-aumentara-entre-1-y-2-por-ano-hasta-2030-segun-la-oic-3506631>
5. FNC. *FNC En Cifras.*; 2017. www.federaciondecafeteros.org
6. Cigüeñas Riaño N. Huila es el departamento líder cafetero con 16% del área cultivada. *La República*. Published March 18, 2019. Accessed March 31, 2023. <https://www.larepublica.co/especiales/ruta-del-cafe/huila-es-el-departamento-lider-cafetero-con-16-del-area-cultivada-2840686>
7. Arias Jiménez Ferney. Conozca cuántos empleos generará cosecha de café en Antioquia. *elCOLOMBIANO*. Published August 9, 2021. Accessed March 31, 2023. <https://www.elcolombiano.com/negocios/agro/cosecha-cafetera-generara-empleo-temporal-en-antioquia-IA15370392>
8. Rodríguez Valencia N, Sanz Uribe JR, Oliveros Tascón CE, Ramírez Gómez CA. *Beneficio Del Café En Colombia*. Vol. 1 Cenicafé. (Benavides P, Sanz J, Góngora C, Acuña J, Sadeghian S, Marín S, eds.). 2015; 2015.
9. Davidovich Young GSPJM, Jiménez Rodríguez F, Segura Piedra JM. Ochratoxin A in coffee. *MICROBIOLOGÍA UCIMED*. 2019;3:21-26.
10. Akbar A, Magan N. The impact of water and temperature interactions on lag phase, growth and potential ochratoxin A production by two new species, *Aspergillus aculeatinus* and *A*

- sclerotii carbonarius, on a green coffee-based medium. *Int J Food Microbiol.* 2014;188:116-121. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.025
11. Gotteland M, De Pablo V. S. Algunas verdades sobre el café. *Revista chilena de nutrición.* 2007;34(2):105-115. doi:10.4067/S0717-75182007000200002
 12. Cañón Leonel EM. *Determinación de Las Condiciones de Proceso Para El Aseguramiento de Una de Las Variables Criticas de Calidad En El Café Industrializado: El Caso Del Contenido de Ochratoxina A.* Universidad de Ibagué; 2018.
 13. Ravelo Abreu A, Rubio Armendáriz C, Gutiérrez Fernández AJ, Hardisson de la Torre A. La ochratoxina A en alimentos de consumo humano: Revisión. *Nutr Hosp.* 2011;26(6):1215-1226. doi:10.3305/nh.2011.26.6.5381
 14. Ángel Gamboa-Gaitán M. *Presencia de Aspergillus y Otros Simbiontes Fúngicos En Granos de Café Procedentes de Colombia.*; 2012.
 15. OIC. *Coffee Market Report.*; 2023.
 16. Vélez Brito JP. *El Comercio Justo Como Una Oportunidad Para Comunidades de Pequeños Caficultores Con Plantaciones Especiales u Orgánicas En Colombia.* Universidad de los Andes; 2006.
 17. Yazdanfar N, Mahmudiono T, Fakhri Y, et al. Concentration of ochratoxin A in coffee products and probabilistic health risk assessment. *Arabian Journal of Chemistry.* 2022;15(12). doi:10.1016/j.arabjc.2022.104376
 18. Franco H, Vega A, Reyes S, De León Javier, Bonilla A. Niveles de Ochratoxina A y Aflatoxinas totales en cafés de exportación de Panamá por un método de ELISA. *Arch Latinoam Nutr.* Published online May 16, 2014:1-8.
 19. Valentä HV. *Chromatographic Methods for the Determination of Ochratoxin A in Animal and Human Tissues and Fluids.* Vol 815.; 1998.
 20. Monaci L, Palmisano F. Determination of ochratoxin a in foods: State-of-the-art and analytical challenges. *Anal Bioanal Chem.* 2004;378(1):96-103. doi:10.1007/s00216-003-2364-5
 21. Quevedo Mojica HL. *Incidencia de Ochratoxina A y Aislamiento de Hongos Con Potencial Ochratoxigénico En Las Etapas de Beneficio de Café (Coffee Arabica) Producido En Toledo - Norte de Santander.* 2018.

22. Puerta Quintero GI. *Prevenga La Ochratoxina A y Mantenga La Inocuidad y La Calidad Del Café*.; 2003.
23. Heussner AH, Bingle LEH. Comparative ochratoxin toxicity: A review of the available data. *Toxins (Basel)*. 2015;7(10):4253-4282. doi:10.3390/toxins7104253
24. Wang Y, Wang L, Liu F, et al. Ochratoxin A producing fungi, biosynthetic pathway and regulatory mechanisms. *Toxins (Basel)*. 2016;8(3). doi:10.3390/toxins8030083
25. Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev*. 2003;16(3):497-516. doi:10.1128/CMR.16.3.497-516.2003
26. Schwartz GG. Hypothesis: ¿does ochratoxin A cause testicular cancer? *Cancer Cuses and Control*. 2002;13(1):91-100.
27. Puerta Quintero GI. *Avance Técnico 352 - La Humedad Controlada Del Grano Preserva La Calidad Del Café*.; 2006. doi:10.38141/10779/0352
28. Levi C. Mycotoxins in Coffee. *J ASSOC OFF ANAL CHEM*. 1980;63(6):1282-1285. <https://academic.oup.com/jaoac/article/63/6/1282/5702055>
29. Studer-Rohr I, Dietrich DR, Schlatter J, Schlatter C. *The Occurrence of Ochratoxin A in Coffee*. Vol 33.; 1995.
30. Osorio Pérez V, Pabón Usaquén JP, Gallego Agudelo CP, Echeverri Giraldo LF. Vista de Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la composición química del café. *Revista Cenicafé*. 2021;72(1):44-60.
31. Twarużek M, Kosicki R, Kwiatkowska-Giżyńska J, Grajewski J, Altyń I. Ochratoxin A and citrinin in green coffee and dietary supplements with green coffee extract. *Toxicon*. 2020;188:172-177. doi:10.1016/j.toxicon.2020.10.021
32. Amézqueta S, González-Peñas E, Murillo-Arbizu M, López de Cerain A. Ochratoxin A decontamination: A review. *Food Control*. 2009;20(4):326-333. doi:10.1016/j.foodcont.2008.05.017
33. Tozlovanu M, Pfohl-Leskowicz A. Ochratoxin A in roasted coffee from French supermarkets and transfer in coffee beverages: Comparison of analysis methods. *Toxins (Basel)*. 2010;2(8):1928-1942. doi:10.3390/toxins2081928
34. Monsalve-Atencio R, Sanchez K, Camaño J, Lopera-Cardona S, Ortiz-Reyes B. Determination of ochratoxin a in coffee by ELISA method and its relationship with the

- physical, physicochemical and microbiological properties. *Vitae*. 2021;28(2). doi:10.17533/udea.vitae.v28n2a343838
35. Codex Alimentarius. *Código de Prácticas Para Prevenir y Reducir La Contaminación de Ochratoxina A En Café.*; 2009.
36. Chamorro Hernández L, Anchundia Lucas MA, Jácome Cedillo CJ, Rivas Rosero CA. Incidencia de la ochratoxina A en la producción de café. *Horizontes de Enfermería*. 2018;(8):29. doi:10.32645/13906984.790
37. Paterson RRM, Lima N, Taniwaki MH. Coffee, mycotoxins and climate change. *Food Research International*. 2014;61:1-15. doi:10.1016/j.foodres.2014.03.037
38. Castro Ríos K. Identificación de riegos en las fases para la obtención de CPS en Manizales. Published online 2009.
39. Puerta Quintero GI. *Avance Técnico 349 - Buenas Prácticas Agrícolas Para El Café.*; 2006.
40. Arias CA, Hernando ;, Orrego D. Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. 2005;56(4):299-318.
41. Oliveros Tascón CE, Sanz Uribe JR, Montoya Restrepo EC, Moreno Cárdenas EL. Dispositivo hidráulico de bajo impacto ambiental para limpieza y clasificación del café en cereza. *Cenicafé*. 2009;60(3):229-2038.
42. Oliveros-Tascón CE, Sanz-Urbe JR. Ingeniería y café en Colombia. *Revista de Ingeniería*. 2011;33:99-114.
43. Cenicafé, FCN. *Manual Del Cafetero Colombiano Investigación y Tecnología Para La Sostenibilidad de La Caficultura*. Vol 3. Comité Cenicafé. (Gast H F, Benavides M P, Sanz U JR, et al., eds.). 2013; 2013.
44. Alves da Silva S, Fonseca Alvarenga Pereira RG, de Azevedo Lira N, Micotti da Glória E, Chalfoun SM, Batista LR. Fungi associated to beans infested with coffee berry borer and the risk of ochratoxin A. *Food Control*. 2020;113. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107204
45. Pérez J, Infante F, Vega FE, et al. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. *Mycol Res*. 2003;107(7):879-887. doi:10.1017/S0953756203007986
46. Taniwaki MH, Teixeira AA, Teixeira ARR, Copetti M V., Iamanaka BT. Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in defective coffee beans. *Food Research International*. 2014;61:161-166. doi:10.1016/j.foodres.2013.12.032

47. Alvarez Gallo J. *Avance Técnico 164 - Despulpado de Café Sin Agua.*; 1991.
48. Suárez-Quiroz M, González-Rios O, Barel M, Guyot B, Schorr-Galindo S, Guiraud JP. Study of ochratoxin A-producing strains in coffee processing. *Int J Food Sci Technol*. 2004;39(5):501-507. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.00810.x
49. Puerta Quintero GI, Cenicafé. *Avance Técnico - 461 Buenas Prácticas Para La Prevención de Los Defectos de La Calidad Del Café: Fermento, Reposado, Fenólico y Mohoso.*; 2015.
50. Mejía González CA, Oliveros Tascón CE, Sanz Uribe JR, Moreno Cárdenas EL, Rodríguez-Hurtado LA. *Evaluación Del Desempeño Técnico y Ambiental de Un Desmucilagador de Café Con Rotor de Varillas*. Vol 58.; 2007.
51. Peñuela-Martínez AE, Carlos ;, Oliveros-Tascón E, Juan ;, Sanz-Urabe R. *Remoción Del Mucílago de Café a Través de Fermentación Natural*. Vol 61.; 2010.
52. Díaz A, Silva M, Dávila J. Relationship between good hygiene practices and ochratoxin A in organic coffee (*Coffea arabica* L.) from the main coffee regions in Peru. *Scientia Agropecuaria*. 2018;9(2):177-187. doi:10.17268/sci.agropecu.2018.02.02
53. Puerta Quintero GI. *La Inocuidad y Calidad Del Café Requiere de Agua Potable Para Su Beneficio y Preparación de La Bebida.*; 2015.
54. FNC y Cenicafé. *Construyendo El Modelo Para La Gestión Integrada Del Recurso Hídrico En La Caficultura Colombiana.*; 2011.
55. Maman M, Sangchote S, Piasai O, Leesutthiphonchai W, Sukorini H, Khewkhom N. Storage fungi and ochratoxin A associated with arabica coffee bean in postharvest processes in Northern Thailand. *Food Control*. 2021;130. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108351
56. Cárdenas Díaz JP, Pardo Pinzon JD. *Caracterización de Las Etapas de Fermentación y Secado Del Café La Primavera*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito; 2014.
57. Prada Á, Vela CP, Bardález G, Saavedra J. Effectiveness of a coffee drying process using solar dryers with a continuous air flow system powered by photovoltaic energy, in the San Martín region, Peru. *Informacion Tecnologica*. 2019;30(6):85-92. doi:10.4067/S0718-07642019000600085
58. Puerta Quintero GI. *Riesgos Para La Calidad y La Inocuidad Del Café En El Secado.*; 2008.
59. Bucheli P, Taniwaki MH. Research on the origin, and on the impact of post-harvest handling and manufacturing on the presence of ochratoxin A in coffee. *Food Addit Contam*. 2002;19(7):655-665. doi:10.1080/02652030110113816

60. Cenicafé, FNC. *Beneficio de Café II: Secado Del Café Pergamino*. Vol 21.; 2004.
61. Fundación Elika. Riesgo de micotoxinas. Published online 2018.
62. Besora Magem J. Informe técnico para la construcción de un secador solar de café. *Ingeniería sin fronteras*. 2015.
63. Valencia Rojas MA. *Diagnostico de Las Condiciones Locativas e Higiénico-Sanitarias de La Planta de Producción de La Empresa SUSHI TO GO e Implementación de Las BPM*. La Sallista; 2010.
64. Federación Nacional de Cafeteros. *Resolución 05.*; 2018:1-3.
65. Ministerio de salud y protección social. *Resolución CC 4506.*; 2013:1-10.
66. Comisión Europea. Reglamento 1370.<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020,6113>. Published August 5, 2022.
67. Gobernación de Antioquia. *Ficha Municipal 2019 - 2020*.
68. Alcaldía de El Retiro. Sede Electrónica Alcaldía de El Retiro. Accessed September 27, 2023. <https://elretiro.gov.co/>
69. Torres Gómez EE, López González M, Torres JE, et al. *Boletín Económico Municipal 2021 - El Retiro.*; 2021.
70. FNC. Comité de Cafeteros de Antioquia | Somos la red de información de Antioquia cafetera. Accessed September 27, 2023. <https://fncantioquia.org/>
71. Alcaldía de Andes. Accessed September 29, 2023. <https://www.andes-antioquia.gov.co/Paginas/default.aspx>.