

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS
PARA EL ACEITE DE PALMA PRODUCIDO EN COLOMBIA, PARA REGULAR
LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES QUE AFECTAN LA SALUD DEL
CONSUMIDOR EN TIEMPOS DE LA COVID-19.

LILIANA CAROLINA LÓPEZ MENDOZA

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MASTER EN GERENCIA DE
PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE ALIMENTOS

San José, Costa Rica

Agosto 2021

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, quienes a lo largo de mi vida han estado presentes brindando el apoyo y soporte para incentivar mi crecimiento profesional y personal.

A mis amigos por ayudarme a fortalecer la confianza en mí misma y motivarme a seguir adelante en la consecución de mis logros y sueños.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad para la Cooperación Internacional de Costa Rica, por darme la oportunidad de ingresar en el programa de maestría y brindarme la formación adecuada para convertirme en futura gestora de la inocuidad.

A la profesora Giannina Lavagni por su experiencia y conocimiento, los cuales aportaron a la realización de este proyecto.

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de
Master en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos

MSc. Giannina Lavagni Bolaños
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Félix M. Cañet Prades
DIRECTOR DEL PROGRAMA

Liliana Carolina López Mendoza
SUSTENTANTE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Problemática	16
1.3 Justificación	17
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo General	20
2.2. Objetivos específicos	20
3. MARCO TEÓRICO	21
3.1 Generalidades del aceite de palma.....	22
3.1.1 Características nutricionales del aceite de palma	23
3.1.2 Aplicaciones del aceite de palma	25
3.1.3 Producción del aceite de palma en Colombia	25
3.1.4 Principales contaminantes que afectan al aceite de palma.....	28
3.2 La inocuidad en la producción alimentaria	30
3.2.1 Análisis de riesgo en inocuidad y sus aplicaciones	31
3.2.2 Gestión de riesgos en inocuidad	33
3.3 Enfermedad de la COVID-19 y su relación con la inocuidad	34
3.3.1 Generalidades sobre la COVID-19.....	34
3.3.2 Impacto de la COVID-19 en la inocuidad de los alimentos	36
3.3.3 Efecto en la industria palmera colombiana por la COVID-19	38
3.3.4 Producción alimentaria post-COVID-19	39
4. METODOLOGÍA	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
5.1 Proceso de producción del aceite de palma	43
5.2 Riesgo químico en el aceite de palma	45
5.3 Mecanismos de formación de ésteres de 3-MCPD y GE	46
5.3.1 Cultivo de la palma de aceite	48
5.3.2 Extracción del aceite crudo de palma.....	49
5.3.3 Refinación del aceite crudo de palma	50

5.4	Toxicidad de los ésteres de 3-MCPD y los GE	51
5.5	Límites máximos permitidos para los 3-MCPD y GE	52
5.6	Efecto del origen del aceite sobre los contaminantes	53
5.7	Medidas de control para el riesgo químico.....	54
5.8	Programa para la gestión del riesgo químico.....	57
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES	64
8.	BIBLIOGRAFÍA	65
9.	ANEXOS	70

RESUMEN

Los consumidores de la industria alimenticia sienten hoy en día una mayor preocupación acerca de las condiciones nutricionales y de inocuidad de los alimentos que consumen. En este contexto, alimentos esenciales como los aceites y grasas son motivo de estudio e investigación. Dentro de este grupo se destaca el aceite de palma, debido a sus innumerables aplicaciones y grandes aportes nutricionales. Durante su procesamiento, pueden formarse algunos compuestos indeseables como los ésteres de 3-MCPD y los ésteres de glicidol (GE), los cuales han despertado la atención de la industria por su afectación a la salud, principalmente en los niños e infantes, y por los niveles en los que pueden estar presentes en el aceite de palma en comparación con otros aceites vegetales. Toda esta problemática ha desencadenado la creación de nuevas normativas en el mercado europeo, lo cual ha generado una desventaja competitiva para el aceite de palma producido en Colombia. Sin embargo, aún no existe en el país normatividad aplicable al aceite de palma que regule estos contaminantes. Por tanto, como punto de referencia es necesario realizar una caracterización del riesgo químico, recurriendo a la elaboración de un perfil de riesgo químico. Esto permitirá establecer medidas de control tendientes a disminuir los niveles de estos compuestos en el aceite, ajustando el alimento a las exigencias del mercado.

El presente proyecto tuvo como finalidad brindar soporte mediante la elaboración de un perfil de riesgo, utilizado para el diseño de un programa de gestión de riesgo químico para el aceite de palma de Colombia, el cual podrá ser usado para la creación de una nueva normatividad que regule estos contaminantes, que afectan la salud pública en tiempos de COVID-19. Para esto fue necesario analizar los peligros químicos presentes en la producción del aceite, evaluar las condiciones de las zonas geográficas para identificar factores de riesgo para la formación de los ésteres de 3-MCPD y los GE y formular medidas de control tendientes a mantener bajos los niveles de dichos compuestos.

Para la ejecución del estudio se realizó una revisión bibliográfica de los principales contaminantes químicos presentes durante el proceso productivo del aceite de palma, estudiando sus características principales y mecanismos de formación. De igual forma, se consultaron diferentes bases de datos que permitieran analizar los efectos sobre la salud pública de la ingesta de aceite de palma con contenido de estos contaminantes, identificando los grupos poblacionales más susceptibles a los efectos adversos y las condiciones geográficas que favorecen la aparición de estos compuestos. Finalmente, se recopiló información bibliográfica sobre el impacto del COVID-19 sobre la industria palmera, formulando medidas de control aplicables durante la pandemia e identificando la ausencia de material bibliográfico que permita definir lineamientos para futuros estudios en el tema.

Como resultado de la revisión bibliográfica, se analizaron los precursores principales para la reacción de formación de cada compuesto, encontrando que para el caso de los ésteres de 3-MCPD debe estar presente el cloro y los triacilgliceroles (TAG) para su generación, mientras que la reacción de formación de los GE se ve favorecida por la presencia de diacilgliceroles (DAG). Se encontró que estos precursores ingresan a la cadena productiva principalmente por fuentes como los fertilizantes, el agua, el suelo, el genotipo de la planta, ciclos largos de cosecha, tiempos largos entre cosecha y extracción del aceite y utilización de aceite de palma recuperado de corrientes alternas. Al estar presentes el cloro y los acilgliceroles se evidenció que tanto las temperaturas por encima de 180°C a 240°C, los tiempos largos de residencia, las condiciones de presión de vacío inestables, el uso de tierras de blanqueo activadas y el reprocesamiento del aceite, favorecen la formación de los ésteres de 3-MCPD y los GE durante la refinación del aceite. Se encontró además como resultado, que el 3-MCPD puede conllevar a afectaciones en el riñón, sistema reproductivo y sistema inmune y que el glicidol es considerado un compuesto cancerígeno genotóxico. Por tanto, son las fórmulas infantiles las que presentan un mayor interés para el control de los valores máximos, debido a los altos contenidos de aceite utilizado en su preparación. Se logró identificar también que la ubicación geográfica de la planta puede incidir en los valores de contaminantes presentes en el aceite, encontrando que los aceites cultivados en el sureste Asiático son más propensos a la formación de dichos compuestos que aquellos cultivados en Suramérica y Centroamérica. Con base en esta información, se logró diseñar un programa de gestión de riesgo químico para el aceite de palma colombiano para el control de estos compuestos, donde se establecieron medidas de control, las cuales fueron puestas a prueba obteniendo resultados satisfactorios, contribuyendo al cuidado de la salud pública en tiempos de COVID-19.

Palabras clave: 3-MCPD, ésteres de glicidol, aceite de palma, riesgo químico, COVID-19.

ABSTRACT

The food industry consumers feel a major concern about the food safety and nutritional conditions of the foods they eat. In this context, essential foods like fats and oils are subject of study and investigation. Within this group, palm oil stands out, due to its innumerable applications and great nutritional contributions. During its processing, some undesirable compounds can be formed such as 3-MCPD esters and glycidol esters (GE), which have attracted the attention of the industry due to their health effects, mainly in children and infants, and also to the levels at which they may be present in palm oil compared to other vegetable oils. All this issue has triggered new regulations creation in the European market, which has generated a competitive disadvantage for palm oil from Colombia. However, there is still no regulation in the country applicable to palm oil that regulates these pollutants. Therefore, as a point of reference, it is necessary to carry out a characterization of the chemical hazard, resorting to the development of a chemical risk profile. This will allow establishing control measures aimed at reducing the levels of these compounds in the oil, adjusting it to the market demands.

The aim of this project was to provide support by creating a risk profile, used for the design of a chemical risk management program for Colombian palm oil, which could be used for the creation of a new regulation that regulate these pollutants, which affect public health in COVID-19 times. For this, it was necessary to analyze the chemical hazards presents in oil production, to evaluate the conditions of the geographical areas to identify risk factors for the formation of 3-MCPD esters and GE and formulate mitigation measures to keep low the levels of these compounds.

To carry out the study, a bibliographic review of the main chemical pollutants present during the palm oil production process was carried out, studying their main characteristics and formation mechanisms. Likewise, different databases were consulted that would allow the analysis of the effects on public health of the intake of palm oil containing these pollutants, identifying the population groups most susceptible to adverse effects and the geographical conditions that favor the appearance of these compounds. Finally, bibliographic information was compiled about COVID-19 impact in the palm industry, formulating control measures applicable during the pandemic and identifying the absence of bibliographic material that would allow defining guidelines for future studies on the subject.

As a result of the bibliographic review, the main precursors for the formation reaction of each compound were analyzed, finding that in the case of 3-MCPD esters, chlorine and triacylglycerols (TAG) must be present for their generation, while the GE formation reaction is favored by the presence of diacylglycerols (DAG). It was found that these precursors enter into the production chain mainly through sources such as fertilizers, water, soil, plant genotype, long harvest cycles, long times between harvest and oil extraction, and the use of palm oil recovered

from alternating currents. When chlorine and acylglycerols are presents, it was evidenced that temperatures above 180°C to 240°C, long residence times, unstable vacuum pressure conditions, the use of activated bleaching earths and the reprocessing of the oil, favor the formation of 3-MCPD esters and GE during oil refining. It was also found as a result, that 3-MCPD can lead to affectations in the kidney, reproductive system and immune system and that glycidol is considered a genotoxic carcinogenic compound. Therefore, infant formulas present the greatest interest for the control of the maximum values, due to the high content of oil used in their preparation. It was also possible to identify that the geographical location of the plant can influence the values of pollutants present in the oil, finding that oils grown in Southeast Asia are more prone to the formation of these compounds than those grown in South and Central America. Based on this information, it was possible to design a chemical risk management program for Colombian palm oil to control these compounds, where mitigation measures were established, which were tested obtaining satisfactory results, contributing to the care of public health in COVID-19 times.

Keywords: 3-MCPD, glycidol esters, palm oil, chemical risk, COVID-19.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Producción mundial de aceite de palma.	26
Cuadro 2. Producción de aceite de palma en Colombia por zonas.	27
Cuadro 3. Condiciones que favorecen la aparición de ésteres de 3-MCPD y GE.	49
Cuadro 4. Efecto de la calidad y origen sobre el contenido de 3-MCPD.	53
Cuadro 5. Actividades para el control del riesgo químico.	58
Cuadro 6. Niveles de contaminantes en aceite de palma de Colombia.	60

LISTA DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS

Figura 1. Palma africana y racimos con el fruto de la planta.....	22
Figura 2. Proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en aceites vegetales.	24
Figura 3. Distribución de exportaciones de aceite de palma por país de destino año 2021.	27
Figura 4. Componentes del análisis de riesgos.....	31
Figura 5. Fallecimientos por COVID-19 en Colombia, por grupo de edades.	36
Figura 6. Proceso de producción del aceite de palma refinado.	43
Figura 7. Contaminantes en la cadena productiva del aceite de palma.	45
Figura 8. Ruta para la formación de los ésteres de 3-MCPD.....	47
Figura 9. Ruta para la formación de los ésteres de glicidol.....	48
Figura 10. Análisis de causas de los factores incidentes en la formación de ésteres de 3-MCPD.	51
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de producción de aceite de palma con medidas de control.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

3-MCPD: 3-monocloro-1,2 propanodiol

DAG: Diacilgliceroles

DOBI: Índice de deterioro a la blanqueabilidad

EFSA: European Food Safety Authority

GE: Ésteres de glicidol

HDL: High density Lipoproteins

LDL: Low density Lipoproteins

MAG: Monoacilgliceroles

MSF: Medidas sanitarias y fitosanitarias

OMS: Organización Mundial de la Salud

RFF: Racimo de fruta fresca

TAG: Triacilgliceroles

1. INTRODUCCIÓN

Como respuesta a una de las principales necesidades básicas del ser humano, nace la industria alimenticia, la cual ha tomado especial importancia en los últimos años, debido a su crecimiento y a los grandes retos a los cuales se ha enfrentado. Esto teniendo en cuenta que en la actualidad los consumidores no solamente ingieren alimentos para cubrir la necesidad de obtención de nutrientes, sino también hay una preocupación latente en el público en general acerca de las condiciones nutricionales y de inocuidad de los alimentos que se encuentran disponibles para consumo en el mercado, donde aspectos como el etiquetado nutricional, la trazabilidad en la cadena alimentaria y el compromiso social y ambiental de los productores de alimentos, han tomado gran importancia.

Los aceites y grasas hacen parte de los alimentos esenciales en la nutrición de la población en general, los cuales intervienen en varias funciones vitales del organismo humano, debido a su aporte energético, su contenido de ácidos grasos esenciales y demás componentes importantes como los antioxidantes naturales, el omega 3 y omega 6. Dentro de este grupo se encuentra el aceite de palma, el cual tiene una alta gama de aplicaciones a nivel mundial, debido a su disponibilidad y rendimiento, costo, versatilidad, propiedades fisicoquímicas y características nutricionales.

1.1 Antecedentes

El aceite de palma tiene sus orígenes en África, en el golfo de Guinea, de donde toma el nombre de palma africana de aceite. Esta planta llega a América gracias a los colonizadores portugueses, quienes la utilizaban como alimento para sus esclavos brasileros. Sin embargo, es hasta 1932 cuando llega a Colombia, para más tarde ser sembrada con fines comerciales en el año 1945 (Corporación centro de investigación en Palma de Aceite, 2013). A nivel mundial, Colombia ocupa el cuarto puesto como país productor de aceite de palma, mientras que en América

Latina tiene el primer lugar (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, 2020).

En especial en el último año, ante la situación de pandemia que afectó al mundo, la industria alimentaria fue protagonista, ubicándose entre los pocos sectores de la economía que pudieron continuar sus procesos productivos mientras el mundo se detuvo para salvaguardar la salud de la humanidad. Esta situación puso de manifiesto la importancia que toma tanto la seguridad como la inocuidad alimentaria, generando una mayor conciencia en consumidores cada vez más preocupados por los productos alimenticios que consumen, los efectos negativos sobre la salud y el proceso productivo utilizado para su fabricación, empaque y distribución.

1.2 Problemática

En el contexto del aceite de palma, de acuerdo a su naturaleza y los procesos que se utilizan para su obtención, se pueden presentar en este aceite componentes identificados como deseables e indeseables. Los tocoferoles y esteroides por ejemplo, por sus propiedades nutricionales y principales características, podrían hacer parte del aceite de palma refinado, considerándolos como compuestos deseables. Así mismo, se encuentran también algunos compuestos no deseados como, los ácidos grasos trans, pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y dioxinas (Willits, 2013). Sin embargo, es el éster de 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y los ésteres de glicidol (GE), los que han despertado la atención de los investigadores en los últimos años, debido a su afectación a la salud y a los niveles de estos en el aceite de palma, en comparación con otros aceites vegetales.

El éster de 3-MCPD y los GE se forman en los aceites debido a las altas temperaturas alcanzadas en el proceso de refinación, y a pesar de estar presentes en los aceites de colza, coco, girasol y soya; las concentraciones más altas se

encuentran en el aceite de palma (Food and Drug Administration, 2020). Estos compuestos indeseables pueden generar una afectación grave a la salud de los consumidores en general. Sin embargo, se ha presentado un enfoque especial en las consecuencias que pueden generar estos contaminantes en la salud de los niños o infantes, debido a que el aceite está presente como ingrediente en la preparación de fórmulas infantiles, donde es usado por su aporte a un balance energético adecuado y por los ácidos grasos esenciales que este posee. De acuerdo a estudios realizados en roedores, el 3-MCPD afecta principalmente a los riñones y al sistema reproductivo. Por su parte el glicidol, ha demostrado tener efectos genotóxicos y cancerígenos sobre los organismos que lo consumen en su dieta diaria (Liu, 2021).

1.3 Justificación

En el 2018, la comisión europea realizó unas fuertes declaraciones poniendo en entredicho las condiciones de calidad e inocuidad del aceite de palma, situación que afectó principalmente a las exportaciones de este producto hacia el mercado europeo, el cual representa para Colombia más del 60% de las exportaciones de aceite de palma (Gonzalez, Mondragón, & García, 2019). Como consecuencia de la preocupación sobre los niveles de estos contaminantes encontrados en este aceite, se han generado cambios en las normativas aprobadas por el reglamento europeo, para garantizar que el aceite de palma que ingrese a su mercado, cuente con bajos niveles de estos compuestos. Adicionalmente, a esta preocupación del mercado se suma la situación de restricción generada por la emergencia sanitaria actual. Estos acontecimientos han puesto en manifiesto una desventaja competitiva en el aceite de palma producido en Colombia, en comparación con el resto de países del mundo, por lo cual se genera un especial interés en contrarrestar esta situación para beneficio del sector palmero.

Dentro de la normatividad colombiana vigente para el aceite de palma y sus derivados se encuentran: la Resolución 2154 de 2012, la Resolución 2906 de

2007 y la Resolución 4506 de 2013. Dentro de estas se establecen los límites máximos permitidos para metales pesados, dioxinas y furanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, microorganismos, pesticidas, entre otros. Sin embargo, no existe aún una normatividad aplicable a este aceite, que regule las cantidades máximas de ésteres de 3-MCPD y GE que este puede contener. Por tanto, como herramienta para la mejora continua del sector palmero y el aumento de su competitividad, se hace necesario establecer normativas nacionales que deriven en mejoras en los procesos productivos del aceite, obteniendo niveles más bajos para estos contaminantes, lo que permitirá dar cumplimiento a las exigencias internacionales.

Como punto de partida para el establecimiento de una normatividad legal para la regulación de estos contaminantes, es conveniente realizar una caracterización del riesgo químico, conociendo las causas que derivan en su formación y sus efectos sobre la salud. Para esto, se puede recurrir a la elaboración de un perfil de riesgo químico, el cual incluye información sobre los contaminantes, la exposición del público a estos compuestos, los riesgos sobre la exposición y la distribución de los riesgos entre los diferentes grupos poblacionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007).

Por tanto, al contar con un perfil de riesgo químico como línea base, con información en cuanto a valores de estos contaminantes, causas para su aparición, condiciones geográficas para su formación y el impacto que generan en la población, se podrán establecer medidas de control tendientes a disminuir los niveles de estos compuestos en el aceite de palma. Estas medidas podrán ser aplicadas por las industrias de producción palmera del país, como mecanismos de mejora para el ajuste de sus procesos a las nuevas exigencias del mercado. De esta forma, se podrá aumentar la competitividad de la industria palmera colombiana en el mercado europeo en tiempos de COVID-19. De acuerdo a esto, el presente proyecto pretende brindar soporte mediante la elaboración de un

programa de gestión del riesgo químico que se podrá utilizar para la realización de una evaluación de riesgos, que desencadene en una nueva normatividad para la regulación de los contaminantes presentes en el aceite de palma en Colombia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un programa de gestión de riesgo químico para el aceite de palma de Colombia, que permita regular la presencia de contaminantes que afectan la salud pública en tiempos de COVID-19.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1.** Analizar los peligros químicos asociados a la producción del aceite de palma en Colombia, con la finalidad de establecer una línea base para la gestión del riesgo en tiempos de COVID-19.
- 2.2.2.** Evaluar las condiciones de las zonas geográficas donde se produce el aceite de palma, para que se identifiquen factores que generen los contaminantes químicos en tiempos de COVID-19.
- 2.2.3.** Formular medidas de control para la gestión del riesgo químico, para contribuir a la salud pública en tiempos de COVID-19.

3. MARCO TEÓRICO

Dentro de este apartado se incluye una descripción del producto objeto de estudio en este proyecto, el aceite de palma. Se describen entonces las principales características y aplicaciones de este aceite. De igual forma, se identifican las zonas de Colombia donde se cultiva la palma africana y las cantidades producidas en cada una de estas. Así mismo, se enuncian las toneladas exportadas y los principales países de destino para estas exportaciones.

En este mismo contexto, se describen también los principales contaminantes que pueden generarse durante el procesamiento del fruto de la palma africana para la obtención del aceite de palma refinado. De igual forma, se identifican los mecanismos de formación de estos, indicando los precursores y las causas para su aparición en el aceite de palma. Así mismo, se describen los efectos adversos de estos contaminantes sobre la salud de los consumidores. Finalmente, se detalla la normatividad para la regulación de estos contaminantes en los principales países, incluyendo Colombia.

Por otro lado, se analiza también el concepto de inocuidad y la importancia que toma al ofrecer ventajas en los procesos productivos donde son aplicadas estas prácticas. Así mismo, se detallan las características principales de un peligro químico y su evaluación de riesgos, indicando los pasos principales a tener en cuenta para la ejecución de un perfil de riesgo químico.

Para finalizar, se describe el contexto de pandemia mundial por el que se atraviesa en la actualidad, explicando el origen y características del COVID-19, así como también, las implicaciones que este ha traído para la inocuidad de los alimentos. De igual forma, se detalla la afectación que se ha generado en la producción del aceite de palma durante el período de pandemia y aquellos cambios o adaptaciones que sufrirá la industria alimentaria en la época post-COVID-19.

3.1 Generalidades del aceite de palma

La palma africana, planta de donde se extrae el aceite de palma, tiene sus orígenes en el Golfo de Guinea, en África. Este cultivo fue llevado a América por los colonizadores portugueses. Fue hasta 1945, cuando la United Fruit Company estableció el primer cultivo comercial en Colombia (Corporación centro de investigación en Palma de Aceite, 2013).



Figura 1. Palma africana y racimos con el fruto de la planta.

Fuente: Portal Daabon (2021).

Esta planta, consta de un tallo desde donde se conducen los nutrientes y agua hacia los órganos ubicados en la parte superior. En las hojas se da el proceso de fotosíntesis y la producción. Los frutos de esta planta son de forma ovoide, con unas dimensiones de 3 a 6 cm de largo. Estos cuentan con un tejido fibroso o mesocarpio y una nuez donde se encuentra cubierta una almendra aceitosa o palmiste. Estos frutos se encuentran soportados en el raquis, formando lo que se conoce como racimo de fruta fresca (RFF).

Para el cultivo de la palma africana es importante tener en cuenta su ubicación y diseño, además de las temperaturas ambientales que deben manejarse para

garantizar su duración y capacidad de producción. Por tanto, para la obtención de un aceite de palma de buena calidad, se necesitará del cuidado en las actividades de cosecha, recolección, transporte y extracción (Sierra, 2019).

El cultivo de la palma africana es perenne y empieza a producir frutos luego de 24 meses de ser sembrada la planta. Esta planta requiere abundante luz y agua, además de una fertilización regular. La palma africana tiene una vida media de 30 años, alcanzando una altura promedio de 14 a 15 metros. Cada planta puede producir aproximadamente 10 RFF al año, los cuales pueden llegar a pesar hasta 20 kg y contener unos 1200 frutos (Soler, 2018).

El proceso de extracción del aceite de palma se realiza por medio de la esterilización, desgranado y posterior prensado mecánico de los frutos de la planta. El aceite se encuentra contenido en el mesocarpio del fruto. Este representa en peso entre el 40 y el 50% de cada fruto, por tanto, una hectárea de cultivo puede producir entre 6 y 7 toneladas anuales de aceite.

3.1.1 Características nutricionales del aceite de palma

El aceite de palma se encuentra constituido por triglicéridos y es considerado una fuente natural de vitamina E y carotenos. El contenido de vitamina E está formado en un 30% por el α -tocoferol y en un 70% por tocotrienoles. De acuerdo a la distribución de sus ácidos grasos insaturados, el aceite de palma posee características importantes sobre la salud como lo es la disminución del colesterol perjudicial (LDL), el potenciamiento en los beneficios del colesterol bueno (HDL) y el no aporte de colesterol en la sangre con su consumo. De igual forma, debido a su alto contenido de carotenos y tocotrienoles, presenta un efecto de protección contra enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Rincón & Martínez, 2009).

Los aceites vegetales se caracterizan por poseer distintos ácidos grasos, los cuales generan un aporte energético significativo. Se conoce comúnmente que los

ácidos grasos insaturados generan un mayor beneficio para el organismo que los saturados. En el caso del aceite de palma, este posee un contenido balanceado de ácidos grasos saturados e insaturados. Sin embargo, se ha demostrado que su comportamiento en cuanto a las propiedades nutricionales, se asemeja más a las de un aceite no saturado. En la Figura 2, se ilustran los porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados para varios aceites vegetales.

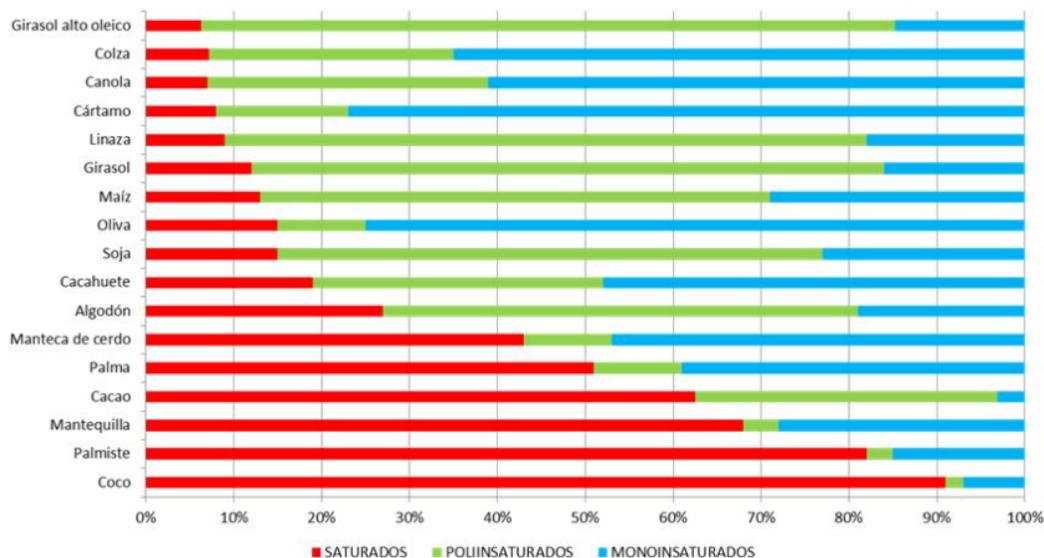


Figura 2. Proporción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en aceites vegetales.

Fuente: Fundación española del aceite de palma sostenible (2021).

Teniendo en cuenta el contenido de ácidos grasos del aceite de palma, así como también la cantidad de antioxidantes naturales que este posee, esto le confiere a este producto una alta resistencia a los procesos de oxidación naturales de los aceites y a la polimerización. De acuerdo a esto, el aceite de palma al someterse a altas temperaturas, no producirá salpicaduras, espuma ni gomas, y adicionalmente su degradación no será rápida.

3.1.2 Aplicaciones del aceite de palma

Debido a la distribución de los ácidos grasos en el aceite de palma, se le confiere a este aceite una versatilidad para múltiples usos alimenticios. Dentro de las aplicaciones principales de aceite de palma se encuentran la repostería, panadería y demás usos comestibles, ya que puede ser usado en la preparación de mezclas de aceites y margarinas. Así mismo, puede ser utilizado para otros usos no comestibles, como lo son la elaboración de biocombustibles, detergentes, cosméticos, plásticos, fármacos, entre otros (Rincón & Martínez, 2009).

Algunos de los usos más comunes del aceite de palma en la industria de alimentos son: aceite para fritura, margarinas para panadería y repostería, margarinas de mesa, mantecas industriales, pastillaje, confitería, galletería, helados, crema de café, salsas y aderezos, emulsificantes, mayonesas, sustituto de la manteca de cacao, sustituto de la grasa de la leche, alimentos para animales como concentrados (Sierra, 2019).

Por su buena estabilidad oxidativa, el aceite de palma cuenta con una ventaja sobre los demás aceites para las aplicaciones en fritura profunda. Esto debido a su comportamiento durante el proceso (sin espuma, salpicaduras ni residuos pegajosos), y a su resistencia sin alterar sus características de calidad ni la de los alimentos procesados con este. Así mismo, por la competitividad en el mercado, se someten los otros aceites a procesos parciales de hidrogenación, para alcanzar estas características similares a las del aceite de palma, lo cual trae como consecuencia la formación de ácidos grasos trans, conocidos como sustancias perjudiciales para la salud de los consumidores.

3.1.3 Producción del aceite de palma en Colombia

La producción mundial de aceite de palma para el año 2018 se encontraba concentrada en su gran mayoría entre Indonesia y Malasia. En el cuadro 1 se

detalla la información sobre los principales países productores de este aceite y su porcentaje en el total mundial.

Cuadro 1. Producción mundial de aceite de palma.

País	Producción [Millones de Toneladas]	% Participación Mundial
Indonesia	35,5	53,8
Malasia	20	30,3
Tailandia	2	3
Colombia	1,3	2
Nigeria	1	1,5
Guatemala	0,76	1,1
Ecuador	0,65	1
Honduras	0,58	0,87
Papua Nueva Guinea	0,56	0,85

Fuente: Soler (2018).

De acuerdo a la información del cuadro 1, Colombia ocupa el cuarto puesto a nivel mundial en la clasificación de los principales productores del aceite de palma. En el país se encuentran plantaciones de palma en diferentes zonas. Para Febrero de 2020, se contaban con plantaciones de palma en 161 municipios de 21 departamentos en Colombia, con 559.583 hectáreas sembradas y una producción de aceite crudo de palma de 1'528.738 toneladas (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, 2020).

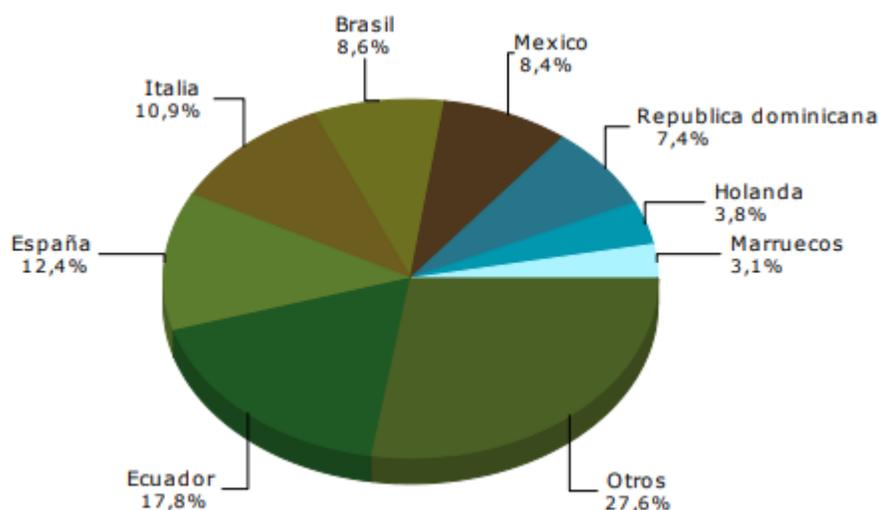
Para la producción del aceite de palma, se destacan 3 zonas del país por tener una mayor participación, la zona oriental, norte y centro. En el Cuadro 2, se observa el comportamiento de la producción de aceite en cada una de estas zonas, para los años 2019 y 2020.

Cuadro 2. Producción de aceite de palma en Colombia por zonas.

Zonas	Producción [toneladas]		% Participación
	2019	2020	
Oriental	639.447	704.382	42,4
Norte	365.558	326.440	24,3
Centro	452.499	473.845	30

Fuente: Sistema de información estadística del sector palmero (2021).

Teniendo en cuenta la información del Cuadro 2, se puede concluir que la zona de mayor producción en Colombia es la Oriental, constituida por los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander y Santander.

**Figura 3.** Distribución de exportaciones de aceite de palma por país de destino año 2021.

Fuente: Sistema de información estadística del sector palmero (2021).

De la Figura 3, se puede observar que las exportaciones hacia el mercado europeo representan aproximadamente el 27% del total global. Así mismo, Ecuador es el principal importador del aceite de palma producido en Colombia.

3.1.4 Principales contaminantes que afectan al aceite de palma

El cuidado en las condiciones de calidad del aceite de palma inicia desde el cultivo de la palma africana, y existen en cada una de las etapas aspectos importantes a tener en cuenta para cuidar las condiciones de calidad del aceite de palma extraído. Como componentes propios de la agricultura de la palma se pueden encontrar en el fruto, metales pesados, pesticidas, dioxinas, entre otros. De igual manera, luego del proceso de refinación del aceite crudo de palma, se pueden encontrar en el aceite compuestos contaminantes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, los ácidos grasos trans, el éster de 3-MCPD y los GE.

A continuación se detallan tanto para el éster de 3-MCPD como para los GE, cuáles son sus principales mecanismos de formación, los precursores y sus características de toxicidad.

- Éster de 3-MCPD: Este compuesto químico es formado principalmente durante el procesamiento del aceite, de igual forma puede ser generado al someter alimentos con sal y grasa a altas temperaturas. Fue detectado inicialmente en las salsas de soya, para luego encontrarlo también en los aceites vegetales. La formación de este compuesto tiene como precursor al Cloro, el cual reacciona con los acilgliceroles y fosfolípidos presentes en el aceite. Por tanto, al ser sometido el aceite a temperaturas de desodorización de 260°C aproximadamente, con la finalidad de remover los ácidos grasos libres, se presenta la reacción para la formación del éster de 3-MCPD (MacMahon, 2014).

Durante las pruebas realizadas en animales se ha encontrado que este compuesto puede generar toxicidad renal, infertilidad, disminución en la actividad del sistema inmunológico y crecimiento de tumores benignos (Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición, 2020).

- GE: Los esteres de glicidol son compuestos que resultan de reacciones que se presentan al interior del aceite de palma durante el proceso de refinación. Para la formación de estos compuestos, se ha encontrado que los diacilgliceroles son los principales precursores para su formación, lo cual sumado a temperaturas de desodorización por encima de 230°C favorece la generación de estos compuestos (MacMahon, 2014).

Teniendo en cuenta su forma principal, estos compuestos no representarían un riesgo para la salud, sin embargo, si se da la liberación de glicidol libre a partir de los GE, estos si representarían un riesgo. De acuerdo a estudios realizados en rodeos, se ha clasificado a los GE en el Grupo 2A de sustancias cancerígenas. Así mismo, se le han encontrado efectos adversos sobre el sistema reproductivo, el sistema inmunológico, las neuronas y los riñones (Liu, 2021).

A pesar que estos compuestos pueden estar presentes en todos los aceites vegetales (aceite de coco, aceite de girasol, aceite de soya, aceite de colza, entre otros), es el aceite de palma el que está más propenso a contener estos contaminantes. De acuerdo a la EFSA (European Food Safety Authority) se encuentran en el aceite de palma valores promedio de 2.912 µg/kg de éster de 3-MCPD y 1.565 µg/kg de GE, en comparación con los valores de 48 a 608 µg/kg de éster de 3-MCPD y 15 a 605 µg/kg de GE para otros aceites (AGES, 2020).

Desde 2001 se inició en Europa la regulación sobre los niveles máximos permitidos en los alimentos para el éster de 3-MCPD y los GE. Este valor se estableció en 2µg por kg de peso por día para los esteres de 3-MCPD. Luego en el 2016, se establece un valor de 0,8 µg por kg de peso por día para los ésteres de 3-MCPD. En la regulación del parlamento europeo 1881/2006 se establece un valor máximo de 1 mg/kg para los GE. Finalmente, es mediante la regulación de la Unión Europea 2020/1322 del 23 de Septiembre, donde se insta un valor de

1,25 mg/kg para los ésteres de 3-MCPD y de 1 mg/kg para los GE (Federación Europea de Aceites y Oleaginosas, 2020).

3.2 La inocuidad en la producción alimentaria

Dentro de los estándares de aceptación de cualquier producto o servicio ofrecido por una industria, se encuentra la calidad. Este término toma importancia en el mercado teniendo en cuenta la oferta y competitividad de este, convirtiéndolo en un factor diferenciador. En este sentido, para el caso de la industria alimenticia este concepto engloba otros aspectos de igual o mayor importancia, como lo es la inocuidad. De acuerdo a lo expuesto en el Codex alimentarius, la inocuidad del alimento, es la garantía de que este no causará daño al consumidor tanto cuando sea preparado como cuando sea consumido según el uso propuesto.

En el contexto mundial se puede encontrar un número creciente de casos de enfermedades transmitidas por alimentos, las cuales pueden llevar a consecuencias graves en la población, esto debido a la ausencia de controles de inocuidad en la manipulación de los alimentos. La contaminación de alimentos a causa de por ejemplo, la presencia de algún microorganismo o sustancias tóxicas en ellos, desencadena entre otras cosas graves enfermedades, gastos médicos de gran magnitud, desnutrición y detrimento en el desarrollo económico y social de los países (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Es por tanto de vital importancia el compromiso de los gobiernos con el suministro de alimentos inocuos, lo cual se verá reflejado en un fortalecimiento en las economías nacionales, en el turismo y comercio, en la seguridad alimentaria y nutrición de la población, favoreciendo a la búsqueda del desarrollo sostenible (Organización Mundial de la Salud, 2020). Esto convierte a la inocuidad en un parámetro de calidad no negociable, por lo tanto el consumidor espera que el producto adquirido cumpla con este requisito en todo momento. Por ende, la

industria alimentaria tiene una responsabilidad tanto legal como moral en atender dichas expectativas de los clientes.

3.2.1 Análisis de riesgo en inocuidad y sus aplicaciones

Es este contexto, la industria de los alimentos en su interés de cumplir a cabalidad con estas exigencias, cuenta con varias herramientas para el control de cualquier tipo de peligro que pueda poner en riesgo la inocuidad de los alimentos que procesa. Para esto se utiliza comúnmente un análisis de riesgos, el cual se compone normalmente de tres partes, la evaluación de riesgos, la comunicación de riesgos y la gestión de riesgos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2002).



Figura 4. Componentes del análisis de riesgos.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2007).

De acuerdo a lo ilustrado en la Figura 4, para tener un proceso satisfactorio de análisis de riesgos, debe ocurrir una interacción entre sus tres componentes, donde se den interacciones entre la evaluación y la gestión de riesgos dentro del contexto de la comunicación de riesgos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007).

Para la evaluación de riesgos se ejecuta un proceso científico que se compone por la identificación de los peligros asociados al proceso de producción, la caracterización de dichos peligros y la evaluación de la exposición a estos. En el caso de la comunicación de los riesgos, se desarrolla mediante el intercambio de información durante el proceso de análisis, incluyendo a los consumidores y a la industria. Finalmente, la gestión de riesgos es el análisis de los resultados de la evaluación y demás factores relevantes, con el fin de establecer alternativas para su control y prevención (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2002).

De acuerdo con esto, se utiliza entonces un análisis de riesgos cuando se quiere contar con una idea clara sobre la afectación para la salud que desencadenará la exposición a un peligro en particular. Adicionalmente, teniendo en cuenta este conocimiento, será posible establecer controles y realizar una comunicación a todas las partes interesadas sobre las características de dicho peligro y las medidas instauradas para su prevención. De igual manera, este análisis puede servir como insumo para la elaboración de nuevas normativas para la regulación de los peligros analizados (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007). Esta característica contribuye a una toma de decisiones más eficaz, ya que se cuenta con soporte científico y pruebas realizadas que validen la efectividad de las medidas tomadas y la información suministrada.

El análisis de riesgos representa entonces las siguientes ventajas para los gobiernos que lo aplican de forma adecuada:

- Ofrece una herramienta para la aplicación de medidas para la gestión de riesgos, que estén de acuerdo con la magnitud y características de los riesgos existentes y su impacto en la salud pública.

- Da garantía para la realización de un análisis de costos y poder establecer prioridades entre los diferentes problemas de inocuidad de alimentos que se presenten.
- Entrega a los gobiernos la posibilidad de dar cumplimiento a lo establecido en el acuerdo MSF (medidas sanitarias y fitosanitarias) y reforzar sus esfuerzos para fortalecer el comercio internacional.
- Aporta el conocimiento para la identificación de aquellas faltas de información científica, lo que permite concentrar esfuerzos de investigación en estos aspectos relevantes.

Es gracias a todas estas ventajas que el análisis de riesgos es utilizado ampliamente como herramienta principal para el establecimiento de medidas de control en el ámbito de la inocuidad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007).

3.2.2 Gestión de riesgos en inocuidad

Para llevar a cabo la gestión de un riesgo en inocuidad alimentaria, se deben seguir unos pasos preliminares de acuerdo a lo dispuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2007):

- Realizar la identificación y análisis del problema de inocuidad que se quiere abordar y analizar, este podrá identificarse de acuerdo a varias fuentes de información como lo son las inspecciones de autoridades, estudios de laboratorio o investigaciones epidemiológicas, entre otros.
- Ejecutar un perfil de riesgo, el cual aportará información importante sobre la necesidad de ejecutar o no una evaluación del riesgo. Este incluye entre otras cosas información sobre el problema de inocuidad, la exposición por parte de los consumidores, los riesgos de dicha exposición, la opinión de los consumidores sobre los riesgos y los segmentos poblacionales expuestos.

- Definir objetivos para la gestión de riesgos, los cuales determinan las preguntas a ser formuladas durante la evaluación de riesgos.
- Establecer si se necesita o no una evaluación de riesgos para dicho problema de inocuidad, teniendo en cuenta el tiempo, los recursos disponibles, la urgencia del resultado y disponibilidad de información.
- Instaurar una política de evaluación de riesgos, con el fin que se pueda garantizar la transparencia, calidad y coherencia. Esta permite comprender el alcance de la evaluación de riesgos y la forma en la que se desarrollará.
- Asignar la evaluación de riesgos a un equipo de expertos en el tema, los cuales de preferencia deberá ser un grupo interdisciplinario.
- Analizar los resultados de la evaluación de riesgos, teniendo en cuenta sus fortalezas y debilidades, las estimaciones de riesgo con sus incertidumbres, los supuestos realizados durante el proceso, las lagunas de conocimiento identificadas y la comunicación eficaz con las partes interesadas.
- Clasificar los resultados y establecer prioridades para la gestión de riesgos, lo cual puede efectuarse teniendo en cuenta el impacto del riesgo para la salud pública o para las actividades de comercio internacional, la facilidad o dificultad de la solución o la fuerte demanda política o del público en general para dar respuesta a la problemática abordada.

3.3 Enfermedad de la COVID-19 y su relación con la inocuidad

3.3.1 Generalidades sobre la COVID-19

La COVID-19 es una enfermedad que se causa por el coronavirus conocido como SARS-CoV-2. Fue el 31 de Diciembre de 2019, cuando la Comisión Municipal de Salud y Sanidad de Wuhan brindó información sobre 27 casos de neumonía con causales desconocidas, los cuales tuvieron exposición común en un mercado de mariscos, pescados y animales vivos. Para el 7 de Enero de 2020, las autoridades de China ya habían identificado como causante del brote a un nuevo virus que hacía parte de la familia de los *Coronaviridae*, posteriormente conocido como el

SARS-CoV-2. El 11 de Marzo de 2020, fue declarada esta nueva enfermedad como una pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Ministerio de Sanidad, 2021).

Los Coronavirus son aquella familia de virus que pueden causar enfermedades tanto en humanos como en animales, es por tanto una enfermedad zoonótica, ya que puede ser transmitida de los animales a los humanos. Los síntomas de esta enfermedad pueden ser variados, sin embargo se destacan algunos como: fiebre, tos seca y cansancio. Algunos pacientes pueden presentar también pérdida del gusto y olfato, congestión nasal, conjuntivitis, dolor de garganta, dolor de cabeza, diarrea, vómito. Las personas que contraen esta enfermedad en un 80% se recuperan sin requerir tratamiento en clínicas u hospitales, el 15% pueden tener síntomas graves y requieren suministro de Oxígeno, y el 5% precisan un cuidado intensivo por estar en estado crítico (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Los principales mecanismos de transmisión de esta enfermedad son el contacto directo e inhalación de los aerosoles o gotas respiratorios de una persona contagiada a una no contagiada, así como también el contacto indirecto a través de las manos u objetos que han sido contaminados con secreciones de una persona contagiada (Ministerio de Sanidad, 2021). Dentro de la población más vulnerable a las consecuencias graves de esta enfermedad se encuentran las personas mayores de 60 años, así como también aquellas que padecen alguna afección médica subyacente como diabetes, hipertensión, problemas cardíacos o pulmonares, obesidad o cáncer. En la figura 5 se muestra la distribución de los fallecimientos a causa del COVID-19 en Colombia por grupos de edades.

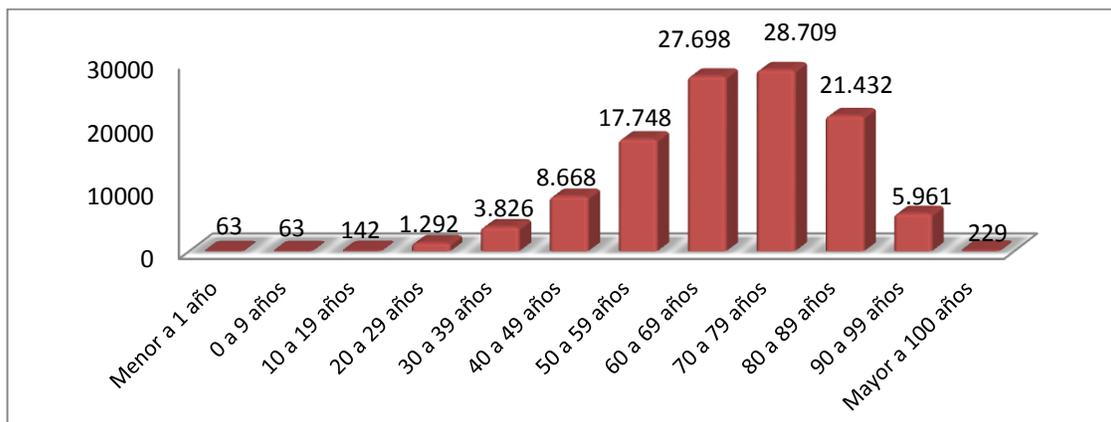


Figura 5. Fallecimientos por COVID-19 en Colombia, por grupo de edades.

Fuente: Gobierno de Colombia (2021).

3.3.2 Impacto de la COVID-19 en la inocuidad de los alimentos

Con la aparición de la nueva enfermedad causada por el coronavirus, se generaron grandes restricciones en muchos países del mundo, llevando al aislamiento y distanciamiento social obligatorio a la población mundial. Esta situación puso en riesgo la seguridad alimentaria, la cual es de vital importancia en este contexto, para la garantía de la supervivencia humana. De acuerdo a esto, mientras la mayoría de las empresas debieron suspender sus operaciones, la industria alimentaria debía seguir sus procesos productivos para abastecer a la población de alimentos que debían continuar siendo seguros para su consumo.

Ante este nuevo escenario, surge la inquietud relacionada a si la enfermedad de la COVID-19 puede ser transmitida por medio de los alimentos o por los envases de estos, para lo cual, luego de investigaciones sobre el tema, no se ha encontrado suficiente evidencia para concluir esto, debido a que los mecanismos de transmisión principales de esta enfermedad son las vías respiratorias. Adicionalmente, los coronavirus no pueden multiplicarse en los alimentos, ya que necesitan un huésped animal o humano para poder hacerlo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

De acuerdo con esta información, es importante que las industrias de alimentos adopten medidas o protocolos de bioseguridad que mitiguen los contagios por la COVID-19, de forma tal que se pueda garantizar un suministro de alimentos inocuos a la población. Para esto, todos aquellos cambios en los procesos que se deriven por la emergencia sanitaria actual, deberán ser revisados en conjunto por los equipos de inocuidad de las organizaciones, de manera que no se genere afectación en los sistemas de inocuidad alimentaria instaurados.

Por tanto, desde el punto de vista de la importancia en estos tiempos de poder garantizar la continuidad del negocio proporcionando alimentos que sigan siendo inocuos, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Adecuada gestión de proveedores: Esto permitirá evitar que haya un desabastecimiento de materias primas, insumo y/o materiales. Para esto, es importante que se puedan identificar aquellos proveedores críticos para la operación y verificar sus controles de higiene y producción. Así mismo, es necesario contar con proveedores de emergencia a los que se pueda recurrir en casos extremos.

- ✓ Refuerzo de las buenas prácticas de manufactura: A pesar que en las plantas de producción alimentaria el personal tiene conciencia sobre la inocuidad y los controles que son importantes para garantizarla, en estos tiempos de pandemia es necesario reforzar dichos controles. Para esto, es importante los controles sobre el manipulador de alimentos, incluyendo el lavado de manos, el cual debe ser ejecutado con una mayor frecuencia a la establecida previamente.

- ✓ Programa de trazabilidad en línea: Teniendo en cuenta el avance de las tecnologías en el último año, donde las aplicaciones y el mundo virtual han tomado un protagonismo importante, es necesario que el sistema de

trazabilidad de las organizaciones se oriente en este sentido. Esto entendiendo que los consumidores han aumentado su interés en adquirir alimentos de forma rápida y con altos estándares de calidad.

- ✓ Participación y conciencia del personal: La situación mundial generada por la aparición de la COVID-19 ha despertado en la población una creciente preocupación por las medidas y controles de higiene, lo cual debe ser aprovechado por las empresas alimentarias, de forma tal que se pueda fortalecer la cultura de inocuidad al interior de estas y ofrecer a un mercado más consciente alimentos con la garantía de inocuidad que estos esperan y por la cual estarán dispuestos a asumir el precio que tengan.

3.3.3 Efecto en la industria palmera colombiana por la COVID-19

A pesar que el año 2020 representó un período de crisis para muchos segmentos de la industria, este no fue el caso de la industria palmera colombiana. La industria de la palma de aceite en Colombia, no detuvo sus operaciones debido a las restricciones generadas por el distanciamiento social de la emergencia sanitaria del COVID-19. Algunas industrias palmeras adoptaron las medidas de bioseguridad necesarias para salvaguardar la salud de sus colaboradores en tiempos muy cortos, lo cual les generó una ventaja competitiva. Al comparar al aceite de palma con otros cultivos de la agroindustria, este se encuentra en segundo lugar dentro de los cultivos con mayor área sembrada en Colombia (Delgado & Cartagena, 2020)

Por otro lado, a pesar de que se presentó una disminución en la demanda del aceite de palma, debido a las industrias que debieron suspender sus operaciones, las exportaciones de este producto ayudaron a compensar esta disminución en los ingresos. Así mismo, de acuerdo a las recomendaciones entregadas por las principales entidades de salud sobre las medidas para controlar la COVID-19, se generó un aumento en el consumo de agentes de limpieza como jabones,

desinfectantes y demás productos, los cuales utilizan como principal materia prima el aceite de palma (Delgado & Cartagena, 2020).

3.3.4 Producción alimentaria post-COVID-19

Luego de experimentar la emergencia sanitaria por la COVID-19, quedaron en manifiesto muchas situaciones que pueden convertirse en el medio para una actualización de los procesos en la industria de los alimentos, de manera que se puedan obtener lecciones aprendidas de toda la situación afrontada durante el último año. En este contexto, el concepto de “Una salud” toma especial relevancia, de forma tal que se puedan analizar los riesgos desde un enfoque global para una gestión adecuada de estos. De esta manera, algunos de los escenarios que han sido expuestos por la pandemia de la COVID-19 y que serán probablemente los nuevos senderos hacia donde se dirigirán las industrias alimenticias son:

- En el ámbito ambiental se pudo observar el efecto de las industrias sobre el cambio climático y los demás fenómenos naturales que se han experimentado. La pandemia puso de manifiesto el impacto importante que representa la industrialización para el medio ambiente, por lo que será necesario propender por procesos que favorezcan la mitigación, control y disminución de los impactos ambientales.
- Utilización de sistemas digitales e informáticos para los procesos de producción alimentaria, lo cual permita un mayor control sobre la manufactura y los riesgos que se puedan presentar durante toda la cadena productiva.
- En el contexto comercial, las industrias se verán enfrentadas a grupos de consumidores más informados, críticos, conscientes, los cuales toman decisiones llevados por diferentes motivos, incluido el uso de plataformas digitales para acceder a los alimentos, representando un reto de actualización sobre todo para las industrias más antiguas.

- En cuanto a los controles de calidad e inocuidad, se tendrán niveles más estrictos para el control de contaminantes, para medidas de limpieza y desinfección en plantas de producción alimentaria, para la composición nutricional de los alimentos, entre otros.

4. METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente proyecto, se desarrollaron las siguientes etapas metodológicas:

Etapa No. 1

Análisis de los peligros químicos asociados a la producción del aceite de palma en Colombia.

Actividades desarrolladas:

1. Se realizó una recopilación bibliográfica de los principales contaminantes químicos que se presentan durante el cultivo de la palma africana, y el proceso de extracción y procesamiento del aceite obtenido de los frutos de esta planta.
2. Se estudiaron las características principales de los contaminantes identificados y las causales que derivan en su aparición durante la cadena de producción del aceite de palma.
3. Se analizaron las concentraciones normales de estos contaminantes en el aceite de palma de Colombia, teniendo en cuenta cuál es el consumo de este alimento por parte de la población.

Etapa No. 2

Evaluación de las condiciones de las zonas geográficas donde se produce el aceite de palma.

Actividades desarrolladas:

1. Se consultó en diferentes bases de datos la información disponible, con el fin de conocer los efectos sobre la salud pública de la ingesta de aceite de palma con contenido de estos contaminantes.
2. Se identificaron los grupos poblacionales con mayor susceptibilidad a los efectos de estos contaminantes y sobre los cuales se debe tener un especial cuidado.

3. Se evaluaron las condiciones geográficas de las zonas del país, identificando condiciones en el medio que favorezcan la aparición de dichos contaminantes.

Etapas No. 3

Formulación de las medidas de control para la gestión del riesgo químico, para contribuir a la salud pública en tiempos de COVID-19.

Actividades desarrolladas:

1. Se recopiló información sobre la afectación que ha generado el COVID-19 sobre la cadena productiva del aceite de palma.
2. Se formularon medidas de control, tendientes a gestionar el riesgo químico presentado por la aparición de estos contaminantes en el aceite de palma, las cuales puedan ser adoptadas durante la pandemia.
3. Se identificó la ausencia de información suficiente, que permita definir un lineamiento para proyectos futuros a realizar en esta misma temática.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Proceso de producción del aceite de palma

La cadena productiva del aceite de palma inicia con el cultivo de la palma de aceite y posterior recolección de la cosecha obtenida. Al ser recolectado el fruto, este es conducido hacia el proceso de extracción, donde se produce el aceite crudo de palma, el cual sirve de materia prima para el proceso de refinación. Finalmente, como producto de la refinación, se obtiene el aceite de palma refinado. La figura 6 muestra las etapas del proceso de obtención del aceite de palma refinado.



Figura 6. Proceso de producción del aceite de palma refinado.

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de identificar los puntos de la cadena productiva donde se presenta mayor vulnerabilidad del producto a contener altos niveles ésteres de 3-MCPD y GE, es importante conocer un poco sobre los procesos que tienen lugar en cada uno de los eslabones de la cadena ilustrada en la figura 6. Por tanto, se detallan a continuación, los aspectos relevantes de cada etapa productiva:

- Cultivo de la palma de aceite: Este proceso consiste en la siembra y crecimiento de la palma africana, tiempo durante el cual se debe dotar de

agua y nutrientes al suelo para beneficio de la planta e incentivo de la producción de fruto en esta. La producción de una palma de aceite inicia entre los 30 a 36 meses después de sembrada.

- Cosecha y transporte de los RFF: Cuando los RFF se encuentran listos deben ser cortados y recolectados en vagones para luego ser transportados a centros de acopio, donde finalmente serán distribuidos hacia la planta de extracción. El tiempo de cosecha se determina de acuerdo a la edad de la palma, la época del año y a las características visuales del fruto (estado de madurez). Los ciclos de corte pueden variar de 10 a 14 días de intervalo entre uno y otro.
- Preparación de los frutos: A la llegada a la planta extractora, los RFF se reciben en una plataforma donde son acopiados para iniciar proceso. Luego de esto son conducidos hacia un esterilizador, donde se les inyecta vapor para lograr ablandar los frutos y favorecer el desprendimiento de los mismos. Finalmente, los RFF son conducidos hacia una desgranadora, donde por acción física del golpe en un cilindro giratorio son desprendidos los frutos y separados del racimo. De este proceso se utilizan los frutos, sin embargo, en el racimo permanece una cantidad de aceite que puede ser recuperado de igual forma. Este proceso es una corriente alterna que se genera durante la extracción del aceite de palma.
- Extracción del aceite: Los frutos sueltos son conducidos hacia unos digestores donde son calentados y macerados para que se facilite el desprendimiento del mesocarpio del fruto, lugar donde está contenido el aceite. Luego de esto se someten los frutos al proceso de prensado, donde se extrae finalmente el aceite de palma. Este aceite reposa posteriormente en un preclarificador, el cual por decantación permite separar los lodos e impurezas del aceite extraído. Finalmente el aceite separado es secado para disminuir su humedad, obteniendo el aceite crudo de palma.

- **Blanqueo:** El aceite crudo de palma es calentado para remover la humedad y luego es sometido a la acción de una solución ácida, la cual permite retener compuestos metálicos presentes en este. Luego se adicionan tierras filtrantes, las cuales adsorben estas impurezas para luego quedar retenidas en filtros, obteniendo finalmente un aceite libre de impurezas y bajo en humedad (aceite de palma blanqueado).
- **Desodorización:** Luego de obtener el aceite de palma blanqueado, este es sometido a un proceso de calentamiento bajo presión de vacío a aproximadamente 250 a 260°C, con la finalidad de extraer compuestos volátiles que le confieren olor, sabor y color al aceite. Adicionalmente, se utiliza vapor directo para el arrastre de algunos compuestos.

5.2 Riesgo químico en el aceite de palma

La cadena de producción del aceite de palma detallada en la sección anterior, se puede resumir en tres grandes etapas: cultivo, extracción y refinación. Durante estos tres procesos se deben tener en cuenta algunos contaminantes que es probable que se presenten en cada una de estas etapas. En la figura 7, se resumen algunos peligros químicos que se pueden encontrar en el fruto de la palma o en el aceite obtenido de este, en las etapas de procesamiento.



Figura 7. Contaminantes en la cadena productiva del aceite de palma.

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de los contaminantes listados en la figura 7 son conocidos por la industria palmera hace más de 25 años y por tanto, sus límites máximos permitidos se encuentran bajo control, mediante el uso de medidas de control. Sin embargo, este no es el caso de los ésteres de 3-MCPD y los GE, ya que los estudios investigativos sobre estos compuestos iniciaron hace aproximadamente 14 años. Para poder establecer algunos mecanismos de control, es necesario primero conocer cómo se forman estos contaminantes.

5.3 Mecanismos de formación de ésteres de 3-MCPD y GE

Teniendo en cuenta la cadena productiva del aceite de palma ilustrada en la figura 7, se han identificado diversos mecanismos de formación para los contaminantes en estudio en cada una de estas etapas de producción. Estos pueden estar ligados a factores como el clima, las condiciones de la palma de aceite, al suelo, el genotipo y las técnicas de cosecha (Codex Alimentarius, 2019). Todas estas condiciones pueden favorecer la aparición de aquellos precursores que al estar presentes en el aceite, reaccionan en condiciones de alta temperatura para formar dichos compuestos contaminantes.

Para el caso de los ésteres de 3-MCPD, se ha determinado que el principal precursor para la formación de este compuesto es el Cloro. De igual forma, debe estar presente en el aceite otro compuesto para que se dé la reacción de formación de los ésteres de 3-MCPD, para lo cual inicialmente se pensaba que podrían ser los diacilgliceroles (DAG), sin embargo, de acuerdo a estudios realizados se ha demostrado que son los triacilgliceroles (TAG) los que pueden contribuir a dicha reacción (MacMahon, 2014). Por tanto, para que puedan formarse los ésteres de 3-MCPD, debe estar presente en el aceite el Cloro y los TAG.

En la figura 8 se ilustran las posibles rutas para la formación de los ésteres de 3-MCPD, teniendo en cuenta el donante de cloro que debe existir para que esta reacción tenga lugar.

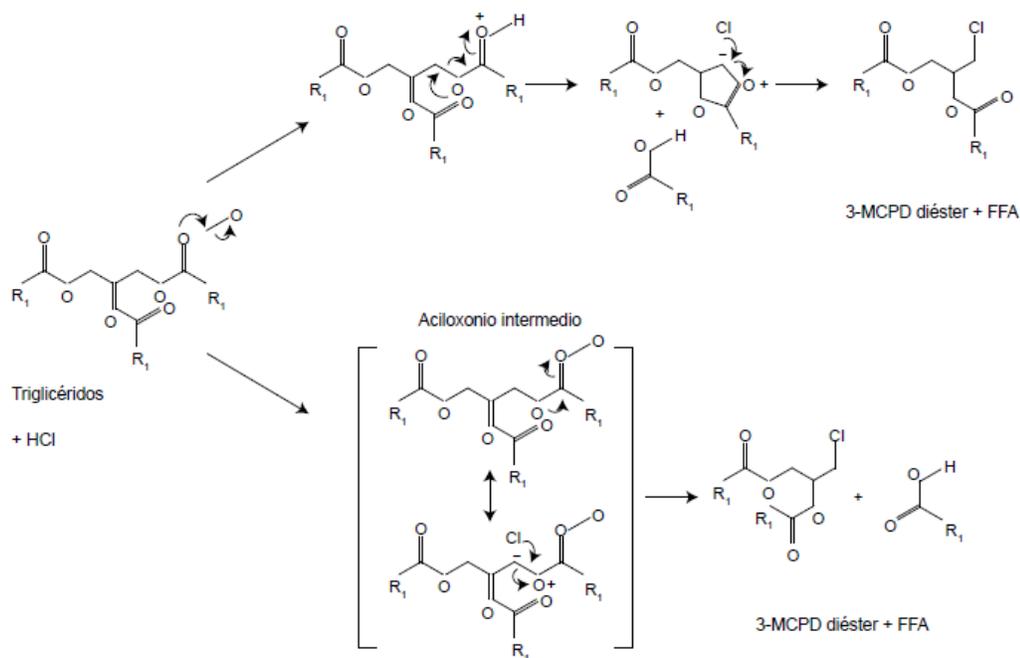


Figura 8. Ruta para la formación de los ésteres de 3-MCPD.

Fuente: (Willits, 2013).

Por otro lado, los GE pueden originarse como consecuencia de un alto contenido de Monoacilgliceroles (MAG) y DAG en el aceite crudo de palma. Normalmente, el aceite de palma contiene entre el 3 al 4% de DAG y en algunos casos pueden tener valores mayores al 5%, para estos casos, al analizar los aceites refinados obtenidos luego de la refinación, se han encontrado como resultado altos contenidos de GE (MacMahon, 2014). A pesar de que la reacción de formación más favorable se da con los DAG, los MAG también pueden favorecer la generación de los esterres de glicidol.

En la figura 9, se observa la ruta de formación de los ésteres de glicidol, tomando como punto de partida una estructura de un DAG, a una temperatura de desodorización mayor de 240°C.

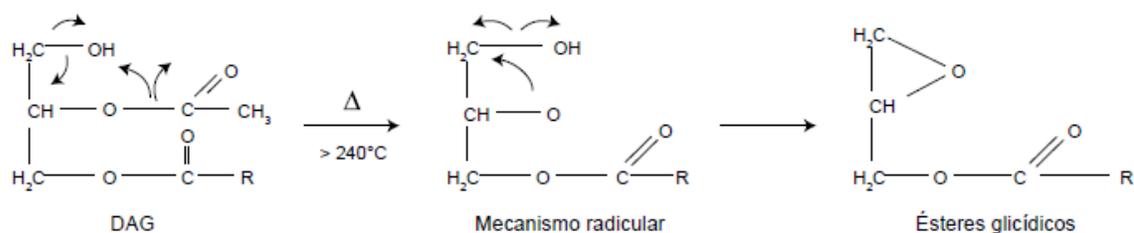


Figura 9. Ruta para la formación de los ésteres de glicidol.

Fuente: (Willits, 2013).

Luego de conocer cuáles son los principales precursores para la formación de los ésteres de 3-MCPD y GE en el aceite de palma, será necesario analizar cada paso de la cadena productiva, con la finalidad de encontrar aquellos puntos donde se da el ingreso de dichos precursores al aceite. Con esta información podrán establecerse las bases para un control correcto sobre la formación de estos contaminantes.

5.3.1 Cultivo de la palma de aceite

Desde la siembra de la palma de aceite, hasta el crecimiento del cultivo y la cosecha de sus frutos, pueden presentarse diferentes condiciones o aspectos que favorezcan la formación de los ésteres de 3-MCPD y GE durante el proceso de refinación del aceite de palma.

Al ser el cloro el precursor principal para la formación de los ésteres de 3-MCPD, se han identificado diferentes fuentes desde las cuales puede provenir dicho elemento y formar parte del aceite crudo a procesar:

- El uso de fertilizantes para el cultivo de la planta, los cuales están constituidos de compuesto clorados (por ejemplo el cloruro de potasio).
- Compuestos organoclorados que son producidos de forma natural durante el cultivo de la palma de aceite.
- Utilización de agua para riego con alta presencia de cloro o compuestos clorados.

- Características propias del suelo, de acuerdo a su ubicación geográfica, lo cual puede favorecer la presencia de sales de cloro en su composición.

Así mismo, teniendo en cuenta que los DAG son considerados los precursores de los GE, estos pueden aumentar su contenido en el fruto de la palma debido a:

- El estado de madurez del fruto, causado por los ciclos largos de cosecha en el cultivo de la palma.
- Uso excesivo de agua para riego, favoreciendo la hidrólisis y sobre maduración del fruto de la palma.

5.3.2 Extracción del aceite crudo de palma

Esta etapa inicia con la llegada de los RFF a la planta extractora y finaliza con la obtención del aceite crudo de palma. Durante los procesos que ocurren en la planta extractora, existen condiciones que pueden favorecer la aparición de los precursores para los ésteres de 3-MCPD y GE. En el cuadro 3, se detallan para cada contaminante, las condiciones que pueden favorecer un incremento de la cantidad de precursores en el aceite final obtenido.

Cuadro 3. Condiciones que favorecen la aparición de ésteres de 3-MCPD y GE.

Ésteres de 3-MCPD	Ésteres de Glicidol
Utilización de agua para la esterilización de los frutos con altos contenidos de Cloro o compuestos clorados.	Baja rotación de inventario de RFF, favoreciendo el aumento de DAG en el fruto.
Uso de sustancias químicas en el tratamiento del fruto que contengan compuesto clorados.	Mal manejo de flujos e inventarios del proceso afectando la calidad del aceite crudo obtenido.
Reutilización de aceite de palma recuperado de otras corrientes del proceso.	Alta humedad del aceite crudo, lo que favorece el aumento de acidez del aceite y por tanto de los DAG.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Refinación del aceite crudo de palma

Luego de las etapas de cultivo y extracción, donde lo que se busca principalmente es minimizar la aparición de los precursores para la formación de los ésteres de 3-MCPD y GE, el aceite continúa a la etapa de refinación. En este paso es importante que se tengan en cuenta los siguientes aspectos que pudieran favorecer la formación de los ésteres de estos compuestos:

- Uso de tierras filtrantes activadas para el proceso de blanqueo, ya que estas contienen compuestos clorados que pudieran favorecer la formación de los ésteres de 3-MCPD.
- Utilización de temperaturas de desodorización mayores a 180°C, las cuales favorecen la aparición de ésteres de 3-MCPD, mientras que aquellas mayores a 240°C ayudan a que se origine la formación de los GE.
- Procesamiento del aceite por largos tiempos de residencia incentivan la formación de los ésteres de 3-MCPD.
- Dosificación de altas cantidades de ácido fosfórico para ejecutar el blanqueo del producto, lo cual favorece la formación de los contaminantes en estudio.
- Ausencia de condiciones de vacío estables pueden favorecer la formación de estos compuestos.
- Reprocesamiento del aceite en el proceso de desodorización conllevándolo a ser sometido más de una vez a las altas temperaturas, lo que favorece un aumento en los niveles de 3-MCPD principalmente.

En la figura 10 se detalla el análisis de causas sobre los factores que pueden incidir en la formación de los ésteres de 3-MCPD durante la cadena productiva para la obtención del aceite de palma refinado.

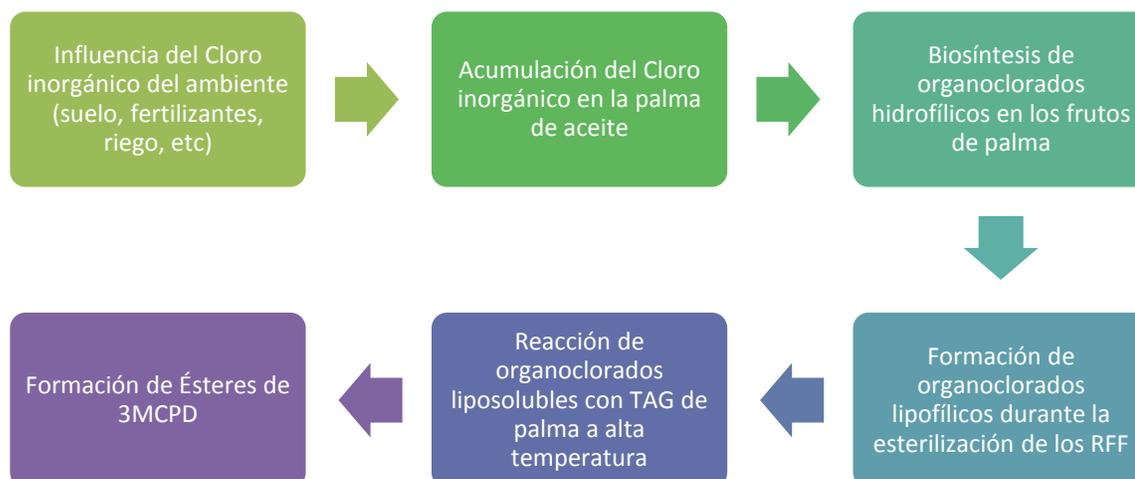


Figura 10. Análisis de causas de los factores incidentes en la formación de ésteres de 3-MCPD.

Fuente: (MacMahon, 2014).

5.4 Toxicidad de los ésteres de 3-MCPD y los GE

Hace aproximadamente 14 años, se iniciaron los estudios para determinar la afectación a la salud que podría generarse por el consumo de alimentos con altos niveles de ésteres de 3-MCPD y GE. Algunas de las características toxicológicas más importantes de estos compuestos se detallan a continuación:

- **Ésteres de 3-MCPD:** Estos compuestos pueden ser hidrolizados en el tracto gastrointestinal en un 80% aproximadamente, formando 3-MCPD libre. Este, a pesar de no ser considerado un compuesto genotóxico cancerígeno, se ha determinado que puede causar tumores en algunos órganos del cuerpo humano, en especial en el riñón (Willits, 2013). Así mismo, este compuesto puede generar infertilidad y afectación en el sistema inmunológico.
- **Ésteres de Glicidol:** De acuerdo a la información toxicológica que se tiene de los GE, se sugiere que estos ésteres por si solos tienen una baja

toxicidad, y su mayor riesgo corresponde a la liberación del glicidol libre (MacMahon, 2014). El glicidol por su parte, es considerado un compuesto cancerígeno genotóxico, por tanto puede generar daños en el ADN y causar cáncer (Willits, 2013). De igual forma, se ha encontrado que la exposición a este compuesto puede causar desórdenes en los ovarios, enfermedades en el colon y aparición de carcinomas (Liu, 2021).

Además de los efectos individuales sobre la salud causados por estos compuestos, la exposición al 3-MCPD y glicidol en conjunto, puede generar daños en los pulmones, el corazón y los riñones (Liu, 2021).

5.5 Límites máximos permitidos para los 3-MCPD y GE

Dentro del listado de consumidores más exigente a nivel mundial se puede encontrar el mercado europeo. Este es sin duda el que está a la vanguardia en cuanto a nuevas exigencias y demandas, las cuales serán luego adoptadas por otros países. Para el caso de la regulación sobre los límites máximos de ésteres de 3-MCPD y GE no fue la excepción. Fue la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA), la que estableció la ingesta diaria tolerable en 2 µg de 3-MCPD/kg de peso corporal. Más tarde, a comienzos del año 2021, entra en vigencia el reglamento de la comisión europea 1322/2020, el cual establece un valor de 2.500 µg/kg de 3-MCPD y de 1.000 µg/kg de GE para el aceite de palma que se utilice directamente o como ingrediente para la industria de alimentos.

Para el caso de los aceites destinados a su uso en alimentos para infantes, los valores establecidos son aún más bajos. El reglamento indica un valor de máximo 500 µg/kg de GE y 750 µg/kg de 3-MCPD para el aceite de palma usado en fórmulas infantiles.

5.6 Efecto del origen del aceite sobre los contaminantes

Si bien la información de los contaminantes es general para el aceite de palma, la formación de estos compuestos (3-MCPD y GE) estará condicionada por las características de calidad del aceite crudo de palma que se procese y el origen del mismo. En el cuadro 4 se listan los valores de contaminantes obtenidos para aceites crudos de palma de diferentes orígenes.

Cuadro 4. Efecto de la calidad y origen sobre el contenido de 3-MCPD.

Origen	Índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI)	Ácidos grasos libres (%)	DAG (%)	3-MCPD (ppm)
Centroamérica	1,6	3,0	5,2	1,1
Suramérica	2,3	4,6	7,2	1,6
Sureste Asiático -1	2,7	4,2	8,1	1,7
Sureste Asiático -2	3,1	3,8	9,7	2,1
Sureste Asiático -3	1,6	5,1	9,6	2,7

Fuente: (Kellens & De Greyt, s.f.)

De acuerdo a la información mostrada en el cuadro 4, el DOBI no representa mayor influencia sobre el contenido final de 3-MCPD, ya que para el aceite de Centroamérica, el cual presenta el valor más bajo de DOBI, se obtiene el mejor contenido de 3-MCPD. Adicionalmente, se puede concluir que los aceites del continente americano presentan unos valores más bajos de 3-MCPD y de DAG, por lo que dicho comportamiento podría estar asociado a características del suelo, el agua y el clima.

5.7 Medidas de control para el riesgo químico

De acuerdo a la información ilustrada previamente sobre los mecanismos de formación de estos contaminantes, se puede concluir que no sólo es importante tomar acciones sobre el procesamiento del aceite, sino que cualquier intervención a realizar, debe iniciar desde el cultivo de la palma de aceite. Para esto, es importante enfocar los esfuerzos sobre tres condiciones básicas: la disminución de precursores en el aceite crudo de palma, el control y cambio sobre los procesos de extracción y refinación, y el uso de procesos adicionales para la remoción de los contaminantes en aceites refinados. Teniendo en cuenta este escenario, se proponen las siguientes medidas para disminuir las cantidades de ésteres de 3-MCPD y de glicidol en el aceite de palma:

- ✓ Cultivo de la palma de aceite: Se puede recurrir a la plantación de variedades de palma de aceite con actividad reducida de la enzima lipasa, la cual contribuye a la maduración del fruto y formación de los acilgliceroles.
- ✓ Selección y control de aditivos en el cultivo: La utilización reducida de fertilizantes y pesticidas, ayudará a disminuir la cantidad de cloro que puede quedar presente en el fruto de la planta. De igual forma, se podrán utilizar sustancias que no contengan cloro en su composición como medida opcional para no afectar la producción del cultivo. Así mismo, será importante las características del agua utilizada para riego, la cual no debe contener cloro en su composición.
- ✓ Cosecha controlada de los frutos de palma: Existe una relación entre la madurez del fruto, los frutos sueltos, el contenido de aceite y los ácidos grasos libres (MacMahon, 2014). Cuando se da el desprendimiento del primer fruto del racimo, el contenido de aceite en estos se encuentra en su valor máximo y el contenido de ácidos grasos libres continúa incrementando. Por tanto, es importante que la cosecha de los racimos inicie cuando se desprenda el primer fruto de palma, lo que permitirá

alcanzar el menor nivel de ácidos grasos libres y por ende, de DAG en el aceite crudo de palma. Esta actividad debe ir acompañada de una extracción temprana del fruto luego de ser cosechado.

- ✓ Lavado de los frutos de palma o del aceite crudo de palma: Para la eliminación de los compuestos clorados presentes en el aceite crudo de palma, se puede recurrir al lavado de los RFF con agua, lo cual podría eliminar la gran mayoría del cloro presente en estos. Otra opción es realizar un lavado del aceite crudo de palma con una mezcla de agua y etanol o con sólo agua, lo cual podría también reducir el contenido de cloro en el aceite crudo de palma.
- ✓ Separación de frutos de palma: Teniendo en cuenta que los ácidos grasos libres en un fruto dañado o desprendido incrementan en un 2% en 4 horas aproximadamente, es necesario que estos frutos sean procesados en una corrida distinta, con lo cual el aceite obtenido pueda ser destinado para usos no comestibles.
- ✓ Esterilización a baja temperatura: El calentamiento de los racimos a temperaturas menores que los 120°C, evitará la formación de los ésteres de 3-MCPD.
- ✓ Extracción mediante solventes: Para la remoción de cloro y demás precursores, se sugiere la utilización de una mezcla de hexano y agua para la extracción del aceite crudo de palma. Sin embargo, como resultado de este proceso se generarán unos residuos que deberán ser correctamente dispuestos.
- ✓ Control de la trazabilidad: Es necesario que el aceite crudo de palma extraído provenga sólo de la corriente de proceso principal, evitando utilizar aquellos aceites recuperados de otras extracciones, como por ejemplo el aceite extraído de los racimos vacíos. Esto debido a que el producto obtenido contará con altos niveles de precursores.

- ✓ Uso de refinación química: El aceite puede ser procesado utilizando una solución de ácido fosfórico y una de hidróxido de sodio, lo cual generará la formación de jabones que serán después retirados por centrifugación. Este proceso permite disminuir los precursores de cloro, y adicionalmente los DAG del aceite crudo de palma.
- ✓ Utilización de tierras filtrantes naturales: El uso de una tierra filtrante activada puede favorecer la formación de los ésteres de 3-MCPD, por tanto, es necesario recurrir al uso de tierras de blanqueo naturales. Adicionalmente, es importante utilizar una cantidad mayor de tierra a las usadas en los procesos convencionales, ya que estas ayudarán en la disminución de la formación de los contaminantes.
- ✓ Cambios en las condiciones de desodorización: Los ésteres de 3-MCPD y GE son formados por reacciones que se dan a temperaturas altas, por tanto para evitar su formación, se deberán usar temperaturas de desodorización entre 180 y 230°C, con tiempos de residencia de 1 a 5 horas. Así mismo, se puede recurrir a la combinación de altas y bajas temperaturas, con el fin de que el aceite tenga un menor efecto causado por la temperatura. Para esto, se podrán usar temperaturas de 250 a 270°C por 5 minutos seguidas de 200°C por 120 minutos o viceversa.
- ✓ Uso de procesos posteriores: Luego de desodorizado el aceite, este puede ser sometido a un tratamiento con algún agente adsorbente para retener los ésteres de 3-MCPD y GE formados en la refinación. Este proceso puede llevarse a cabo mediante un proceso de blanqueo posterior a la desodorización.
- ✓ Almacenamiento del producto: Estudios han demostrado que la concentración de los GE disminuye cuando el aceite se almacena a temperaturas inferiores a los 15°C. Por tanto, esta podría ser una alternativa para disminuir la concentración de este contaminante en el producto final.

5.8 Programa para la gestión del riesgo químico

Tomando como base la información plasmada en las secciones anteriores, se entiende entonces que tanto los ésteres de 3MCPD como los ésteres de glicidol pueden generar un riesgo para la salud de los consumidores, debido a los efectos tóxicos que pueden desencadenar en el cuerpo humano. Por tanto, es de vital importancia establecer una serie de actividades tendientes a mantener al mínimo el riesgo durante todo el proceso de elaboración del aceite de palma. Para esto se hace necesario, implementar medidas de control desde el cultivo de la palma de aceite hasta el almacenamiento del aceite de palma refinado, garantizando que estos contaminantes estén dentro de los límites máximos permitidos por normatividad.

Teniendo en cuenta que en Colombia aún no existe una normatividad aplicable con respecto a los límites máximos permitidos para estos compuestos, se tomarán como referencia los valores máximos establecidos por el mercado europeo, y por tanto, se plantearán las actividades para mantener las concentraciones de estos compuestos en el aceite de palma con valores por debajo de dicho límite. En el cuadro 5, se detallan aquellas actividades que harán parte del programa de gestión del riesgo químico, las cuales permitirán el control del peligro desde la primera etapa de la cadena productiva, hasta el almacenamiento del producto para su posterior entrega al cliente.

Para la revisión y validación de las actividades propuestas, será necesario que cada planta de procesamiento pueda tomar muestras de los aceites obtenidos luego de aplicadas las mejoras sobre los procesos, con el fin de determinar y analizar comparativamente los resultados de los contenidos 3-MCPD y GE y adoptar las prácticas que más se ajusten a sus procesos productivos y al contexto de su organización.

Cuadro 5. Actividades para el control del riesgo químico.

Etapa del proceso	Actividad a realizar
Cultivo de la palma	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plantar variedades de palma de aceite con actividad reducida de la enzima lipasa. 2. Utilizar reducidamente fertilizantes y pesticidas. 3. Uso de sustancias fertilizantes que no contengan cloro en su composición 4. Cuidar las características del agua utilizada para riego. 5. Iniciar la cosecha de los RFF al observar el desprendimiento del primer fruto. 6. Realizar la extracción del aceite del fruto al corto tiempo de su recolección.
Extracción del aceite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lavar los frutos de palma con agua. 2. Realizar el lavado del aceite crudo de palma con agua o con una mezcla de agua y etanol. 3. Separar los frutos desprendidos y maltratados de la corrida de extracción. 4. Calentar los racimos a temperaturas menores que los 120°C. 5. Separar sólo el aceite obtenido de la corriente principal del proceso, evitando incluir aceite recuperado de otros procesos.
Refinación del aceite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar el proceso de neutralización, agregando una solución de ácido fosfórico y una de hidróxido de sodio, para luego separar jabones por centrifugado. 2. Utilizar tierras de blanqueo naturales en una cantidad mayor a la usada en los procesos convencionales. 3. Desodorizar a temperaturas entre 180 y 230°C, con tiempos de 1 a 5 horas, o por el contrario combinar altas (250 a 270°C) temperaturas por 5 minutos y bajas temperaturas (200°C) por 120 minutos o viceversa. 4. De acuerdo a los resultados obtenidos puede blanquear y desodorizar nuevamente el aceite refinado. 5. Almacenar el producto refinado a temperaturas inferiores a los 15°C.

Fuente: Elaboración propia.

En las etapas previas a la desodorización del aceite, es importante ejecutar muestreos y análisis para determinar el contenido de cloro tanto en el suelo como en el agua utilizada para la plantación. De igual forma, sería conveniente incluir en dicho muestreo el contenido de cloro y DAG, de los frutos y del aceite crudo obtenido luego de la extracción de estos, con lo que se podrá realizar un seguimiento más controlado sobre las condiciones de proceso establecidas y su relación con la inocuidad del producto procesado.

En la figura 11 se ilustra el diagrama de flujo del proceso seguido por una de las empresas productoras de aceite de palma en Colombia, incluyendo las actividades que se incorporaron como medidas de control para estos compuestos.



Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de producción de aceite de palma con medidas de control.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 6 se resumen los resultados de ésteres de 3-MCPD y GE de aceites de palma producidos por la empresa C.I. Tequendama S.A.S. en Colombia. En este se comparan los resultados de contaminantes de un aceite producido de forma convencional, sin la aplicación de ninguna medida de control, con aquellos aceites producidos mediante el uso de al menos una de las medidas de control. En la casilla de “cultivo y extracción” del cuadro se abarcan los aceites crudos que tuvieron o no la inclusión medidas de control durante su obtención, lo cual incluye el cuidado en el cultivo y cosecha del fruto. Así mismo, solo el aceite procesado de forma convencional utilizó temperaturas de desodorización mayores a 240°C, los demás aceites fueron procesados a temperaturas inferiores a esta.

Cuadro 6. Niveles de contaminantes en aceite de palma de Colombia.

Medidas de control			3-MCPD (ppm)	GE (ppm)
Cultivo y extracción	Neutralización	Reblanqueo		
No	No	No	1,81	6,43
No	No	Si	1,24	1,86
Si	No	Si	0,47	0,74
Si	Si	Si	0,18	0,23

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa C.I. Tequendama S.A.S.

De los resultados mostrados en el cuadro 6 se puede observar la disminución en el contenido de los contaminantes para el aceite crudo de palma que fue producido usando al menos una de las medidas de control. Se obtuvo entonces una disminución del 70% aproximadamente en el contenido de GE para el aceite que fue tratado con el proceso de reblanqueo y desodorización posterior a su refinación a baja temperatura. Por otro lado, se logra identificar que el aceite que fue procesado aplicando todas las medidas de control, cuenta con las concentraciones más bajas de los compuestos contaminantes en estudio, lo cual demuestra la gran utilidad del programa de gestión de riesgo químico aplicado.

6. CONCLUSIONES

- ❖ Mediante la ejecución del presente proyecto, se logró diseñar un programa de gestión de riesgo químico para el aceite de palma de Colombia, que permitirá regular la presencia de los ésteres de 3-MCPD y GE, los cuales producen afectaciones a la salud pública en tiempos de COVID-19.
- ❖ Con la revisión bibliográfica realizada fue posible analizar los principales peligros químicos asociados al proceso de producción del aceite de palma en Colombia, encontrando que son los ésteres de 3-MCPD y los GE los cuales generan una mayor preocupación debido a sus características toxicológicas, convirtiéndolos en compuestos que pueden causar cáncer y afectaciones en pulmones, riñones y el sistema inmune. Sin embargo, se presenta un mayor interés sobre las fórmulas infantiles, las cuales son preparados usando este aceite como ingrediente y por tanto deberá existir un mayor control sobre estos valores. Dicha información fue útil como punto de partida para la gestión de riesgos.
- ❖ Se lograron identificar los principales precursores para la formación de estos compuestos contaminantes. Para el caso de los ésteres de 3MCPD se encontró que el principal precursor es el cloro, así como también deben estar presentes los TAG para que tenga lugar la formación de dicho contaminante. Por otro lado, son los DAG los precursores que originan la formación de los GE, aunque los MAG también podrían aportar para la aparición de estos compuestos.
- ❖ El cloro y los acilgliceroles pueden encontrarse en los fertilizantes usados durante el cultivo del fruto de la palma, en el agua usada para riego, en el suelo donde es cultivada la palma de aceite, o pueden ser producidos por la

planta durante el cultivo de la misma, o como consecuencia de unos períodos largo de cosecha que favorecen el estado de madurez del fruto.

- ❖ Existen características propias del genotipo y ubicación geográfica de la palma de aceite que pueden favorecer la aparición de dichos precursores. Esta condición tiene una repercusión en los valores de ésteres de 3MCPD y GE que se obtienen al procesar el aceite crudo de palma. De acuerdo a esto, los aceites cultivados en el sureste Asiático son más propensos a la formación de dichos compuestos en comparación con los aceites cultivados en Suramérica y Centroamérica.
- ❖ Además de la etapa del cultivo, se debe tener especial cuidado durante el período de cosecha para evitar la aparición del cloro y los acilglicerolos en la palma de aceite, poniendo especial atención a los ciclos de corte y los tiempos de traslado del fruto recolectado hacia la planta extractora. Por otro lado, en el proceso de extracción del aceite es importante mantener un buen manejo de inventarios del fruto y separar los flujos de extracción de las otras corrientes alternas del proceso, para minimizar el contenido de precursores en el aceite crudo de palma obtenido.
- ❖ En la etapa de refinación del aceite crudo de palma será minimizada la formación de los ésteres de 3MCPD y los GE si se tiene un control sobre: el uso temperaturas de desodorización dentro de un rango de 180°C a 240°C, la utilización de tierras no activadas para el blanqueo, el procesamiento por períodos de residencia cortos, la no utilización de reproceso o recirculación de aceite ya procesado y la estabilidad en las condiciones de vacío.
- ❖ De acuerdo a la información recopilada, se formularon medidas de control para ser utilizadas como herramienta para la elaboración de un programa

de gestión de riesgo químico. Dentro de este programa se establecieron medidas de control, las cuales fueron puestas a prueba con resultados satisfactorios, contribuyendo al cuidado de la salud pública en tiempos de COVID-19.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se debe:

- Recopilar información sobre valores de 3-MCPD y GE en aceite de palma de diferentes regiones del país, comparando los resultados con las condiciones climatológicas y demás que puedan afectar los niveles obtenidos.
- Estudiar los métodos de producción del aceite de palma, donde se pueda incluir el control sobre la formación de estos contaminantes de interés, identificando variables críticas del proceso para su monitoreo y control.
- Diseñar guías que permitan a los agricultores de Colombia conocer las medidas de control en el proceso de cultivo y cosecha de la fruta, las actividades que pueden afectar la calidad de la fruta y los insumos que deben utilizar para propender por minimizar los precursores en esta etapa del proceso.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ages. (2020, 22 de Octubre). *FAQ to MCPDs and Glycidyl Fatty Acid Esters*. <https://www.ages.at/en/topics/residues-and-contaminants/faq-to-mcpds-and-glycidyl-fatty-acid-esters/>
- Baldini, R. (2019). Mitigación de 3-MCPDE y GE mediante diversas tecnologías de proceso. *Palmas*, 40 (Especial, tomo II), 69-75.
- Codex Alimentarius (2019). Código de prácticas para reducir los ésteres de 3-monocloropropano-1,2-diol (3- MCPDE) y los ésteres glicídicos (GE) en los aceites refinados y en los productos de aceites refinados. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B79-2019%252FCXC_079s.pdf
- Comisión europea. (23 de Septiembre de 2020). Regulación 1322/2020, enmienda la regulación 1881/2006 con respecto a los niveles máximos de 3-monocloropropanodiol (3-MCPD), ésteres de ácidos grasos de 3-MCPD y ésteres de ácidos grasos de glicidol en ciertos alimentos.
- Corporación Centro de investigación en Palma de Aceite (2013). *Guía sobre el aceite de palma y sus aplicaciones*. <http://www.palmadeaceite.org/sites/default/files/Gu%C3%ADa%20aceite%20de%20palma%20y%20aplicaciones.pdf>
- Delgado, G. & Cartagena, L. (2020, 4 de Septiembre). *La crisis económica de la producción de palma de aceite en Colombia es un mito*. <https://ail.ens.org.co/opinion/la-crisis-economica-de-la-produccion-de-palma-de-aceite-en-colombia-es-un-mito/>
- Food and Drug Administration (2020). *3-Monochloropropane-1,2-diol (MCPD) Esters and Glycidyl Esters*. <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/3-monochloropropane-12-diol-mcpd-esters-and-glycidyl-esters>

- Federación Europea de Aceites y Oleaginosas (Fediol). (2020, 25 de Septiembre). *FEDIOL general Q&A on 2- and 3-MCPD and Their Esters and Glycerol*. *Esters*.
https://www.fediol.eu/data/20SAF292_QnA%20on%20MCPDE%20and%20GE_25%20September%202020_fn.pdf
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (2020). *La palma de aceite en Colombia*.
<http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-palmadeaceite-colombia-2020.pdf>
- Fundación española del aceite de palma sostenible. (s.f.). *Qué es el aceite de palma: Composición y características*.
<https://aceitedepalmasostenible.es/aceite-palma-composicion-caracteristicas/>
- Gobierno de Colombia. (s.f.). *Coronavirus Colombia*. Consultado el 18 de Julio de 2021. <https://coronaviruscolombia.gov.co/Covid19/index.html>
- Gonzalez, A., Mondragón, A., García, J. (2019, 25 de Septiembre). *Ésteres de 2- y 3-MCPD y ésteres de glicidilo en aceites refinados, cloro y fósforo en aceites crudos de palma, como parte de los futuros requerimientos de los mercados internacionales para el control de la calidad de los aceites comestibles* [póster]. XV Reunión técnica nacional de palma de aceite, Bucaramanga, Colombia. https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/1.-E%CC%81steres-de-2-y-3MCPD-y-esteres-de-glicidilo-en-aceites-refinados-cloro-y-fosforo-en-aceites-crudos-de-palma-como-parte-de-los-futuros-requerimientos_compressed-1.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2020, 25 de Junio). COVID19 EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: De la crisis a la nueva realidad. *Blog del IICA*. <https://blog.iica.int/blog/covid19-en-industria-alimentaria-crisis-nueva-realidad>

- Kellens, M., De greyt W. (s.f.) 3-MCPD y GE: un nuevo reto. <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/3MCPDTradEsp an%CC%83ol.pdf>
- Liu, P. W., Li, C., Huang, K. C., Liu, C. S., Chen, H. L., Lee, C. C., Chiou, Y. Y., Chen, R. J. (2021). 3-MCPD and glycidol coexposure induces systemic toxicity and synergistic nephrotoxicity via NLRP3 inflammasome activation, necroptosis, and autophagic cell death. *Journal of hazardous materials*, 405(124241), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124241>
- MACMahon, S. (2014) Proceeding contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters.
- Ministerio de Salud y protección social. (2007, 22 de Agosto). Resolución 2906. *Por la cual se establecen los Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas – LMR en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes.*
https://www.invima.gov.co/documents/20143/441309/resolucion2906_2007.pdf/690b26e7-ce0d-08da-e54a-a3f6588fb32e
- Ministerio de Salud y protección social. (2012, 2 de Agosto). Resolución 2154. *por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el consumo humano y se dictan otras disposiciones.* D.O. 48.516. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>
- Ministerio de Salud y protección social. (2013, 30 de Octubre). Resolución 4506. *Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.invima.gov.co/documents/20143/441309/Resolucion+4506+de+2013.pdf/8b857597-b948-5bd7-c0a6-f06d217b6bce>

- Ministerio de Sanidad. (2021, 15 de Enero). *Información científica-técnica. Enfermedad por coronavirus, COVID-19.* <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/ITCoronavirus.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2007). Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. <https://es.slideshare.net/batanero71/anlisis-riesgos-alimentaria-fao>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Organización Mundial de la Salud. (2020). COVID-19 e inocuidad de los alimentos: orientaciones para las empresas alimentarias. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331856/WHO-2019-nCoV-Food_Safety-2020.1-spa.pdf
- Organización mundial de la salud. (2020, 30 de Abril). *Inocuidad de los alimentos.* <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Organización mundial de la salud. (2020, 12 de Octubre). *Información básica sobre la COVID-19.* <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>
- Organización panamericana de la salud. (s.f.). *El codex Alimentario.* <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/cha-codex-alimentario.pdf>
- Rincón, S & Martínez, D. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *PALMAS*, 30(2), 11-24.
- Romero, J. (2020). El impacto del COVID-19 en la cadena alimentaria y el suministro de alimentos. <http://alaccta.org/wp-content/uploads/2020/04/Apuntes-acerca-del-C-19.pdf>

- Sierra, N. (2019). *Exportación de aceite de palma y sus derivados*. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17032/1/2019_Exportacion_Derivados_Aceite.pdf
- Soler, F. (2018, 15 de Marzo). *Aceite de palma: Cultivo, procesos de obtención, refinación y transformación* [presentación de diapositivas] <http://www.aiqs.es/uploads/managearticle/7/2018/03/16/20180316120421-0559.pdf>
- Sulin, S., Mokhtar, M., Mohammed, M. & Baharuddin, A. (2020). Review on palm oil contaminants related to 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) and glycidyl esters (GE). *Food research* 6, 11-18.
- Trichodex. (2016, 13 de Junio). *El cultivo de la palma de aceite y sus características*. <https://www.trichodex.com/el-cultivo-de-la-palma-de-aceite-y-sus-caracteristicas/>
- Willits, J. (2013). Los 3-MCPD y su importancia en la industria de la palma. *Revista Palmas* 34, 165-173.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1. CHARTER (ACTA) DEL PROYECTO

Nombre y apellidos: Liliana Carolina López Mendoza
 Lugar de residencia: Santa Marta, Colombia
 Institución: Universidad para la Cooperación Internacional - UCI
 Cargo / puesto: Estudiante de Maestría en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos

Información principal y autorización del PFG	
Fecha	Nombre del proyecto: Elaboración de un programa de gestión de riesgos químicos para el aceite de palma producido en Colombia, para regular la presencia de contaminantes que afectan la salud del consumidor en tiempos de la covid-19.
Fecha de inicio del proyecto: Enero 26 de 2021	Fecha tentativa de finalización: Junio 2021
Tipo de PFG: (tesina / artículo) Tesina	
Objetivos del proyecto (general y específicos) General: Diseñar un programa de gestión de riesgos químicos para el aceite de palma de Colombia, que permita regular la presencia de contaminantes que afectan la salud pública en tiempos de COVID-19. Específicos: Analizar los peligros químicos asociados a la producción de aceite de palma en Colombia, con la finalidad de establecer una línea base para la gestión del riesgo en tiempos de COVID-19. Evaluar las condiciones de las zonas geográficas donde se produce el aceite de palma, para que se identifiquen factores que generen los contaminantes químicos en tiempos de COVID-19.	
Descripción del producto: Al presentarse un peligro nuevo para un alimento, es necesario hacer una recopilación de la información básica para caracterizarlo y estudiarlo. Como herramienta para este análisis, se utiliza un perfil de riesgo químico, el cual propende por la búsqueda de información sobre el peligro, identificando las causales de su aparición, las características del alimento donde se presenta, concentraciones en las que está en el alimento a consumir, los efectos sobre la	

salud pública y los grupos poblacionales sobre los que se presenta mayor incidencia. Este perfil ofrece información importante para establecer medidas de mitigación, que permitan garantizar la salud pública en tiempos de COVID-19.

Necesidad del proyecto:

Dentro de la normatividad colombiana vigente para el aceite de palma y sus derivados (Resolución 2154 de 2012, Resolución 2906 de 2007 y Resolución 4506 de 2013), no existe aún un límite máximo permitido para el 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y los ésteres de glicidol (GE). De tal manera, que el primer paso para el establecimiento de una normatividad legal, es caracterizar el peligro químico, conociendo las causas para su formación y los efectos sobre la salud. De esta manera, el proyecto servirá como soporte para realizar una evaluación de riesgos que pueda desencadenar en una nueva normatividad.

Justificación de impacto del proyecto:

De acuerdo con su naturaleza y a los procesos de obtención, se presentan en el aceite de palma componentes deseables e indeseables. Dentro de los compuestos no deseados, se encuentran los ácidos grasos trans, pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y dioxinas. Sin embargo, es el 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y los ésteres de glicidol (GE), los cuales han despertado la atención de los investigadores en los últimos años, debido a su afectación a la salud y los niveles de estos en el aceite de palma, en comparación con otros aceites.

Dentro de los aceites vegetales, es el aceite de palma el que presenta las mayores concentraciones de estos contaminantes, con valores mayores que los encontrados en los aceites de soya y canola. Adicionalmente, el mercado europeo, el cual representa para Colombia más del 60% de las exportaciones de aceite de palma, ha intensificado su preocupación sobre los niveles de estos contaminantes encontrados en este aceite, con lo cual ha generado normativas más estrictas, para garantizar que el aceite de palma que ingrese a su mercado, cuente con bajos niveles de estos compuestos. Adicionalmente, a esta preocupación del mercado, se suma la situación de restricción generada por la emergencia sanitaria actual.

Por tanto, al contar con un perfil de riesgo químico como punto de partida, con información en cuanto a valores de estos contaminantes, causas para su aparición y las condiciones geográficas y su impacto, se podrán establecer medidas de control tendientes a disminuir los niveles de estos compuestos en el aceite. Esto podrá aumentar la competitividad de la industria palmera colombiana en el mercado europeo en tiempos de COVID-19.

Restricciones:

- Poca disponibilidad de información sobre características de las zonas geográficas del país y los contaminantes químicos detectados en ellas.
- Ausencia de investigación sobre nuevos contaminantes químicos para el aceite

de palma en Colombia.	
Entregables: Avances periódicos del desarrollo del PFG al tutor (a). Entrega del documento aprobado al lector (a) para su revisión y para su posterior aprobación y calificación. Tribunal evaluador (tutor (a) y lector(a)), entregan calificación promediada.	
Identificación de grupos de interés: Cliente(s) directo(s): Sector palmero de Colombia, Fedepalma. Cliente(s) indirecto(s): Organismos de vigilancia y control (INVIMA, Ministerio de salud y protección social, Instituto nacional de salud) y los consumidores finales.	
Aprobado por Director MIA: Félix Modesto Cañet Prades	Firma:
Aprobado por profesora Seminario Graduación: MIA. Ana Cecilia Segreda Rodríguez	Firma:
Maestrante: <i>Liliana Carolina López Mendoza</i>	Firma

9.2 Anexo 2. DECLARACION DEL ALCANCE DEL PROYECTO

DECLARACION DEL ALCANCE DEL PROYECTO

Proyecto: Elaboración de un programa de gestión de riesgos químicos para el aceite de palma producido en Colombia, para regular la presencia de contaminantes que afectan la salud del consumidor en tiempos de la covid-19.

Fecha: 26/01/2021

Planteo del problema (necesidad, oportunidad) y justificación del proyecto:

De acuerdo con su naturaleza y a los procesos de obtención, se presentan en el aceite de palma componentes indeseables. Son los 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y los ésteres de glicidol (GE), los cuales han despertado la atención de los investigadores en los últimos años, debido a su afectación a la salud y los niveles de estos en el aceite de palma, en comparación con otros aceites. Adicionalmente, el mercado europeo, el cual representa para Colombia más del 60% de las exportaciones de aceite de palma, ha intensificado su preocupación sobre los niveles de estos contaminantes, con lo cual ha generado normativas más estrictas. Además de esta preocupación del mercado, se suma la situación de restricción generada por la emergencia sanitaria actual.

Dentro de la normatividad colombiana vigente para el aceite de palma y sus derivados, no existe aún un límite máximo permitido para el 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y los ésteres de glicidol (GE). De tal manera, que el primer paso para el establecimiento de una normatividad legal, es caracterizar el peligro químico, conociendo las causas para su formación y los efectos sobre la salud. Por tanto, al contar con un perfil de riesgo químico como punto de partida, con información en cuanto a valores de estos contaminantes, causas para su aparición y las condiciones geográficas y su impacto, se podrán establecer medidas de control tendientes a disminuir los niveles de estos compuestos en el aceite. Esto podrá aumentar la competitividad de la industria palmera colombiana en el mercado europeo en tiempos de COVID-19.

Objetivo(s) del proyecto:

Diseñar un programa de gestión de riesgos químicos para el aceite de palma de Colombia, que permita regular la presencia de contaminantes que afectan la salud pública en tiempos de COVID-19.

Producto principal del proyecto:

Programa de gestión de riesgo químico para el aceite de palma de Colombia. _____

Entregables del proyecto:

Avances periódicos del desarrollo del PFG al tutor (a). _____

Entrega del documento aprobado al lector (a) para su revisión y para su posterior aprobación y calificación. _____

Tribunal evaluador (tutor (a) y lector(a)), entregan calificación promediada. _____

