

**PROPUESTA METODOLÓGICA DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA EL  
TRANSPORTE DE AGUACATE HASS DESDE LA LINEA DE EMPAQUE HASTA  
LOS PUERTOS EN EL VALLE DEL CAUCA**

**CARLOS FELIPE MARMOLEJO GÓMEZ - 1558006**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
2020**

**PROPUESTA METODOLÓGICA DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA EL  
TRANSPORTE DE AGUACATE HASS DESDE LA LINEA DE EMPAQUE HASTA  
LOS PUERTOS EN EL VALLE DEL CAUCA**

**CARLOS FELIPE MARMOLEJO GÓMEZ -1558006**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Industrial**

**Directora: MSc. VIVIAN LORENA CHUD PANTOJA  
Codirectora: PhD. CLAUDIA PEÑA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
ZARZAL  
2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, JUAN CARLOS MARMOLEJO VICTORIA Y BEATRIZ EUGENIA GÓMEZ GRAJALES por la maravillosa formación que me dieron, los valores y virtudes que inculcaron en mí a lo largo de los años, su esfuerzo mutuo, por su amor, comprensión y apoyo que me hacen el hombre que soy en este momento.

A mis hermanos JUAN SEBASTIAN MARMOLEJO GÓMEZ y MARIA JOSÉ MARMOLEJO GÓMEZ, por ser fuente de inspiración y motivación para crecer día a día.

A la profesora VIVIAN LORENA CHUD PANTOJA por su apoyo y asesoría en el proceso de formación y elaboración de mi trabajo de grado y por permitirme hacer parte de su gran proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                          | 6  |
| ABSTRACT .....                                                                         | 6  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                                  | 7  |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                                    | 8  |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....                                                                 | 11 |
| 4. OBJETIVOS .....                                                                     | 13 |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL .....                                                             | 13 |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                        | 13 |
| 5. MARCO TEÓRICO .....                                                                 | 14 |
| 5.1 RIESGOS OPERACIONALES .....                                                        | 14 |
| 5.2 GESTIÓN DEL RIESGO DE LA CADENA DE SUMINISTRO .....                                | 14 |
| 5.3 ANTECEDENTES DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE .....                            | 14 |
| 5.4 ETAPAS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO .....                                              | 17 |
| 5.5 HERRAMIENTAS APLICADAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO ..... | 19 |
| 5.5.1 MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO .....                                           | 21 |
| 5.5.2 HERRAMIENTA MULTICRITERIO AHP FUZZY .....                                        | 21 |
| 5.5.3 DIAGRAMA ISHIKAWA .....                                                          | 22 |
| 5.6 RIESGOS IDENTIFICADOS A LO LARGO DE LA CADENA .....                                | 22 |
| 5.6.1 RIESGOS OPERACIONALES .....                                                      | 23 |
| 6. METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO .....                                        | 25 |
| 6.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA .....                                                | 25 |
| 6.1.1 FASE 1. Identificación y análisis de riesgos .....                               | 25 |
| 6.1.2 FASE 2. Evaluación y priorización .....                                          | 26 |
| 6.1.3 FASE 3. Definición de estrategias de mitigación del riesgo .....                 | 31 |
| 7. RESULTADOS .....                                                                    | 32 |
| 7.1 CASO DE ESTUDIO .....                                                              | 32 |
| 7.2 FASE1. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS .....                              | 32 |
| 7.2.1 Identificación de los riesgos según la revisión de la literatura .....           | 32 |
| 7.2.2 Diseño de la encuesta .....                                                      | 32 |
| 7.2.3 Aplicación de la encuesta .....                                                  | 32 |
| 7.3 FASE 2. EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN .....                                            | 34 |
| 7.3.1 Definición de los riesgos iniciales a considerar en la priorización .....        | 34 |
| 7.3.2 Aplicación de la herramienta AHP Fuzzy para la priorización .....                | 35 |
| 7.5 FASE 3. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO .....                                 | 36 |
| 7.5.1 Plan de mejoramiento con los riesgos priorizados .....                           | 36 |
| 8. CONCLUSIONES .....                                                                  | 45 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA .....                                                                  | 47 |
| 10. ANEXOS .....                                                                       | 55 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Gestión del riesgo en cadenas de suministro .....                                                           | 15 |
| Tabla 2. Gestión de riesgos en el transporte .....                                                                   | 16 |
| Tabla 3. Riesgos en el transporte de frutas .....                                                                    | 17 |
| Tabla 4. Revisión de la literatura herramientas aplicadas en la gestión del riesgo .....                             | 20 |
| Tabla 5. Tipos de riesgo.....                                                                                        | 23 |
| Tabla 6. Escala de calificación para el nivel de impacto .....                                                       | 26 |
| Tabla 7. Escala de calificación para la probabilidad de ocurrencia.....                                              | 27 |
| Tabla 8. Matriz para la valoración de riesgos .....                                                                  | 28 |
| Tabla 9. Escala lingüística para la importancia relativa .....                                                       | 29 |
| Tabla 10. Parámetros AHP-Fuzzy dentro de cada vector.....                                                            | 30 |
| Tabla 11. Riesgos identificados en el transporte de aguacate Hass.....                                               | 34 |
| Tabla 12. Riesgos Priorizados .....                                                                                  | 36 |
| Tabla 13. Revisión de la literatura de las estrategias de mitigación con respecto a los<br>riesgos priorizados ..... | 37 |
| Tabla 14. Propuestas de mitigación de los riesgos priorizados .....                                                  | 39 |
| Tabla 15. Seguimiento para las acciones de mitigación de los riesgos priorizados .....                               | 42 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura. 1. Proceso para la gestión del riesgo .....                                                                                                          | 18 |
| Figura. 2. Diagrama de Ishikawa.....                                                                                                                         | 22 |
| Figura. 3. Metodología para la gestión del riesgo del transporte de aguacate Hass desde<br>la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca ..... | 25 |
| Figura. 4. Estructura jerárquica del problema.....                                                                                                           | 28 |
| Figura. 5. Diagrama de flujo de la empresa transportadora.....                                                                                               | 33 |
| Figura. 6. Jerarquización de los riesgos identificados .....                                                                                                 | 35 |
| Figura. 7. Diagrama de Ishikawa del Riesgo por Contaminación de Narcotráfico – RCNT<br>.....                                                                 | 37 |
| Figura. 8. Diagrama de Ishikawa del Riesgo por Rupturas en la Cadena de Frío – RRCF<br>.....                                                                 | 38 |

## **RESUMEN**

La gestión del riesgo en la cadena de suministro (GRCS) es un tema de gran interés académico y práctico, permite identificar, priorizar y mitigar los riesgos presentes en las actividades de la cadena que pueden generar un impacto significativo y afectar el buen desempeño organizacional. Este documento hace parte de un proyecto de investigación avalado por la Universidad del Valle, que tiene como objetivo establecer un plan de acción enfocado a la mitigación de los principales riesgos operacionales presentes en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca. De esta manera, se propone una metodología mixta, en una primera fase se establecen los riesgos del transporte mediante una revisión bibliográfica y se propone el uso de una matriz de probabilidad e impacto para la identificación de los riesgos operacionales presentes en el transporte dentro de la cadena, en una segunda fase el uso de AHP – Fuzzy para priorizar los principales riesgos, y posteriormente en la tercera fase se establecen las estrategias de mitigación de aquellos riesgos más relevantes que afectan los objetivos estratégicos o corporativos de la cadena de suministro de aguacate Hass.

Palabras Claves: Gestión de riesgos operacionales, Cadenas de Suministro, AHP-Difuso, Transporte, Aguacate Hass

## **ABSTRACT**

Risk management in the supply chain (GRCS) is a topic of great academic and practical interest, it allows to identify, prioritize and mitigate the risks present in the activities of the chain that can generate a significant impact and affect good organizational performance. This document is part of a research project endorsed by the Universidad del Valle, which aims to establish an action plan focused on mitigating the main operational risks present in the transportation of Hass avocado from the packing line to the ports in the Cauca Valley. In this way, a mixed methodology is proposed, in a first phase the transport risks are established through a bibliographic review and the use of a probability and impact matrix is proposed to identify the operational risks present in transport within the chain, in a second phase the use of AHP - Fuzzy to prioritize the main risks, and later in the third phase the mitigation strategies of those most relevant risks that affect the strategic or corporate objectives of the Hass avocado supply chain are established.

Keywords: Operational risk management, Supply Chain, AHP-Fuzzy, Transport, Hass Avocado

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de riesgos en la cadena de suministro (SCRM por sus siglas en inglés) es un tema que reviste gran importancia, tanto desde la perspectiva académica como desde la orientación práctica, en todos los ámbitos industriales (G. Ramírez et al., 2017). No obstante, la SCRM ha sido un tema de gran interés por muchos profesionales en el aguacate tipo exportación, debido a que en los últimos años, la producción de esta fruta se ha convertido en uno de los negocios más rentables, pues su consumo es una tendencia que va en constante crecimiento a nivel mundial (Olawaju et al., 2016).

Actualmente uno de los limitantes en el crecimiento de la cadena de suministro en Colombia, es el transporte, pues existen problemas generalizados en logística (interna y externa) que penalizan de manera significativa el costo y la calidad del producto (muy débil infraestructura de post cosecha, sobre costo y riesgo de operaciones que no añaden valor al producto, retrasos en la gestión del producto en el puerto, etc.) en donde una de sus principales carencias, es el punto de vista del estatus fitosanitario y de inocuidad en las cadenas de frutas y hortalizas que puede condicionar la exportación de las mismas (Asofrucol, 2013).

La gestión del riesgo de la cadena de suministro es la implementación de estrategias para gestionar tanto los riesgos cotidianos como los excepcionales a lo largo de la cadena de suministro asentados en una evaluación continua del riesgo con el objetivo de reducir la vulnerabilidad y garantizar la continuidad, basándose en un proceso continuo que comprende etapas secuenciales de identificación de riesgos, análisis de riesgos, evaluación de riesgos, tratamiento de riesgos y monitoreo de riesgos (Qazi & Akhtar, 2020). Este trabajo propone una metodología para la gestión de riesgos en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, teniendo en cuenta los subprocesos anteriormente planteados por (Qazi & Akhtar, 2020) enmarcados en la metodología de la ISO 31000 (norma técnica internacional para la gestión de riesgos).

Es por esto que en este trabajo, se establecieron acciones orientadas a la mitigación de los principales riesgos operacionales que están presentes en el transporte del aguacate Hass desde la línea de empaque, hasta los puertos en el Valle del Cauca. Adicionalmente se tuvo en cuenta literatura de fuentes confiables, con el objetivo de tener una mejor clasificación de los riesgos y se introdujo el concepto del AHP difuso como método de análisis para la priorización de los riesgos, por su amplia aceptación y aplicación en el ámbito de situaciones problemáticas que involucran múltiples criterios para la toma de decisiones.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la industria de aguacate Hass es más bien reciente, no tiene más de 10 años de experiencia y durante este periodo son pocas las investigaciones e innovaciones que se han realizado (Bolaños, Caicedo, & Portilla, 2018). Es por esto que a lo largo de la cadena, se presenta un claro problema de competitividad internacional debido a la atomización de productores (provocado, en parte, por el difícil acceso y tenencia de tierra), falta implementación de paquetes tecnológicos, alto costo de insumos y falta de registro, acceso a crédito y escasa adecuación a necesidades, difícil uso de instrumentos existentes, rendimientos menores, pérdida post cosecha, agroindustria poco desarrollada, infraestructura de transporte, entre otras, lo que a largo plazo dificulta su crecimiento (Asofrucol, 2013).

Se debe tener en cuenta que la oferta disponible de alimentos para consumo humano es de 28 millones de toneladas al año, sin embargo, no toda la comida destinada al consumo humano se aprovecha debido que a lo largo de la cadena alimentaria se generan pérdidas y desperdicios de alimentos (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Esta pérdida y desperdicio anualmente en Colombia es aproximadamente el 34%, lo que equivale a 9,76 millones de Toneladas de los alimentos, siendo el 22% (6,22 millones Toneladas) lo que se pierde, y el 12% (3,54 millones) lo que se desperdicia, en donde el 58% (6,1 millones de Toneladas) son de frutas y verduras (Martínez & Quintero, 2017) y principalmente suceden durante la producción, post cosecha, almacenamiento y transporte (CIDETI, 2016). Así pues, en una cadena de suministro de frutas, como lo es el caso del aguacate Hass, para controlar el deterioro y la pérdida de producto, es necesario identificar los principales daños que sufre y el efecto de las prácticas precosecha y post cosecha sobre el producto (ARAYA et al., 2006), entre ellos el transporte.

Los desperdicios podrían prevenirse si se identificaran los riesgos en la cadena de suministro, para esto se cuenta con la gestión de riesgo (Stadtler Hartmut, 2008), que según (Y. Fan & Stevenson, 2018) en la cadena de suministro representa una estrategia competitiva, debido a que tiene una fuerte influencia en la estabilidad de la cooperación dinámica entre los socios de la cadena, por lo que es importante para el desempeño de todas sus operaciones, pues ayuda a reducir la vulnerabilidad y garantizar la continuidad del negocio, junto con la rentabilidad, lo que lleva a una ventaja competitiva. De este modo, las contribuciones en la SCRM discuten principalmente la identificación de eventos desencadenantes y la evaluación de sus probabilidades de ocurrencia (Heckmann et al., 2015).

Además dentro de la cadena de suministro existen diferentes fuentes de riesgo que pueden dividirse en riesgos de suministro, riesgos operativos, riesgos de demanda, riesgos de seguridad de la información, riesgos macroeconómicos, riesgos políticos, riesgos competitivos y riesgos de recursos, dentro de los cuales el transporte se encuentra catalogado como un riesgo operativo (Manuj & Mentzer, 2008)

Teniendo en cuenta lo anterior, los riesgos operacionales a los cuales pertenece el transporte, se refieren a la posibilidad de que eventos inesperados ocurran como consecuencia de alteraciones en el normal funcionamiento e incluye todas las cosas que pueden ocurrir en las actividades diarias de una organización (Juan C. Osorio et al., 2017) Por otro lado, aunque estos riesgos tienen un impacto pequeño relativo en la cadena de suministro, si no se atienden correcta y oportunamente, el riesgo se amplificará a lo largo de la cadena (Chan y Chen; 2007 Citado por Osorio et al., 2017), es por lo que dichos riesgos en la cadena agroalimentaria como cualquier variación eventual en las operaciones de la cadena, produce un impacto económico negativo en el desempeño de la misma (E. Y. Nyamah et al., 2017).

En el transporte, los servicios de frío, constituyen uno de los eslabones más débiles de la cadena logística para productos perecederos, debido a que, en Colombia la infraestructura de transporte (vías, puertos y logística) y frío aumenta costos y perjudica la calidad del producto. Es por esto que se debe mejorar la eficiencia en el transporte por carretera, en los procesos de manipulación en puerto, en aumentar la oferta de fletes y en la logística inversa (Asofrucol, 2013).

Además, teniendo en cuenta la importancia de la susceptibilidad del transporte de mercancías por carretera y la gravedad de las consecuencias negativas, los profesionales, así como los investigadores, han comenzado a explorar las diversas facetas de la gestión de riesgos en la sostenibilidad del negocio, pues las crecientes expectativas actuales de los clientes, el mercado competitivo y la degradación del medio ambiente exponen con mayor frecuencia el transporte de mercancías por carretera a riesgos, lo que lleva a la gestión del riesgo en el transporte a generar un apoyo en el mejoramiento de la eficiencia de las cadenas de productos perecederos como lo es el caso del aguacate (Kumar et al., 2019).

Este es un tema de mucho interés para los encargados de la gestión, presentándose de esta manera como una temática importante no sólo desde la perspectiva académica sino también desde la práctica empresarial (Colicchia & Strozzi, 2012), pues esta, se ha convertido en la clave para evitar las pérdidas del negocio (Heckmann et al., 2015), siendo esta una consideración relevante para este proyecto, debido a que se busca establecer acciones para la minimización de los riesgos operacionales asociados al transporte del aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, pues actualmente en el departamento, no existen estudios relacionados con el tema anteriormente planteado, siendo una gran oportunidad para la región y para la cadena productiva.

Además, este trabajo pretende dar respuesta a las siguientes preguntas en relación con los objetivos específicos trazados:

- ¿Cuáles son los riesgos que se presentan en el transporte del aguacate Hass?

- ¿Cuáles son los riesgos más relevantes en el transporte de aguacate Hass dada la amenazas que representan para el fruto?
- ¿Cuáles son las estrategias y/o controles de gestión que permiten mitigar estos riesgos?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El consumo global de aguacate Hass se está incrementando más rápido que la producción, pues este crece casi 3% cada año y según la FAO, esto se debe a las cualidades del aguacate, pues es considerado un superalimento por sus diversos atributos nutritivos y sensoriales, como el alto contenido de aceite, además de tener vitaminas que tienen propiedades benéficas para la salud, siendo este el motivo por el cual, cada vez más mercados se están abriendo a la importación y exportación de este producto (PROCOLOMBIA, 2017).

Actualmente el aguacate se produce en más de 15 departamentos de Colombia, seis de ellos concentran 86% del total del área sembrada del país, de los cuales se destacan Tolima, Antioquia, la Costa Caribe y el Valle del Cauca. Además, en el ranking mundial del aguacate, Colombia es el cuarto país productor y el tercero en términos de áreas cosechadas con una participación del 6% del área mundial (MADR, 2018).

Sin embargo, actualmente en el país, existen problemas generalizados en logística (interna y externa) que penalizan de manera significativa el costo y la calidad del producto (muy débil infraestructura de post cosecha, sobre costo y riesgo de operaciones que no añaden valor al producto, retrasos en la gestión del producto en el puerto, etc.) en donde una de sus principales carencias, es el punto de vista del estatus fitosanitario y de inocuidad en las cadenas de frutas y hortalizas que puede condicionar la exportación de las mismas (Asofrucol, 2013).

Igualmente, el medio de transporte utilizado para enviar el producto al mercado objetivo, debe cumplir con las características de apariencia que le piden sus compradores; además, el producto debe ser resistente, y mantener su calidad durante el transporte, tener un buen desarrollo, apariencia fresca, sin rajaduras, golpes, daños por insectos, deformidades ni enfermedades, de modo que las mermas sean mínimas desde que compran el producto hasta que lo venden y que el producto logre satisfacer las exigencias de sus compradores (ARAYA et al., 2006). Por lo cual se debe optar por lograr una mayor eficiencia en las cadenas de suministro, especialmente las dedicadas a la comercialización del aguacate, es decir, se deben de comenzar a tener ciertas consideraciones para la gestión de los riesgos operacionales en el transporte de esta fruta.

Las cadenas de suministro involucran una multitud de áreas y participantes, incluidos varios enlaces, lo que los hace vulnerables a las influencias de factores endógenos y exógenos inciertos de todos los involucrados en la cadena (Guan et al., 2011). En este entorno, la probabilidad de fallas es alta, lo que requiere planes de contingencia para evitar rupturas en la cadena que dañen el negocio (Tummala & Schoenherr, 2011), siendo este el motivo por el cual, la SCRM es uno de los temas que más fuerza está cobrando en la actualidad. El primer paso y por tanto fundamental para una adecuada gestión del riesgo lo constituye la identificación de los mismos (Manotas & Osorio, 2015). Esto implicaría que tanto los transportadores como la línea de empaque, puedan saber a qué

riesgos se enfrentarán desde el primer momento en que se decida transportar el producto, lo que es necesario dada la escasa literatura en lo que a gestión de riesgo en el transporte de frutas frescas se refiere.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer un plan de acción enfocado a la mitigación de los principales riesgos operacionales presentes en el transporte del aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los riesgos operacionales que frecuentemente se presentan en los eslabones de transporte desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca.
- Definir los riesgos prioritarios presentes en el transporte a puertos del aguacate Hass a través de la herramienta multicriterio AHP difuso.
- Proponer acciones orientadas a la mitigación de las principales causas vinculadas a los riesgos prioritarios identificados.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 RIESGOS OPERACIONALES**

El término “riesgo operacional” existe como concepto genérico al menos desde 1991, sin embargo, es intrínseco a todas las actividades de negocios y por lo tanto ha existido desde la génesis de éstas (López, 2009). El riesgo operacional se refiere a la posibilidad de que eventos inesperados ocurran como consecuencia de alteraciones en el normal funcionamiento e incluye todas las cosas que pueden pasar en las actividades del día a día (Juan C. Osorio et al., 2017).

### **5.2 GESTIÓN DEL RIESGO DE LA CADENA DE SUMINISTRO**

El arte de la gestión de riesgos es identificar los riesgos específicos de una organización y responder a ellos de manera adecuada (Aqlan & Lam, 2015). En la gestión de los riesgos en la cadena de suministro, a pesar de no ser una definición universal, se cuenta con una definición clara de los componentes que influyen de manera proactiva en la mitigación de factores que afectan el pleno desarrollo de los productos, donde se incluye la identificación y modelado de los riesgos para hacer una caracterización en relación a la cadena de suministro (Tsang et al., 2018). Algunos autores definen ciertas fases en la gestión del riesgo en cadenas de suministro: la identificación, evaluación, priorización, modelamiento, mitigación y monitoreo entre otros; en algunas de las fases coinciden más autores, entre ellos (Berenji y Anantharaman, 2011; Elmsalmi y Hachicha, 2013; Giannakis y Louis, 2011; Mand et al., 2013; Olson y Wu, 2010, citados por (Juan C. Osorio et al., 2017).

### **5.3 ANTECEDENTES DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE**

El aguacate de clase Hass se ha convertido en una de las principales exportaciones agroindustriales para Colombia; lo que esto genera una serie de retos para la economía del país y sus estructuras productivas (Steven et al., 2012). La organización de la Cadena Productiva del Aguacate constituida en junio de 2008, está representada a través de un Consejo Nacional; conformado por 15 miembros que representan los sectores productivos de insumos, viveros y productores; la industria del procesamiento de aguacate, el sector comercio, los centros de investigación, la academia y el sector público (Bare & Rural, 2014).

Para este tipo de productos agrícolas frescos, existe la gestión de la cadena de suministro agrícola fresca (FSCM por sus siglas en inglés), la cual constituye los procesos desde la producción hasta la entrega del producto agrícola fresco, es decir, del agricultor al cliente (Shukla & Jharkharia, 2013). El FSCM es complejo en comparación con otros sistemas de gestión de la cadena de suministro debido a la naturaleza perecedera del producto, las altas fluctuaciones en la demanda y los precios, las crecientes preocupaciones de los consumidores por la seguridad alimentaria (Van Der Vorst & Beulens, 2002) y la dependencia de las condiciones climáticas (Salin, 1998).

De esta manera las investigaciones que buscan mejorar la calidad de la fruta a través de la gestión del riesgo en las etapas pos-cosecha es escasa pues la generalidad con la que se escribe sobre el tema es amplia, es por esto que, durante la revisión de la literatura, los documentos encontrados fueron clasificados por temas con el fin de facilitar su entendimiento, estos son: gestión del riesgo en cadenas de suministro, gestión del riesgo en el transporte, riesgos en el transporte de frutas.

En la Tabla 1, se estudiaron algunos artículos enfocados a la gestión de riesgos en las cadenas de suministro, allí se presentan 5 autores principales que analizan la forma en cómo debe de ser llevado a cabo la gestión del riesgo y desarrollan una metodología para analizar los riesgos presentes dentro de una cadena, entre otros.

Tabla 1. Gestión del riesgo en cadenas de suministro

| <b>Gestión del riesgo en cadenas de suministro</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Investigación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Autores</b>          |
| Este artículo muestra un resumen integrador de la investigación previa con el fin de identificar los principios principales de la Gestión del riesgo de la cadena de suministro y los pasos evolutivos para su implementación. Este enfoque proporciona un marco para análisis y exploración adicionales de la Gestión de Riesgos de la Cadena de Suministro                                                                                                                                       | (Pfohl et al., 2010)    |
| Los autores desarrollan una metodología para analizar los riesgos presentes en la cadena de suministro de alimentos perecederos y determinar las estrategias de mitigación de riesgos más efectivas. Se logra comprender la dinámica entre los diversos riesgos en la cadena de suministro de alimentos perecederos y modelarlos mediante el uso de modelos estructurales interpretativos (ISM).                                                                                                   | (Prakash et al., 2017)  |
| En este artículo se propone un sistema de procesamiento de información que comprende tres componentes, a saber, el intercambio de información sobre riesgos, el análisis y la evaluación de riesgos, y el mecanismo de intercambio de riesgos, para la gestión de riesgos en la cadena de suministro en 350 empresas chinas.                                                                                                                                                                       | (H. Fan et al., 2017)   |
| En este artículo se desarrolla una vía para identificar y priorizar qué herramientas y técnicas de evaluación de riesgos ISO 31000: 2009 deben integrar un procedimiento para SCRM. De igual forma con base en los hallazgos de investigación, se infiere que ISO 31000 puede usarse de manera beneficiosa como un método estandarizado para realizar SCRM, siempre que las herramientas y técnicas se seleccionen de acuerdo con las necesidades de la empresa y las características del negocio. | (Oliveira et al., 2017) |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Este documento tiene como objetivo analizar la gestión del riesgo de la cadena de suministro de arroz para proporcionar recomendaciones sobre cómo mejorar la cadena de suministro de arroz. En él, se utiliza el estándar ISO 31000-2009 para analizar el riesgo en cada nivel a lo largo de la cadena de suministro. Basado en el análisis de riesgos, la actividad en la granja desempeña un papel vital en la transferencia de riesgos a lo largo de la cadena de suministro en términos de calidad y cantidad. La mitigación de riesgos de cada nivel se exploró en este estudio. | (Adi Djoko et al., 2018) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se analizaron algunos artículos referentes a la gestión de riesgos en el transporte, allí se presentan 4 autores principales que analizan el riesgo en el transporte en la cadena de frío, riesgos operacionales en proveedores de servicios logísticos 3PL, riesgos de robo carga, entre otros.

Tabla 2. Gestión de riesgos en el transporte

| <b>Gestión del riesgo en el transporte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Investigación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Autores</b>                |
| En este documento se indican las recomendaciones para la mayoría de productos perecederos, tanto para la conservación, como para su transporte en régimen de frío. Analizan otros factores como: la humedad relativa, la velocidad del aire, la densidad de estiba y la compatibilidad entre ellos.                                                                                                                                                                                                                                                 | (Domínguez et al., 2009)      |
| En este artículo se presenta una metodología para la gestión de los riesgos operacionales en una compañía proveedora de servicios logísticos, particularmente para los servicios de transporte y almacenamiento. La metodología desarrollada utiliza una lista de chequeo para la identificación de los riesgos, y la matriz de probabilidad e impacto, además del análisis jerárquico difuso (fuzzy analytic hierarchy process, AHP) para la priorización de los mismos.                                                                           | (Juan C. Osorio et al., 2017) |
| Este documento examina los patrones de robos de carga reportados que involucran violencia en la región de Europa, Medio Oriente y África con respecto al valor de los bienes robados, la frecuencia del incidente, la ubicación de la cadena de transporte y la categoría del incidente, en donde se demostró que en términos de interrupción de la cadena de suministro, los robos violentos de carga pueden verse como interrupciones causadas externamente, que indirectamente pueden causar problemas importantes para la cadena de suministro. | (Ekwall & Lantz, 2018)        |
| En este artículo se propone un enfoque integrado de modo de falla difusa y análisis de efectos (FMEA) en la selección de la estrategia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | (Kumar et al., 2019)          |

|                                                                                                                                                                                          |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| de mitigación de riesgos en la industria de camiones, en donde estas estrategias deben seleccionarse teniendo en cuenta la importancia de los riesgos junto con el presupuesto limitado. |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Fuente: Elaboración propia

De igual forma se analizaron algunas investigaciones relacionados con el riesgo del transporte de frutas, donde se presentan dos autores principales, que son Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), en donde se exponen una serie de riesgos en los cuales se ve expuesto la fruta en el proceso de transporte.

Tabla 3. Riesgos en el transporte de frutas

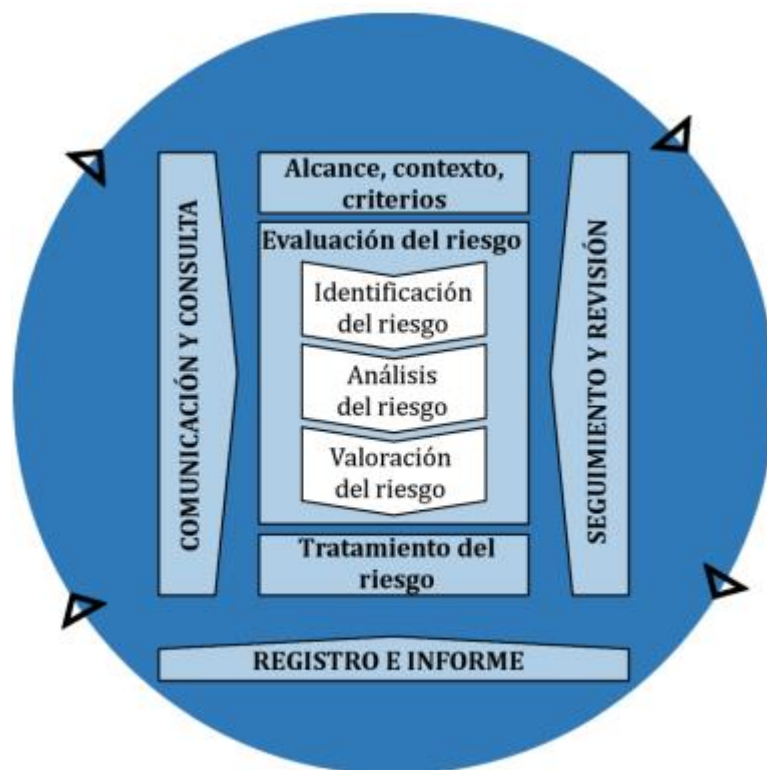
| <b>Riesgos en el transporte de frutas</b>                                                                                                                                                                                                             |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Guías</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Autores</b>                          |
| Guía para orientar a los productores agrícolas sobre las recomendaciones a considerar en el almacenamiento y transporte de frutas y hortalizas, empleando esquemas de reducción de peligros asociados a esta parte del proceso.                       | (FAO, 2005)                             |
| Se habla de las operaciones en el almacenamiento y transporte de productos, a su vez, se presentan los riesgos más comunes en las labores que se realizan en este tipo de actividades, indicando las medidas preventivas recomendadas para cada caso. | (Asociación Chilena de Seguridad, 2012) |

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4 ETAPAS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

El proceso de la gestión del riesgo para ser aplicado, se debe de llevar acabo de manera sistemática actividades de comunicación y consulta, establecimiento del contexto, evaluación, tratamiento, seguimiento, revisión y registro e informe del riesgo, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura. 1. Proceso para la gestión del riesgo



Fuente: (ICONTEC, 2018)

A continuación, se describen las etapas de la gestión del riesgo según la (ICONTEC, 2018):

- **Comunicación y consulta:** la empresa transportadora debe asistir a las partes interesadas pertinentes a comprender el riesgo, las bases con las que se toman decisiones y las razones por la que son necesarias acciones específicas.
- **Establecimiento del contexto:** durante esta fase se busca adaptar el proceso de la gestión del riesgo, para permitir realizar una evaluación del riesgo de manera eficaz y un tratamiento apropiado del mismo.
- **Identificación del riesgo:** el objetivo de esta fase es encontrar, reconocer y describir los riesgos que pueden impedir el cumplimiento de los objetivos que la empresa transportadora tiene establecidos.
- **Análisis del riesgo:** en esta etapa del proceso de gestión del riesgo, se busca comprender la naturaleza del riesgo y sus características incluyendo, en el momento en que se requiera, el nivel del riesgo.

- **Valoración del riesgo:** la implicación de esta etapa es comparar los resultados del análisis del riesgo con los criterios de riesgo establecidos para determinar en qué momento es oportuno una acción adicional.
- **Tratamiento del riesgo:** el propósito de esta fase es seleccionar e implementar acciones que ayuden a la mitigación del riesgo.
- **Seguimiento y revisión:** durante esta etapa se busca asegurar y mejorar la calidad y la eficacia del diseño, la implementación y los resultados de todo el proceso.
- **Registro e informe:** el propósito de esta etapa es documentar todo el proceso de la gestión del riesgo junto a sus resultados e informar a través de los mecanismos apropiados.

## **5.5 HERRAMIENTAS APLICADAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO**

En la gestión del riesgo de las cadenas de suministro, existen diferentes tipos de herramientas que permiten obtener la información de una manera adecuada, de acuerdo a las condiciones de trabajo y la naturaleza de la investigación. En la Tabla 4 se observan algunas de las herramientas utilizadas en la gestión del riesgo dentro de las cadenas de suministro encontradas en la literatura y las fases en las que estas fueron utilizadas de acuerdo al objeto caso de estudio.

Para facilitar el entendimiento de la Tabla 4, se tendrán en cuenta las siguientes abreviaturas de algunas de las etapas de la gestión del riesgo que aplican al objeto caso de estudio:

- Establecimiento del contexto – EC
- Identificación del riesgo – ID
- Evaluación del riesgo y priorización – ERP
- Tratamiento del riesgo – TR

Tabla 4. Revisión de la literatura herramientas aplicadas en la gestión del riesgo

| Herramientas<br>GRSCS                            | E<br>C | I<br>D | ER<br>P | TR | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|--------|--------|---------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMFE                                             | X      | X      | X       | X  | (Prakash et al., 2017)(Qazi et al., 2017)(Díaz-Curbelo et al., 2019)(Giannakis & Papadopoulos, 2016)(Tuncel & Alpan, 2010)(Ridwan et al., 2019)(Sastra et al., 2019); (Senthil et al., 2018)(Voldrich et al., 2020)(Song et al., 2017)(Juan C. Osorio et al., 2017)(Oliveira et al., 2017)                                               |
| Análisis de sensibilidad                         |        | X      | X       |    | (Ferreira et al., 2020)(Voldrich et al., 2020)(Zubayer et al., 2019)(Rostamzadeh et al., 2018)(Qazi et al., 2017)(Qazi et al., 2018)(Peña et al., 2015)(Mokhtar et al., 2019)(Mital et al., 2018)(Govindan & Fattahi, 2017)(Wen et al., 2019) (Voldrich et al., 2020)(Senthil et al., 2018)(Rathore et al., 2020)(Abdullah et al., 2019) |
| AHP difusa y TOPSIS                              | X      | X      | X       | X  | (Senthil et al., 2018)(Rostamzadeh et al., 2018)(Juan C. Osorio et al., 2017)(Oliveira et al., 2017)(Ridwan et al., 2019)(Wen et al., 2019)(Rathore et al., 2020)(Ngan et al., 2020)(Song et al., 2017)(Mital et al., 2018)(Abdel-Basset et al., 2019)(Ramírez-flórez & Osorio-gómez, 2021)                                              |
| Revisión de literatura y entrevistas - encuestas | X      | X      | X       | X  | (Arias Bustos & Moors, 2018)(Claypool et al., 2014)(Méndez, 2016)(Lavastre et al., 2018)(Kauppi et al., 2016)(Sodhi et al., 2012)(Avelar-Sosa et al., 2014)(Dittmann, 2014)(Pfohl et al., 2010)                                                                                                                                          |
| Fuzzy-TOPSIS                                     |        | X      | X       |    | (Zubayer et al., 2019)(Mavi et al., 2016)(Kartal, 2012)(Abdullah et al., 2019)(Rathore et al., 2020)                                                                                                                                                                                                                                     |
| QFD difuso                                       |        | X      | X       |    | (Pastrana-jaramillo et al., 2019)(Juan Carlos Osorio, 2011) (Juan Carlos Osorio et al., 2018)(Parra-Calderón et al., 2019)                                                                                                                                                                                                               |
| Dinámica de sistemas Vensim (SD)                 |        | X      | X       | X  | (Abdullah et al., 2019)(Rathore et al., 2020)(Mokhtar et al., 2019)(Li et al., 2016)(Adhitya et al., 2008)                                                                                                                                                                                                                               |
| TOPSIS                                           |        | X      |         | X  | (Abdel-basset & Mohamed, 2020)(Abdel-Basset et al., 2019)(Rostamzadeh et al., 2018)                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                        |  |   |   |   |                                                                         |
|--------------------------------------------------------|--|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------|
| Matriz de probabilidad-impacto                         |  | X | X |   | (Ferreira et al., 2020)(Juan C. Osorio et al., 2017)(Qazi et al., 2018) |
| Análisis del árbol de fallos (FTA)                     |  | X | X |   | (Ferreira et al., 2020)(Sherwin et al., 2020)                           |
| Modelo de referencia de la cadena de suministro (SCOR) |  | X |   |   | (Díaz-Curbelo et al., 2019)(Ridwan et al., 2019)                        |
| Casa de Riesgos (HOR)                                  |  | X | X | X | (Ridwan et al., 2019)(Sastra et al., 2019)                              |
| Diagrama de Ishikawa                                   |  | X | X |   | (Parchami Jalal et al., 2019)(Serna et al., 2018)(Dobrussskin, 2016)    |

Fuente: Elaboración propia

En los siguientes ítems se describe las herramientas que serán utilizadas durante esta investigación.

#### 5.5.1 MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO

La matriz de probabilidad e impacto, es una herramienta en donde se combinan clasificaciones cualitativas o semicuantitativas de impacto y probabilidad para lograr producir un nivel de riesgo (ICONTEC, 2013).

La matriz de probabilidad/impacto es utilizada en la gestión del riesgo para jerarquizar los riesgos, es decir, para definir cuáles son los riesgos que necesitan análisis adicionales o más detallados, cuáles son los que se han de tratar primero, o cuáles se han de referencias a un nivel de gestión más elevado (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2016). Esta matriz no tiene un formato específico, pues las definiciones que se apliquen, dependen del contexto en que es utilizada.

#### 5.5.2 HERRAMIENTA MULTICRITERIO AHP FUZZY

La herramienta multicriterio AHP-Fuzzy es el resultado de la combinación entre el AHP convencional y la lógica difusa, la cual es utilizada para tratar con la imprecisión o subjetividad del juicio humano, pues los términos lingüísticos de los juicios que los tomadores de decisiones utilizan para expresar su parecer en frente a cada uno de los criterios, son inciertos (Herrera & Osorio, 2009).

Para realizar la aplicación de esta herramienta se debe seguir una serie de pasos de forma sistemática, los cuales consisten en una primera instancia establecer una estructura jerárquica de los criterios, una vez hecho esto, se procede a realizar una

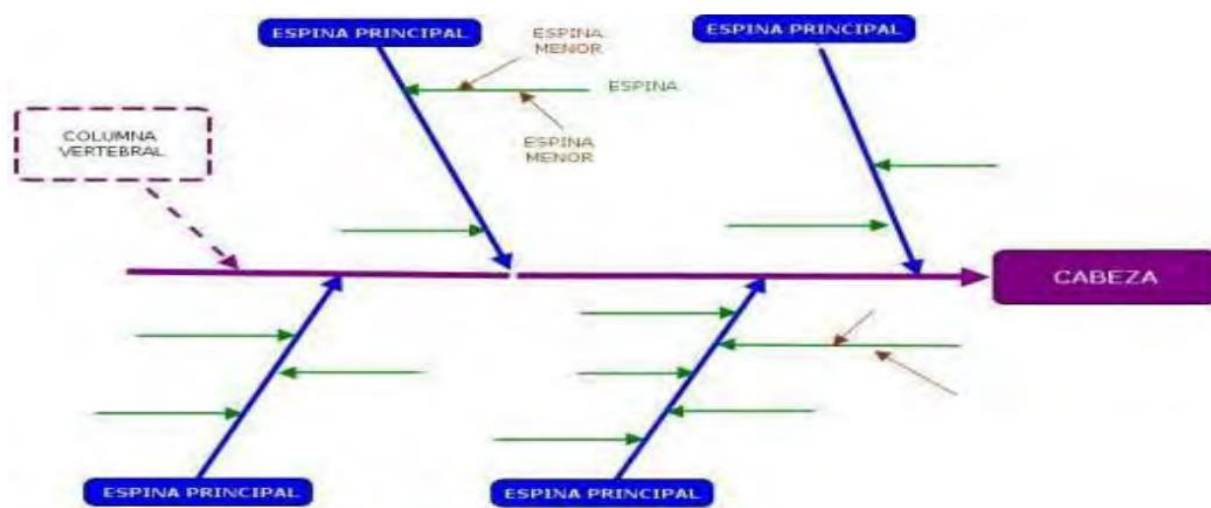
representación difusa de los juicios, se construye la matriz de comparaciones difusas, se calcula el peso difuso de cada uno de los criterios y posteriormente se realiza la normalización de cada uno de estos pesos difusos, con el objetivo de obtener los puntajes globales de cada uno de los criterios y realizar la priorización de los mismos (Ignacio et al., 2018). Las fases de esta herramienta se pueden observar de forma detallada en el ítem 6.1.2.

### 5.5.3 DIAGRAMA ISHIKAWA

El diagrama de Ishikawa es también conocido como espina de pescado o diagrama causa-efecto y es una herramienta que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan (Palomino, 2014).

Este diagrama comprende una serie de fases en forma de secuencia lógica para facilitar su desarrollo, las cuales son: identificar el problema (efecto) que se desea analizar, identificar las principales categorías dentro de las cuales pueden clasificarse la causa de los problemas e identificar las causas dentro de cada categoría establecida (Palomino, 2014), tal como se observa en la Figura 2.

Figura. 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: (Palomino, 2014)

### 5.6 RIESGOS IDENTIFICADOS A LO LARGO DE LA CADENA

En la literatura se encuentran gran variedad de definiciones en cuanto a los riesgos relacionados con la cadena de suministro. Este trabajo busca identificar los riesgos que afectan directamente la calidad del producto durante todo el proceso de transporte.

A continuación, se presenta una revisión de los riesgos operacionales en la cadena de suministro.

### 5.6.1 RIESGOS OPERACIONALES

Los riesgos son inevitables en las operaciones modernas de las cadenas de suministro, en la cadena de suministro agroalimentaria los riesgos están relacionados principalmente con el clima, con riesgos biológicos, ambientales, de mercado, logísticos, infraestructura, políticos, institucionales, financieros, operativos y gerenciales, (Fitzgerald, 2005) (Huirne et al., 2007), (Jaffee et al., 2008), (E. Nyamah et al., 2014) y (E. Y. Nyamah et al., 2017).

Se encontraron cinco tipos de riesgos operacionales en la cadena de suministro según la revisión de la literatura (Ver Tabla 5) que pueden ser asociados al transporte del aguacate Hass.

Tabla 5. Tipos de riesgo

| No | Tipo de Riesgo                                         | Autor                                                                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Riesgos Mecánicos (RM)                                 | (Asociación Chilena de Seguridad, 2012), (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2012), (Juan C. Osorio et al., 2017) |
| 2  | Riesgos Físicos (RF)                                   | (FAO, 2005), (PROCOLOMBIA, 2016)                                                                                          |
| 3  | Riesgos Químicos (RQ)                                  | (FAO, 2005)                                                                                                               |
| 4  | Riesgos Sociales, Económicos y Medioambientales (RSEM) | (Kumar et al., 2019), (Juan C. Osorio et al., 2017) (Ekwall & Lantz, 2018)                                                |
| 5  | Riesgos de Entrega (RE)                                | (Kumar et al., 2019), (Juan C. Osorio et al., 2017)                                                                       |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los riesgos mencionados:

- **Riesgos Mecánicos (RM):** es resultado de una caída de la fruta o del choque de la misma con infraestructura o maquinaria implicada en el proceso (Cerruto et al., 2015). Este riesgo puede materializarse con la caída de las estibas, canastillas o de los aguacates al suelo antes de ser cargados, choque o volcamiento con el montacargas, accidentes en la vía, por impericia de los conductores, etc.
- **Riesgos Físicos (RF):** estos riesgos de contaminación, son todos aquellos agentes extraños a las frutas y hortalizas que pueden ser agregados durante su manipulación, en donde para el caso del transporte, el principal problema por este tipo de contaminación son los residuos de cargas anteriores en los contenedores refrigerados (FAO, 2005).

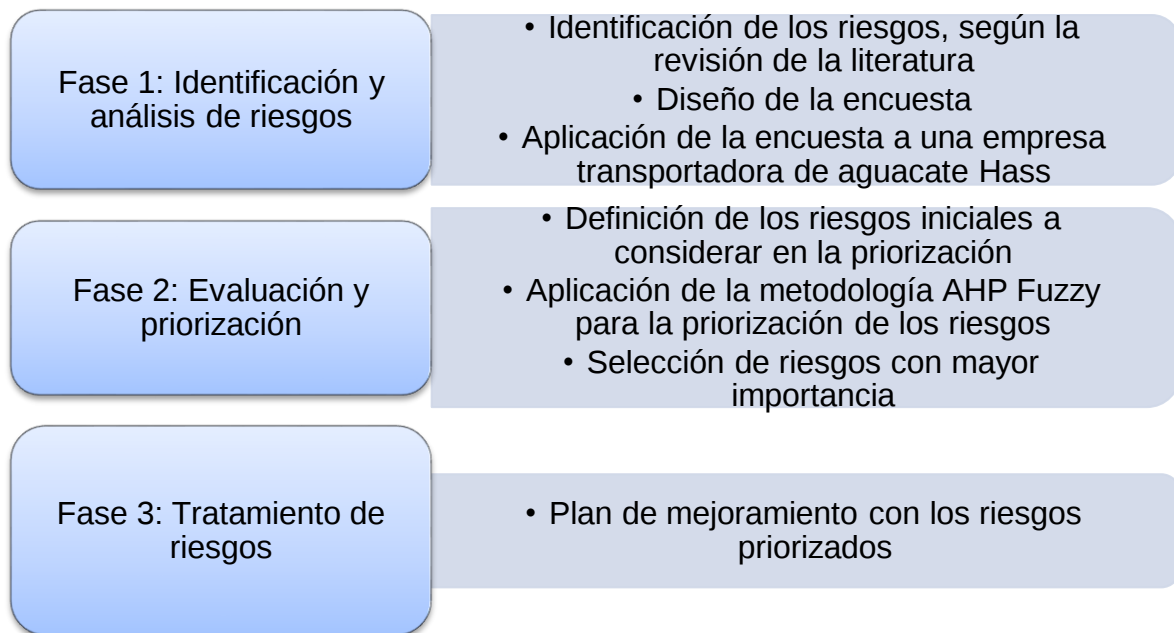
- **Riesgos Químicos (RQ):** estos riesgos se presentan durante el almacenamiento y transporte cuando el producto entra en contacto con algún componente químico, como por ejemplo a la presencia de compuestos en el almacén o contenedor de transporte (plaguicidas, desinfectantes, gases refrigerantes, grasas, aceites, metales pesados, etc) o por la presencia de residuos por cargas anteriores en los contenedores o almacenamiento irresponsable en las cámaras de refrigeración (FAO, 2005).
- **Riesgos Sociales, Económicos y Medioambientales (RSEM):** En esta categoría de riesgos se comprenden los impactos que genera el transporte dentro del entorno laboral, en la contaminación, la congestión, etc. (Kumar et al., 2019).
- **Riesgos de Entrega (RE):** Consecuencia que se presenta el punto de recogida, congestión de tráfico, avería del equipo o falta de conductor (Kumar et al., 2019).

## 6. METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este trabajo de investigación se aplicó una metodología de carácter mixto, la cual fue dividida en 3 fases (Ver Figura 3), en donde se especifican cada una de las actividades realizadas con el objetivo de hacer una adecuada planeación y llevar a cabo la investigación de forma eficiente. Esta metodología se desarrolló basada en la norma ISO 31000(ICONTEC, 2018).

Figura. 3. Metodología para la gestión del riesgo del transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca



Fuente: Elaboración propia

Las fases que se observan en la figura 3, son especificadas a continuación:

#### 6.1.1 FASE 1. Identificación y análisis de riesgos

##### 6.1.1.1 Identificación de los riesgos, según la revisión de la literatura

Se realiza una revisión de la literatura con el objetivo de identificar los riesgos operacionales existentes en el transporte final del aguacate Hass dentro de la cadena de suministro, consultando bases de datos de la Universidad del Valle, tales como Web of Science, Scopus, y Science Direct.

### 6.1.1.2 Diseño de la encuesta

La encuesta que se desarrolló tuvo en cuenta elementos definidos en el marco del proyecto de investigación titulado “*Propuesta metodológica para la gestión de riesgos operacionales de la cadena productiva del aguacate en Zarzal Valle del Cauca para identificar los riesgos de los transportadores de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca*”, la cual permitió conocer el estado actual de esta actividad en la cadena de suministro. Ésta fue diseñada teniendo en cuenta dos puntos importantes, el primero se relaciona con la información de la actividad, es decir, la forma en cómo se realiza el transporte del aguacate Hass y el segundo con la gestión del riesgo.

### 6.1.1.3 Aplicación de la encuesta

Se contacta dos empresas del sector de transporte secundario de aguacate Hass de manera virtual para realizar la encuesta de validación de riesgos operacionales, es decir, confirmar si aplican o no los riesgos identificados en la literatura, así mismo, se pregunta sobre la probabilidad de ocurrencia y el nivel de impacto que los riesgos operacionales tienen dentro del transporte del aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca. Para esta etapa, se sugiere aplicar la encuesta a expertos en la actividad de transporte, y que sean estos los que den las respectivas valoraciones.

## 6.1.2 FASE 2. Evaluación y priorización

### 6.1.2.1 Definición de los riesgos iniciales a considerar en la priorización

Una vez sea aplicada la encuesta de identificación de riesgos operacionales a los expertos del sector y consolidada su información, a través del uso de una matriz de probabilidad e impacto, con la cual se obtiene el nivel de cada uno de los riesgos operacionales, se procede a definir los riesgos a considerar para la priorización, teniendo en cuenta el peso de cada uno de ellos de acuerdo a la valoración de los expertos con base a la escala de calificación establecida para el nivel de impacto y el nivel de probabilidad de ocurrencia, como se puede observar en las tablas 6 y 7, se manejan escalas que van de 1 a 5.

Tabla 6. Escala de calificación para el nivel de impacto

| Nivel de Impacto |                       | Definición                        |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 5                | Mortal o Catastrófico | Pérdida Total del Producto        |
| 4                | Muy Grave             | Daños Irreparables en el Producto |
| 3                | Grave                 | Daños Parciales en el Producto    |
| 2                | Leve                  | Daños Reparables                  |
| 1                | Muy Leve              | Daños Indiferentes                |

Fuente: Elaboración propia adaptada de (Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación, 2010)

Tabla 7. Escala de calificación para la probabilidad de ocurrencia

| Nivel de Probabilidad de ocurrencia |          | Definición    |
|-------------------------------------|----------|---------------|
| 5                                   | Muy Alto | Muy Frecuente |
| 4                                   | Alto     | Frecuente     |
| 3                                   | Medio    | A veces       |
| 2                                   | Bajo     | Casi nunca    |
| 1                                   | Muy Bajo | Nunca         |

Fuente: Elaboración propia adaptada de (Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación, 2010)

Una vez obtenida la valoración de los expertos por cada riesgo, estas valoraciones deben ser consolidadas para realizar la identificación de los riesgos que pasarán a la fase de priorización utilizando las siguientes ecuaciones:

$$POR_n = PROMEDIO\ POR_n * \frac{\# \text{ de personas a las que el riesgo aplica}}{\# \text{ Encuestados}} \quad (1)$$

$$NIR_n = PROMEDIO\ NIR_n * \frac{\# \text{ de personas a las que el riesgo aplica}}{\# \text{ Encuestados}} \quad (2)$$

$$PR_n = POR_n * NIR_n \quad (3)$$

Donde:

$POR_n$  = Probabilidad de Ocurrencia de cada  $R_n$

$NIR_n$  = Nivel de Impacto de cada  $R_n$

$R_n$  = Riesgo número  $n$  ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ )

$PR_n$  = Peso del riesgo número  $n$

Los pesos resultantes de cada uno de los riesgos, son evaluados en una matriz de probabilidad e impacto (Ver Tabla 8), en donde se determina su nivel de importancia de acuerdo a la siguiente escala: entre 25 y 15 el riesgo será considerado Inaceptable, entre 14 y 8 será necesario considerar el tratamiento del riesgo, entre 7 y 14 se puede seguir con los controles existentes y entre 3 y 1 no es necesario tomar acciones correctivas. De este paso se obtienen entonces los riesgos que pasan al proceso de priorización, considerando aquellos que tienen una mayor valoración en la matriz, es decir, los que son inaceptables o requieren tratamiento de riesgo; en cualquier caso, esto dependerá de las valoraciones de los expertos.

Tabla 8. Matriz para la valoración de riesgos

| Nivel de Riesgo  |   | Nivel de Probabilidad |    |    |    |   |
|------------------|---|-----------------------|----|----|----|---|
|                  |   | 5                     | 4  | 3  | 2  | 1 |
| Nivel de Impacto | 5 | 25                    | 20 | 15 | 10 | 5 |
|                  | 4 | 20                    | 16 | 12 | 8  | 4 |
|                  | 3 | 15                    | 12 | 9  | 6  | 3 |
|                  | 2 | 10                    | 8  | 6  | 4  | 2 |
|                  | 1 | 5                     | 4  | 3  | 2  | 1 |

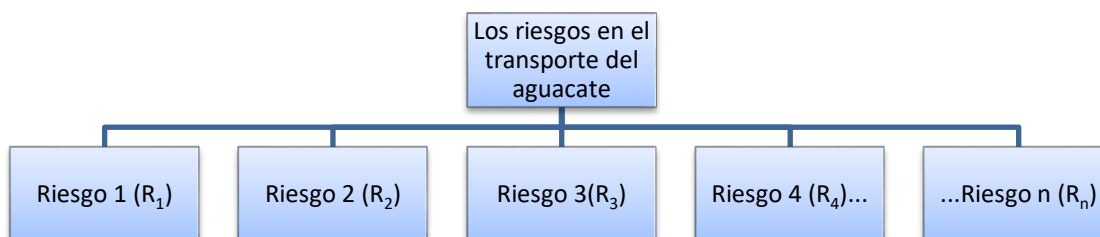
Fuente:(Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación, 2010)

### 6.1.2.2 Aplicación de la herramienta AHP Fuzzy para la priorización

Al definir los riesgos a considerar para la priorización, se continua con la aplicación de la herramienta multicriterio AHP bajo la lógica difusa, la cual se ha seleccionó por su amplia aceptación y aplicación en lo diferentes problemas que involucran la toma de decisiones con múltiples criterios. Además, porque al incorporar la lógica difusa, permite incorporar la incertidumbre asociada a los juicios de los tomadores de decisiones para garantizar una mayor precisión en la priorización de los riesgos. Para la aplicación de esta herramienta multicriterio se considera el modelo implementado por (Ignacio et al., 2018) y (Tian & Yan, 2013) de la siguiente manera:

- **Paso 1. Establecer el modelo de jerarquización de los factores de riesgo:** Para la aplicación de la metodología AHP bajo la lógica difusa, los criterios de evaluación deben ser estructurados en un diagrama de jerarquía. Este diagrama debe figurar en la parte superior el objetivo principal y en el nivel inferior debe figurar los riesgos identificados en la matriz de probabilidad e impacto, que estan presentes en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, tal como se observa en la Figura 4.

Figura. 4. Estructura jerarquica del problema



Fuente: Elaboración propia

- **Paso 2. Representación difusa de los juicios**

Una vez se realice la jerarquización basada en los riesgos operacionales, se hace la representación de la importancia relativa de los mismos con la escala lingüística difusa existente ( ver Tabla 9), la cual mide diferentes niveles de importancia (exactamente lo mismo, la misma importancia, ligeramente importante, importancia seria, más importante y absolutamente importante), dentro de una matriz de juicio para la comparación, donde se realizará la comparación entre dos alternativas (riesgos), es decir, que se puede representar la importancia relativa de diversos riesgos con el objetivo de determinar su peso difuso, en este caso con la escala difusa triangular. Por ejemplo, si el Riesgo 1 ( $R_1$ ) es calificado con la escala lingüística ligeramente importante frente al Riesgo 2 ( $R_2$ ), su representación difusa triangular sería ( $l, m, u$ ) y el Riesgo 2 ( $R_2$ ), frente al Riesgo 1 ( $R_1$ ) estaría representado por su recíproco ( $1/u, 1/m, 1/l$ ) es decir que cada elemento recíproco cumple con lo establecido en la ecuación 4. Esto se debe realizar hasta la completar la matriz de comparación de riesgos.

$$(l, m, u) \leftrightarrow \left( \frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l} \right) \quad (4)$$

Tabla 9. Escala lingüística para la importancia relativa

| Escala lingüística para la importancia relativa | Escala difusa triangular | Recíproco de escala difusa triangular |
|-------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Exactamente lo mismo                            | (1,1,1)                  | (1,1,1)                               |
| La misma importancia                            | (1/2,1,3/2)              | (2/3,1,2)                             |
| Ligeramente importante                          | (1,3/2,2)                | (1/2,2/3,1)                           |
| Importancia seria                               | (3/2,2,5/2)              | (2/5,1/2,2/3)                         |
| Más importante                                  | (2,5/2,3)                | (1/3,2/5,1/2)                         |
| Absolutamente importante                        | (5/2,3,7/2)              | (2/7,1/3,2/5)                         |

Fuente: (Tian & Yan, 2013)

- **Paso 3. Construcción de la matriz de comparaciones difusa:** Una vez realizadas las comparaciones pareadas de cada uno de los riesgos, se construye la matriz de comparaciones difusas  $\tilde{A}$  de dimensión  $m \times n$ , que contiene todos los valores comparativos  $\tilde{a}_{ij}$  entre los elementos  $i$  y  $j$ , tal como se aprecia en la ecuación 5.

$$\tilde{A} = \tilde{a}_{ij} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} \ddots & \vdots \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

- **Paso 4. Cálculo del peso difuso de cada criterio:** A partir del paso anterior, se calcula la media geométrica de los valores comparativos difusos de cada criterio  $\tilde{r}_{ij}$  con la ecuación 6.

$$\tilde{r}_{ij} = (\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij})^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

En la ecuación 7 se presenta una ejemplificación del cálculo, el cual corresponde a la media geométrica de los valores comparativos del Riesgo 1, considerando 3 criterios totales.

$$\tilde{r}_{ij} = [(l_{11}; l_{12}; l_{13})^{1/3}; (m_{11}; m_{12}; m_{13})^{1/3}; (u_{11}; u_{12}; u_{13})^{1/3}] = [a_1; b_1; c_1] \quad (7)$$

Además se debe calcular el vector suma, la inversa de ese vector y el vector redondeado de cada  $\tilde{r}_i$  tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros AHP-Fuzzy dentro de cada vector

| Criterio                    | $\tilde{r}_i = [\tilde{a}_i, \tilde{b}_i, \tilde{c}_i]$ |                            |                            |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1                           | $a_1$                                                   | $b_1$                      | $c_1$                      |
| 2                           | $a_2$                                                   | $b_2$                      | $c_2$                      |
| 3                           | $a_3$                                                   | $b_3$                      | $c_3$                      |
| Vector suma                 | $\sum a_i$                                              | $\sum b_i$                 | $\sum c_i$                 |
| (Vector suma) <sup>-1</sup> | $1/\sum a_i$                                            | $1/\sum b_i$               | $1/\sum c_i$               |
| Vector reordenado           | $\frac{1}{\sum c_i} = w_1$                              | $\frac{1}{\sum b_i} = w_2$ | $\frac{1}{\sum a_i} = w_3$ |

Fuente: (Ignacio et al., 2018)

Finalmente , para poder obtener el peso difuso de un criterio  $i$  ( $\tilde{W}_i$ ), se debe multiplicar cada vector  $\tilde{r}_i$  con su vector reverso a través de la ecuación 8.

$$\tilde{W}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (8)$$

- **Paso 5. Normalización de los pesos difusos:** Una vez se obtienen los pesos de los riesgos operacionales, se hace la normalización del vector  $\tilde{w}_i$ , es decir, dado que estos valores corresponden a un número difuso, deben ser convertidos a valores únicos con la ecuación 9.

$$M_i = \frac{a_i w_1 + b_i w_2 + c_i w_3}{3} \quad (9)$$

Finalmente, se normalizan los pesos de cada riesgo con la ecuación 10, obteniendo el peso global de cada uno de los riesgos.

$$w_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (10)$$

- **Paso 6. Priorización de los riesgos operacionales:** Una vez son hallados los pesos normalizados de los riesgos operacionales, se procede a identificar los riesgos con mayor puntaje y se organizan de mayor a menor.

### 6.1.2.3 Selección de riesgos con mayor importancia

Una vez se obtienen los resultados al realizar el paso 6, los riesgos con mayor puntaje, deben de ser tratados de manera prioritaria, tal como se muestra en el siguiente apartado.

### 6.1.3 FASE 3. Definición de estrategias de mitigación del riesgo

Una vez priorizados los riesgos operacionales en el transporte de aguacate Hass, se procede a establecer estrategias de mitigación, que permitan eliminar o reducir el impacto que estos riesgos operacionales presentan tanto en el fruto como en la empresa transportadora, a su vez, se busca que con estas acciones, la empresa esté en la capacidad de responder oportunamente ante cualquier situación de riesgo asociada a los riesgos priorizados. Teniendo en cuenta lo anterior, se siguen los pasos establecidos en el siguiente ítem:

#### 6.1.3.1 Plan de mejoramiento con los riesgos priorizados

- **Paso 1. Revisión de la literatura:** Se revisa la literatura para identificar las principales estrategias de mitigación de riesgos operacionales en cadenas productivas de alimentos y hortofrutícolas, se identifican las generalidades y se procede a plantear estrategias detalladas para cada riesgo, a partir de un análisis de causa y efecto (Ver ítem 5.5.3)
- **Paso 2. Matriz de relación de riesgos operacionales:** Se propone una matriz de riesgos operacionales en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca que relaciona el impacto en el desempeño, compuesta por los riesgos priorizados con su respectiva valoración, el responsable, y las acciones de mejora para la mitigación, y los plazos o periodicidad con la que se debe realizar la actividad.
- **Paso 3. Definición de indicadores:** Con base en la literatura, se definen los indicadores más relevantes para el transporte de aguacate Hass que pueden

contribuir a dar seguimiento a la acciones de mitigación planteadas en el paso anterior.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 CASO DE ESTUDIO**

Se tomó como caso de estudio una empresa encargada del transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca y se tuvieron en cuenta el juicio de los expertos que están directamente involucrados en el proceso de transporte.

### **7.2 FASE1. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS**

#### **7.2.1 Identificación de los riesgos según la revisión de la literatura**

Se realizó una investigación a través de una revisión literaria, donde se determinaron los riesgos operacionales más comunes en el transporte de frutas, lo que dio como resultado un total de 5 tipos de riesgos (Ver ítem 5.6.1), los cuales son:

- Riesgos Mecánicos (RM)
- Riesgos Físicos (RF)
- Riesgos Químicos (RQ)
- Riesgos Sociales, Económicos y Medioambientales (RSEM)
- Riesgos de Entrega (RE)

#### **7.2.2 Diseño de la encuesta**

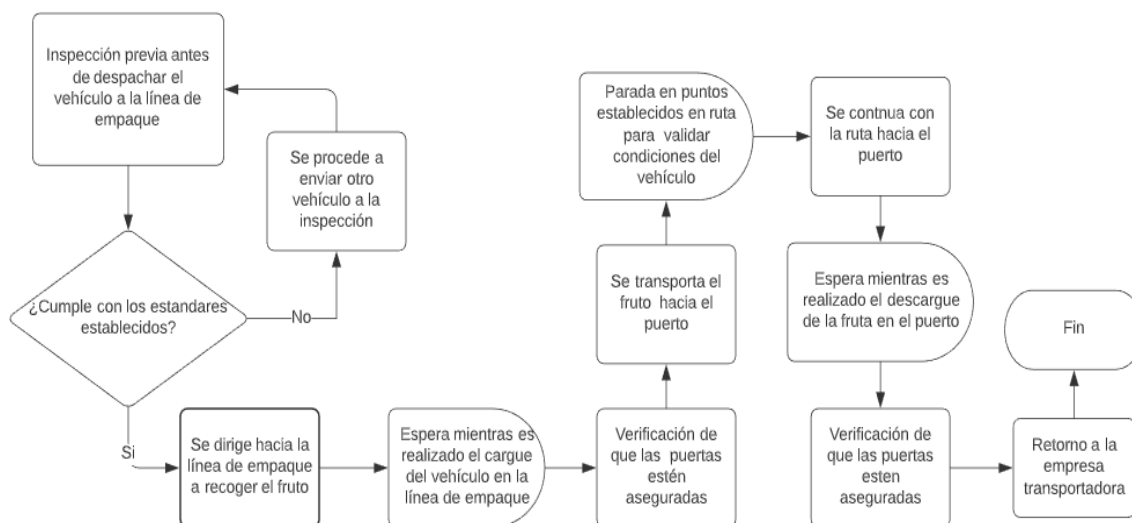
Se diseñó una encuesta que tuvo en cuenta elementos definidos en el marco del proyecto de investigación *“Propuesta metodológica para la gestión de riesgos operacionales de la cadena productiva del aguacate en Zarzal Valle del Cauca”* (Ver Anexo 1), la cuál permitió identificar cómo es realizada la operación de transporte de este fruto y la validación de los riesgos que pertenecen a dicho proceso con base en los encontrados en la literatura.

#### **7.2.3 Aplicación de la encuesta**

Se contactó la empresa caso de estudio para realizar la encuesta de identificación y valoración de riesgos operacionales en el transporte al director de operaciones, al gerente de la unidad logística de frío y perecederos de la empresa transportadora caso de estudio y un experto adicional en el tema de transporte secundario de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, quienes de acuerdo a su experiencia contribuyeron al desarrollo de una caracterización del proceso de transporte secundario de aguacate Hass, para el cuál se realizó un diagrama de flujo de dicho proceso, en donde se puede evidenciar un proceso lineal, en donde cada operación inicia una vez se haya realizado la anterior tal como se muestra en la Figura 5. Es necesario aclarar que la empresa transportadora no se involucra en la manipulación del producto,

el proceso de cargue es realizado por el personal de la línea de empaque y el descargue es realizado por los operarios portuarios.

Figura. 5. Diagrama de flujo de la empresa transportadora



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los procesos del diagrama que son realizados por la empresa transportadora:

- 1) **Inspección previa antes de despachar el vehículo a la línea de empaque:** La persona encargada del despacho, debe verificar el vehículo antes de enviarlo a la línea de empaque, acá se verifica el estado del termo, es decir que este aseado, que no tenga olores, se verifican los empaques de las puertas, que no tengan fugas, que no estén desgastados, se le hace una prueba de pre-enfriamiento al vehículo, se valida que esté generando los flujos de aire y las temperaturas requeridas, se hace una inspección general al vehículo en cuanto a frenos, llantas y cabina.
- 2) **Direccionamiento del vehículo a la línea de empaque:** Una vez el vehículo es inspeccionado y se determina que cumple con los estándares establecidos, se envía hacia la línea de empaque a recoger el fruto.
- 3) **Verificación de que las puertas estén aseguradas antes de salir hacia el puerto:** Antes de poner en marcha el vehículo con la carga hacia el puerto, el conductor debe cerciorarse de que las talanqueras de las puertas, queden bien aseguradas para evitar fugas o el desbordamiento de la carga.
- 4) **Se transporta el fruto hacia el puerto:** Una vez las puertas del vehículo son aseguradas, se procede a trasladar el producto hacia el puerto.

- 5) **Parada en puntos establecidos en ruta para validar las condiciones del vehículo:** Antes de que el vehículo llegue al puerto con la carga, este debe de realizar una parada en un punto establecido dentro de su ruta para ser verificado, en este proceso se realiza la validación de la refrigeración del vehículo y el estado del mismo. Una vez es hecha esta validación, el vehículo continúa su ruta hacia el puerto.
- 6) **Validación de que las puertas estén cerradas antes de salir hacia su punto de origen:** Antes de poner en marcha el vehículo hacia su punto de origen una vez es descargado el producto, el conductor debe cerciorarse de que las talanqueras de las puertas, queden bien aseguradas para evitar accidentes.
- 7) **Se transporta el fruto hacia el puerto:** Una vez las puertas del vehículo son aseguradas, se regresa al punto de origen.

Además, la obtención de la información suministrada por los expertos de la empresa transportadora ayudó a realizar la validación de los riesgos, es decir, que riesgos aplicaban al proceso de transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, con base a los riesgos identificados en la literatura, en donde se encontró que de 24 riesgos operacionales posibles dentro del transporte (Ver Anexo 2), aproximadamente el 87% de ellos aplican al proceso de transporte.

### 7.3 FASE 2. EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN

#### 7.3.1 Definición de los riesgos iniciales a considerar en la priorización

Una vez aplicada la encuesta al director de operaciones, al gerente de la unidad logística de frío y perecederos de la empresa transportadora caso de estudio y al experto adicional en el tema de transporte secundario de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, se obtuvo la información necesaria (Ver Anexo 3) para aplicar inicialmente una matriz de probabilidad e impacto en donde se definieron los riesgos a considerar para la priorización según la probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto de cada uno de ellos, con base a la matriz establecida (Ver Tabla 8). En la Tabla 11, se muestran los riesgos operacionales principales asociados al transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca que resultaron de la aplicación de la metodología propuesta en el ítem 6.1.2.1.

Tabla 11. Riesgos identificados en el transporte de aguacate Hass

| <b>Tipos de Riesgo</b> | <b>Nombre del riesgo</b>                 | <b>Nivel de Riesgo</b> |
|------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| RF                     | Riesgo por rupturas en la cadena de frío | Tratamiento de riesgo  |
| RSEM                   | Riesgo por desastres en las vías         | Tratamiento de riesgo  |

|      |                                                        |                       |
|------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| RSEM | Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones             | Tratamiento de riesgo |
| RE   | Riesgo por demoras por inspecciones de las autoridades | Tratamiento de riesgo |
| RE   | Riesgo por contaminación de narcotráfico               | Tratamiento de riesgo |

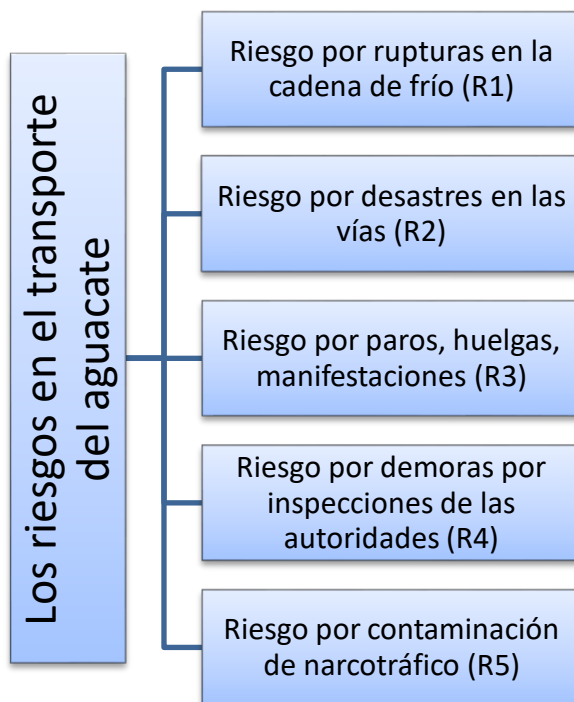
Fuente: Elaboración propia

Una vez se han definido estos riesgos operacionales como los principales riesgos asociados al transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, es importante definir cuáles son más críticos dentro de esta operación a través de la herramienta multicriterio AHP difuso con el objetivo de establecer estrategias de mitigación para ellos, tal cómo se muestra en el siguiente apartado.

### 7.3.2 Aplicación de la herramienta AHP Fuzzy para la priorización

Para la aplicación de la herramienta AHP difuso se definieron los riesgos considerados más importantes de acuerdo a los resultados obtenidos por los expertos encuestados, los cuales fueron estructurados de manera jerárquica (Ver Figura 6).

Figura. 6. Jerarquización de los riesgos identificados



Fuente: Elaboración propia

Una vez hecho esto, en concordancia con el proyecto de investigación y el proyecto de grado, se desarrolló una herramienta en Excel para la aplicación y cálculo de los riesgos

prioritarios considerando la metodología AHP (Ver Anexo 4), estos fueron ponderados utilizando la escala difusa propuesta en la metodología (Ver ítem 6.1.2.2) y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Riesgos Priorizados

| <b>Nombre del Riesgo</b>                               | <b>Riesgos (R<sub>n</sub>)</b> | <b>Valoración</b> | <b>%</b> |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------|
| Riesgo por contaminación en narcotráfico               | R5                             | 0,402             | 40,19    |
| Riesgo por rupturas en la cadena de frío               | R1                             | 0,260             | 26       |
| Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones             | R3                             | 0,118             | 11,77    |
| Riesgo por desastres en las vías                       | R2                             | 0,116             | 11,63    |
| Riesgo por demoras por inspecciones de las autoridades | R4                             | 0,104             | 10,40    |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta estos resultados, los riesgos más críticos en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca son el riesgo por contaminación de narcotráfico y el riesgo por rupturas en la cadena de frío, debido al alto impacto que tienen dentro del proceso, pues son riesgos que afectan tanto al producto como a la empresa transportadora, debido a que si se llegasen a presentar durante el proceso de transporte, el fruto podrá sufrir daños físicos y a su vez la organización se verá afectada en cuanto a su imagen en el mercado, lo que conlleva a que sus clientes pierdan confianza y decidan buscar nuevos proveedores de transporte.

Es por esto que las actividades de mitigación deben ser enfocadas sobre estos riesgos, para así evitar que estos se presenten o para garantizar que, en caso de que alguno de estos riesgos operacionales ocurra durante el transporte, se pueda responder de una manera oportuna y efectiva, logrando que las consecuencias que se puedan generar, no impacten significativamente ni a la compañía transportadora ni a la cadena de suministro involucrada.

## **7.5 FASE 3. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO**

### **7.5.1 Plan de mejoramiento con los riesgos priorizados**

Para el diseño del plan de mejoramiento de los riesgos priorizados, los cuales fueron el riesgo por contaminación de narcotráfico (RCNT) y el riesgo por rupturas en la cadena de frío (RRCF), inicialmente se realizó una revisión de la literatura en donde se identificaron algunas estrategias de mitigación relacionadas con estos riesgos (Ver Tabla 13) y posteriormente se elaboró un diagrama de Ishikawa (Ver Figura 7 y 8), con el

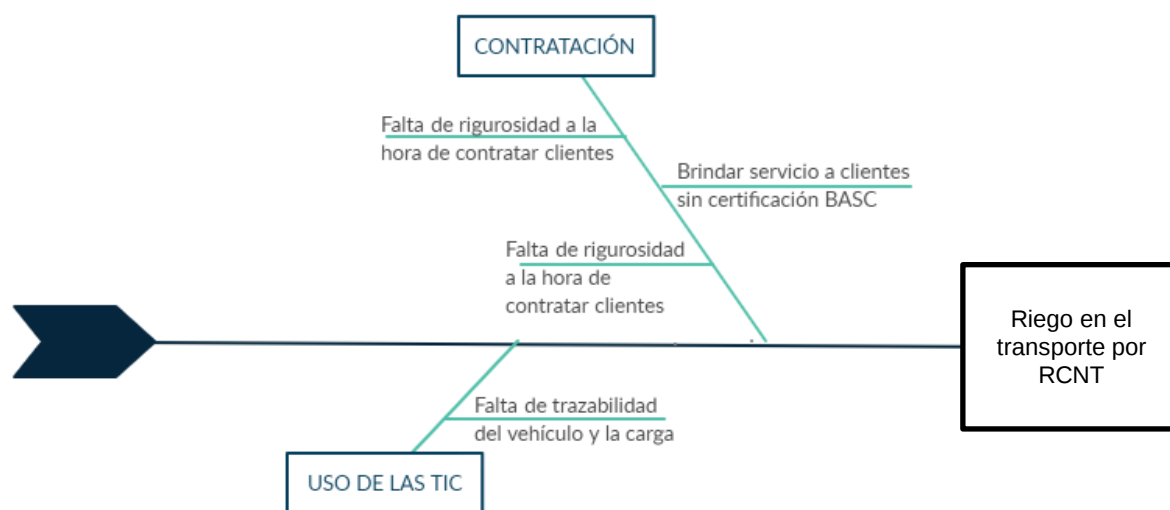
objetivo de desarrollar de manera detallada acciones de mitigación para cada uno de los riesgos.

Tabla 13. Revisión de la literatura de las estrategias de mitigación con respecto a los riesgos priorizados

| Estrategias de Mitigación               | Riesgos |      | Autores                                                                  |
|-----------------------------------------|---------|------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                         | RCNT    | RRCF |                                                                          |
| Trazabilidad de la carga y del vehículo | X       | X    | (Dittmann, 2014)(BASC, 2017)                                             |
| Mantenimiento preventivo                |         | X    | (Prakash et al., 2017) (A. C. Ramírez, 2019) (Arango Serna et al., 2017) |
| Inspección                              |         | X    | (Prakash et al., 2017)                                                   |
| Inversión TIC                           | X       | X    | (Ngan et al., 2020) (Arango Serna et al., 2017)                          |
| Capacitación en el trabajo              |         | X    | (Sastra et al., 2019) (A. C. Ramírez, 2019) (Arango Serna et al., 2017)  |
| Certificación de clientes               | X       |      | (A. C. Ramírez, 2019) (Arango Serna et al., 2017)                        |

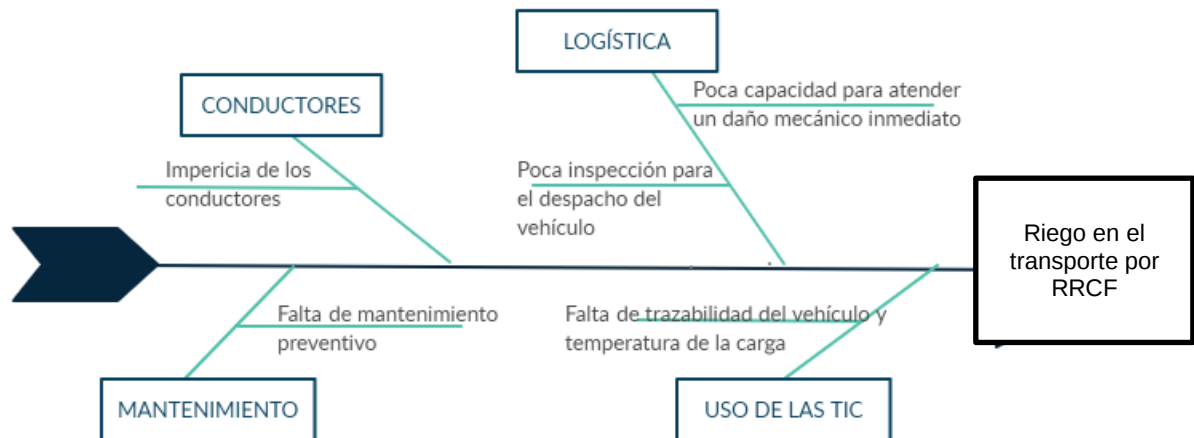
Fuente: Elaboración propia

Figura. 7. Diagrama de Ishikawa del Riesgo por Contaminación de Narcotráfico – RCNT



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8. Diagrama de Ishikawa del Riesgo por Rupturas en la Cadena de Frío – RRCF



Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidas las causas de los riesgos prioritarios en el transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque del Valle del Cauca a los puertos, se diseñó un plan de mejoramiento con base en las causas que generan la presencia de estos riesgos durante el transporte. Para la definición de las estrategias, se tuvo en cuenta lo encontrado en la literatura y la encuesta realizada de los expertos, quienes, de acuerdo a su experiencia, contribuyeron a definir las estrategias de mitigación para cada uno de estos riesgos.

Las acciones de mitigación, fueron elaboradas en una matriz, la cual está compuesta por los riesgos priorizados, el responsable, las acciones de mejora para la mitigación, y los plazos o periodicidad con la que se debe realizar la actividad. Además, se cuenta con la fecha de inicio (FI), fecha de finalización (FF), para poder llevar un registro de las acciones realizadas, tal como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14. Propuestas de mitigación de los riesgos priorizados

| <b>T<br/>R</b> | <b>Riesgo</b>                            | <b>Acciones de mejora</b>                                                                                                                                                                 | <b>Periodicidad</b>                                                                       | <b>Meta</b>                                                                                       | <b>FI</b>     | <b>FF</b>     | <b>Responsables</b>                                                                            | <b>Áreas responsables</b>                               |
|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>R<br/>E</b> | Riesgo por contaminación de narcotráfico | Ser selectivo con los clientes a los que se presta el servicio y con los conductores contratados, haciendo la revisión de antecedentes dentro de las posibles instituciones y autoridades | Cada que se vaya a adquirir un nuevo contrato y cada que se vaya a contratar un conductor | Garantizar la honestidad y legalidad de los clientes y conductores                                | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente General, Gerente de recursos humanos, Gerente de unidad logística y Director Comercial | Gerencia, área comercial y Logística y recursos humanos |
|                |                                          | Monitorear la trazabilidad de la carga y del vehículo haciendo uso de las TIC                                                                                                             | Cada que se esté realizando el transporte de la fruta                                     | Garantizar que el vehículo no realizó ninguna anomalía con los parámetros establecidos en su ruta | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente de unidad logística y director comercial junto a su equipo logístico                   | Área comercial y Logística                              |
|                |                                          | Asegurarse que los clientes estén certificados BASC o que estén en proceso de certificación                                                                                               | Cada que se vaya a adquirir un nuevo contrato                                             | Garantizar la no contaminación de la carga                                                        | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente General, Gerente de unidad logística y Director Comercial                              | Gerencia y área comercial y Logística                   |

|        |                                          |                                                                                                                         |                                                                   |                                                                                                   |               |               |                                                                                               |                                       |
|--------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| R<br>F |                                          | Tener certificación BASC                                                                                                | Anual                                                             | Garantizar la transparencia del proceso                                                           | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente General, Gerente de unidad logística y Director Comercial                             | Gerencia y área comercial y Logística |
|        |                                          | Habilitar el uso del polígrafo a la hora de contratar conductores                                                       | Cada que vaya a ser contratado un conductor                       | Garantizar la honestidad de los conductores                                                       | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente de recursos humanos                                                                   | Área de recursos humanos              |
|        | Riesgo por Rupturas en la cadena de frío | Verificar que el vehículo y su contenedor estén en óptimas condiciones antes de realizar el despacho                    | Antes de despachar el vehículo a la línea de empaque por el fruto | Garantizar la cadena de frío y el transporte eficiente del fruto                                  | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente General, Gerente de unidad logística y Director Comercial junto a su equipo logístico | Gerencia y área comercial y Logística |
|        |                                          | Tener mecánicos especialistas en furgones refrigerados en diferentes puntos del país por donde es transportada la fruta | Cada que se esté realizando el transporte de la fruta             | Garantizar que si ocurre algún inconveniente con el termoquin, pueda ser solucionado de inmediato | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente General, Gerente de unidad logística y Director Comercial junto a su equipo logístico | Gerencia y área comercial y Logística |
|        |                                          |                                                                                                                         |                                                                   |                                                                                                   |               |               |                                                                                               |                                       |

|  |  |                                                                                                            |                                                       |                                                                                                                                                    |               |               |                                                                              |                                       |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|  |  | Capacitar a los conductores sobre la cadena de frío                                                        | Semestral                                             | Garantizar que el conductor tenga la facilidad de reportar ante una interrupción y/o anomalía en la cadena de frío y sepan que hacer en este caso. | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Soporte administrativo                                                       | Área de Recursos Humanos              |
|  |  | Realizar mantenimiento preventivo al termoquin cuatrimestralmente                                          | Cuatrimestral                                         | Garantizar el buen estado del termoquin                                                                                                            | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente de unidad logística y Director Comercial junto a su equipo logístico | Gerencia y área comercial y Logística |
|  |  | Monitorear la trazabilidad de la temperatura de la carga y el estado del termoquin haciendo uso de las TIC | Cada que se esté realizando el transporte de la fruta | Garantizar la cadena de frío y el transporte eficiente del fruto                                                                                   | D/<br>M/<br>A | D/<br>M/<br>A | Gerente de unidad logística y Director Comercial junto a su equipo logístico | Gerencia y área comercial y Logística |

Fuente: Elaboración propia

Este plan de mejoramiento se presenta en forma de matriz para facilitar el seguimiento a las empresa transportadoras y permitirle tener en cuenta ciertas acciones con respecto a cada uno de los riesgos prioritarios. A su vez se establecieron indicadores que se deben de tener en cuenta a la hora de transportar el aguacate Hass, con base a la experiencia de los dos expertos encuestados y a lo establecido por (Arango Serna et al., 2017) y (A. C. Ramírez, 2019), para garantizar que una vez sean implementadas las mejoras, se pueda hacer seguimiento de estas acciones de mitigación de los riesgos priorizados (Ver Tabla 15).

Tabla 15. Seguimiento para las acciones de mitigación de los riesgos priorizados

| Nivel       | Riesgo                                   | Área decisional                               | Actividad Clave                                  | Autores                                              |
|-------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Estratégico | Riesgo por rupturas en la cadena de frío | Gerencia                                      | 1. Seguimiento a indicadores                     | (A. C. Ramírez, 2019)<br>(Arango Serna et al., 2017) |
|             | Riesgo por contaminación de narcotráfico |                                               | 2. Porcentaje de clientes certificados BASC      | (A. C. Ramírez, 2019)                                |
| Operativo   | Riesgo por rupturas en la cadena de frío | Área de logística                             | 3. Cumplimiento a los mantenimientos programados | (A. C. Ramírez, 2019)<br>(Arango Serna et al., 2017) |
| Táctico     | Riesgo por rupturas en la cadena de frío | Soporte administrativo                        | 4. Porcentaje de personal capacitado             | (A. C. Ramírez, 2019)<br>(Arango Serna et al., 2017) |
|             | Riesgo por contaminación de narcotráfico | Área de logística y de tecnología de procesos | 5. Uso de las TIC                                | (Arango Serna et al., 2017)                          |

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Arango Serna et al., 2017)

A continuación, se especifican cada uno de los indicadores planteados con base en los dos expertos de la empresa transportadora y lo especificado por (Arango Serna et al., 2017) y (A. C. Ramírez, 2019):

### **1. Seguimiento a Indicadores – SI**

Desde la gerencia debe establecer un tiempo en que deben ser revisados los indicadores. Este indicador es calculado con la ecuación (11), donde NSR son el número de seguimientos realizados y NSP el número de seguimientos programados.

$$SI = \frac{NSR}{NSP} \times 100 \quad (11)$$

### **2. Porcentaje de clientes certificados BASC – PCCB**

Desde la gerencia, recursos humanos y la unidad logística y comercial, deben garantizar que todos los clientes a los que se les presta el servicio de transporte, deben contar con la certificación BASC, para garantizar la seguridad en todo su proceso de transporte. Este indicador es calculado a través de la ecuación (12), donde CCB hace referencia a los clientes certificados BASC y CTCB son los clientes totales certificados BASC.

$$PCCB = \frac{CCB}{CTCB} \times 100 \quad (12)$$

### **3. Porcentaje de personal capacitado - PPC**

El área de recursos humanos debe garantizar la capacitación de los conductores para mejorar el nivel de servicio y asegurar la calidad del producto. A través de este indicador se espera maximizar el porcentaje de personal capacitado, el cual se calcula mediante la aplicación de la ecuación (13), donde PC es el personal capacitado y PT el personal total.

$$PPC = \frac{PC}{PT} \times 100 \quad (13)$$

### **4. Porcentaje de cumplimiento a mantenimientos programados – PCMP**

Este indicador pretende medir el nivel de cumplimiento de los mantenimientos programados por el área de logística para un periodo de análisis; lo ideal es que se cumplan con todos los mantenimientos programados. La ecuación (14) presenta la forma en como es calculado este indicador, donde MR son los mantenimientos realizados y MP los mantenimientos programados.

$$PCMP = \frac{MR}{MP} \times 100 \quad (14)$$

## 5. Uso de las TIC – UTIC

Este indicador refleja el uso de las TIC para la trazabilidad de la operación del transporte, a través de este indicador se pretende garantizar que todos los vehículos o por lo menos en una mayor proporción, cuentan con una herramienta que permite llevar un registro de la trazabilidad de todo el proceso. La ecuación (15) presenta el cálculo de este indicador, donde NVTIC es el número de vehículos que usan TIC y NTV es el número total de vehículos.

$$UTIC = \frac{NVTIC}{NTV} \times 100 \quad (15)$$

## 8. CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica y la información obtenida del proyecto de investigación avalado por la Universidad del Valle, se identificaron 24 riesgos operacionales posibles dentro del transporte, los cuales fueron valorados por dos expertos del sector de transporte de aguacate Hass, encontrando que aproximadamente el 21% de los riesgos requieren tratamiento y 24% requiere mantener los controles, el resto no requiere acción.

En la literatura fueron identificados 5 tipos de riesgos operacionales que están presentes en el transporte de la cadena productiva del aguacate Hass, dentro de los cuales 3 de ellos fueron identificados como transversales al proceso, estos son: Riesgos Físicos (RF), Riesgos Sociales, Económicos y Medioambientales (RSEM) y el Riesgo de Entrega (RE). De acuerdo a los resultados de los encuestados, se consideró que era importante prestar atención a los riesgos por contaminación de narcotráfico y rupturas en la cadena de frío, ya que al ser mitigados le permiten a la organización garantizar el transporte seguro y oportuno de la carga y a su vez, garantizar que durante es realizado este proceso, la cadena de frío no va a sufrir ninguna afectación, logrando así un buen posicionamiento en el mercado. Se identificaron 24 riesgos dentro de las categorías halladas en la literatura, de los cuales solo aplican 21 al proceso de transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque a los puertos en el Valle del Cauca.

La herramienta multicriterio AHP Fuzzy es muy útil para la priorización de riesgos, debido a que permite incluir el juicio de diferentes expertos con respecto a los impactos de los riesgos operacionales en el transporte de la cadena productiva del aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos nacionales en el Valle del Cauca. Además, al incorporar la lógica difusa en esta herramienta permitió tener en cuenta la incertidumbre asociada a los juicios de los expertos para garantizar la mejor priorización de los riesgos.

De los 24 riesgos identificados el 87% de estos aplica para el proceso de transporte de la cadena productiva del aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca y se priorizó sobre 5 que representan el 21% de los mismos. Esta priorización se hizo teniendo en cuenta el resultado de los pesos ponderados dados por los expertos en el proceso, entre los cuales se encuentran los riesgos por contaminación de narcotráfico y las rupturas en la cadena de frío.

El plan de mejoramiento establecido, contempla actividades que permiten atacar las principales deficiencias identificadas en el proceso de transporte de aguacate Hass desde la línea de empaque hasta los puertos en el Valle del Cauca, los cuales están asociados a la conservación de la calidad del fruto y la prestación de servicio seguro, además, se plantearon 5 indicadores claves según la revisión de la literatura, que le van a permitir a la empresa transportadora hacer un mejor seguimiento a las acciones de mitigación propuestas.

## FUTURAS INVESTIGACIONES

Escribir sobre lo adicional que se puede hacer. Por ejemplo analizar los riesgos en otras etapas de la cadena productiva del aguacate, tales como: productores, transporte primario y línea de empaque.

Otra futura investigación puede estar relacionada con la aplicación de la herramienta multicriterio QFD bajo la lógica difusa para la priorización de los riesgos y comparar los resultados con respecto a los que arrojó AHP difuso.

Como una futura investigación adicional, se puede desarrollar un proyecto de sostenibilidad para lograr una cadena productiva de aguacate Hass sustentable.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Basset, M., Gunasekaran, M., Mohamed, M., & Chilamkurti, N. (2019). A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain. *Future Generation Computer Systems*, 90, 489–502. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.035>
- Abdel-basset, M., & Mohamed, R. (2020). A novel plithogenic TOPSIS- CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119586>
- Abdullah, M. A., Hishamuddin, H., & Bazin, N. (2019). A System Dynamics Approach to Investigate the Effects of Disruption on the Supply Chain with A Mitigation Strategy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 697(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/697/1/012024>
- Adhitya, A., Srinivasan, R., & Karimi, I. A. (2008). Supply chain risk management through HAZOP and dynamic simulation. *Computer Aided Chemical Engineering*, 25, 37–42. [https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(08\)80011-9](https://doi.org/10.1016/S1570-7946(08)80011-9)
- Adi Djoko, G., Novita, K., & Megita, T. (2018). Risk Mitigation on Supply Chain of Rice: Case Study at Demak and Sleman Districts. *Agritech*, 38(4), 375–380. <https://doi.org/10.22146/agritech.38529>
- Aqlan, F., & Lam, S. S. (2015). A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment. *International Journal of Production Economics*, 161, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.013>
- Arango Serna, M. D., Ruiz Moreno, S., Ortiz Vásquez, L. F., & Zapata Cortes, A. J. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre Performance indicators for logistics enterprises: A land freight transport scope. *Revista Chilena de Ingeniería*, 25(4), 707–720.
- ARAYA, M. D. M. C., CALDERÓN, M. M., & CORDERO, E. D. (2006). *MANUAL DE MANEJO PRE Y POSCOSECHA DE AGUACATE* (Persea americana). [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/aguacate-2006.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/aguacate-2006.pdf)
- Arias Bustos, C., & Moors, E. H. M. (2018). Reducing post-harvest food losses through innovative collaboration: Insights from the Colombian and Mexican avocado supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 199, 1020–1034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.187>
- Asociación Chilena de Seguridad. (2012). *Prevención de riesgos en empresas de transporte y almacenamiento*. <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/prevenccion-de-riesgos-en-empresas-de-transporte-y-almacenamiento.pdf>
- Asofrucol. (2013). Plan de Negocios de Aguacate Índice. *Programa de Transformación Productiva*, 182.
- Avelar-Sosa, L., García-Alcaraz, J. L., & Castrellón-Torres, J. P. (2014). The effects of some risk factors in the supply chains performance: A case of study. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(5), 958–968. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)70602-9](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)70602-9)
- Bare, F., & Rural, D. (2014). *ESTADO ACTUAL Y PERPECTIVAS DE Pacto Nacional*

*Agrario.*

- BASC. (2017). *Norma y Estándares Internacionales BASC*.
- Bolaños Chamorro, C. F., Caicedo Montaña, C., & Portilla Bolaños, S. A. (2018). Analysis of the variables for the export of Hass Avocado from Colombia to the European Union (Spain, Holland, France). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cerruto, E., Aglieco, C., Gottschalk, K., Surdilovic, J., Manetto, G., & Geyer, M. (2015). FEM analysis of effects of mechanical impact parameters on fruit characteristics. *International Agricultural Engineering Journal*, 17(3), 430–440.
- CIDETI. (2016). *Diseño metodológico para estimación del desperdicio de alimentos en la Argentina en las etapas de distribución y comercio minorista y consumo en el hogar*. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
- Claypool, E., Norman, B. A., & Needy, K. L. (2014). Modeling risk in a Design for Supply Chain problem. *Computers and Industrial Engineering*, 78, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.09.026>
- Colicchia, C., & Strozzi, F. (2012). Supply chain risk management: A new methodology for a systematic literature review. *Supply Chain Management*, 17(4), 403–418. <https://doi.org/10.1108/13598541211246558>
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). Pérdida y desperdicio. *Ria*, 39, 116. [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)
- Díaz-Curbelo, A., Gento, ángel M., Redondo, A., & Aqlan, F. (2019). A fuzzy-based holistic approach for supply chain risk assessment and aggregation considering risk interdependencies. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(24). <https://doi.org/10.3390/app9245329>
- Dittmann, P. (2014). *Managing Risk in the Global Supply Chain*.
- Dobrussskin, C. (2016). On the Identification of Contradictions Using Cause Effect Chain Analysis. *Procedia CIRP*, 39, 221–224. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.192>
- Domínguez, M., García, C., & Arias, J. M. (2009). Recomendaciones para la conservación y transporte de alimentos perecederos. *Grupo Dominguez*, 13. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/15514/1/RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE ALIMENTOS PERECEDEROS.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/15514/1/RECOMENDACIONES_PARA_LA_CONSERVACION_Y_TRANSPORTE_DE_ALIMENTOS_PERECEDEROS.pdf)
- Ekwall, D., & Lantz, B. (2018). The use of violence in cargo theft – a supply chain disruption case. *Journal of Transportation Security*, 11(1–2), 3–21. <https://doi.org/10.1007/s12198-018-0186-0>
- Fan, H., Li, G., Sun, H., & Cheng, T. C. E. (2017). An information processing perspective on supply chain risk management: Antecedents, mechanism, and consequences. *International Journal of Production Economics*, 185, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.11.015>
- Fan, Y., & Stevenson, M. (2018). A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 48(3), 205–230. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0043>
- FAO. (2005). Manual De Almacenamiento Y Materia De Inocuidad. *Manejo de Alimentos Para Agricultores, Tercer Vol*, 127.
- Ferreira, P., Lima, D. A., Crema, M., & Verbano, C. (2020). Risk management in SMEs :

- A systematic literature review and future directions. *European Management Journal*, 38(1), 78–94. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2019.06.005>
- Fitzgerald, K. R. (2005). Big savings, but lots of risk. *Supply Chain Management Review*, 9(9), 16–20. <http://lse.summon.serialssolutions.com/link/0/eLvHCXMwY2BQSE5KMUpMSTRIMks0MUuyME8GnehiZmFkmWaWbJAGPkgNktzE3dvUOcJYB6k0dxNlkHVzDXH20IWVivEpOTnxlsA0BqxFgECMgQXYJ04FAlc7F8c>
- Giannakis, M., & Papadopoulos, T. (2016). Int . J . Production Economics Supply chain sustainability: A risk management approach. *Intern. Journal of Production Economics*, 171, 455–470. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.032>
- Govindan, K., & Fattahi, M. (2017). Investigating risk and robustness measures for supply chain network design under demand uncertainty: A case study of glass supply chain. *International Journal of Production Economics*, 183, 680–699. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.033>
- Guan, G. F., Dong, Q. L., & Li, C. H. (2011). Risk identification and evaluation research on F-AHP evaluation based supply chain. *2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2011, PART 3*, 1513–1517. <https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2011.6035447>
- Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk - Definition, measure and modeling. *Omega (United Kingdom)*, 52, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>
- Herrera, M., & Osorio, J. C. (2009). Modelo para la gestión de proveedores utilizando ahp difuso. *Universidad ICESI Cali, Colombia*, 69–88.
- Huirne, R., Meuwissen, M., & Asseldonk, M. Van. (2007). Chapter 1 IMPORTANCE OF WHOLE-FARM RISK MANAGEMENT IN AGRICULTURE. In *Handbook of Operations Research in Natural Resources*, 3–15.
- ICONTEC. (2013). *NTC-31010*. 571.
- ICONTEC. (2018). Gestión del Riesgo. Directrices. *Iso 31000*, 0, 1–26.
- Ignacio, F., Jara, G., & Rojas, L. P. (2018). *Metodología Multicriterio Para Mejorar El Servicio En Gasolineras Y / O Estaciones De Servicio*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación. (2010). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. *Icontec*, 571, 1–38.
- Jaffee, S., Siegel, P., & Andrews, C. (2008). Rapid agricultural supply chain risk assessment. *World Bank, Commodity Risk Management Group*, 50.
- Kartal, B. (2012). *The selection of global supply chain risk management strategies by using fuzzy analytical hierarchy process a case from Turkey*. 58, 1448–1457. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1131>
- Kauppi, K., Longoni, A., Caniato, F., & Kuula, M. (2016). Managing country disruption risks and improving operational performance: risk management along integrated supply chains. *International Journal of Production Economics*, 182(July 2015), 484–495. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.10.006>
- Kumar, K., Sarmah, S. P., & Naikan, V. N. A. (2019). Risk evaluation and mitigation of sustainable road freight transport operation: a case of trucking industry. *International Journal of Production Research*, 57(19), 6223–6245.

- <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1578429>
- Lavastre, O., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2018). Effect of firm characteristics on sources of supply and demand risks: An empirical investigation on Moroccan industrial firms. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 40(11), 162–170. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.40.162>
- Li, C., Ren, J., & Wang, H. (2016). A system dynamics simulation model of chemical supply chain transportation risk management systems. *Computers and Chemical Engineering*, 89, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.02.019>
- López, D. P. (2009). Riesgo Operacional : Conceptos y Mediciones. *Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras - Chile*, 2, 1–55.
- MADR. (2018). *Cadena de Aguacate, Indicadores e Instrumentos*. 1–20.
- Manotas, D. F., & Osorio, J. C. (2015). Evaluación de riesgos en la cadena de suministro: principales técnicas. *Revista Semilleros*, 11(01), 5–14.
- Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(3), 192–223. <https://doi.org/10.1108/09600030810866986>
- Martínez, M., & Quintero, J. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. *AmITIC*, 1, 194–201.
- Mavi, R. K., Goh, M., & Mavi, N. K. (2016). Supplier Selection with Shannon Entropy and Fuzzy TOPSIS in the Context of Supply Chain Risk Management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235(October), 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.017>
- Méndez, M. (2016). *Competitive Strategies of the Primary Link in Production Chain Of Avocado in Montes de Maria*. 95–110.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (2016). *IMPLANTACIÓN, MANTENCIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN EL SECTOR PÚBLICO*. 0–118.
- Mital, M., Del, M., & Papa, A. (2018). Technological Forecasting & Social Change Comparing supply chain risks for multiple product categories with cognitive mapping and Analytic Hierarchy Process ☆. *Technological Forecasting & Social Change*, 131(May 2017), 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.036>
- Mokhtar, S., Bahri, P. A., Moayer, S., & James, A. (2019). Supplier portfolio selection based on the monitoring of supply risk indicators. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 101955. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101955>
- Ngan, S. L., How, B. S., Teng, S. Y., Leong, W. D., Loy, A. C. M., Yatim, P., Promentilla, M. A. B., & Lam, H. L. (2020). A hybrid approach to prioritize risk mitigation strategies for biomass polygeneration systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121(December 2018), 109679. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109679>
- Nyamah, E. Y., Jiang, Y., Feng, Y., & Enchill, E. (2017). Agri-food supply chain performance: an empirical impact of risk. *Management Decision*, 55(5), 872–891. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2016-0049>
- Nyamah, E., Yi, Oppong-Sekyere, & Boadi, N. (2014). Agricultural Supply Chain Risk Identification- A Case Finding from Ghana. *Journal of Management and Strategy*, 5(2), 31–48. <https://doi.org/10.5430/jms.v5n2p31>

- Olarewaju, O. O., Bertling, I., & Magwaza, L. S. (2016). Non-destructive evaluation of avocado fruit maturity using near infrared spectroscopy and PLS regression models. *Scientia Horticulturae*, 199, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.047>
- Oliveira, U. R., Silva, F. A., Martins, H. M., & Pamplona, V. A. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 616–633. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.054>
- Osorio, Juan C., Manotas, D. F., & Rivera, L. (2017). Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística - 3PL. *Informacion Tecnologica*, 28(4), 135–144. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400016>
- Osorio, Juan Carlos. (2011). *QFD difuso para la toma de decisiones multicriterio – Ejemplo de aplicación Fuzzy QFD for multicriteria decision making – Application example*. 22–29.
- Osorio, Juan Carlos, Manotas, D. F., Rivera, L., & Canales, I. (2018). *Operational Risk Prioritization in Supply Chain with 3PL Using Fuzzy-QFD* (pp. 91–109). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56871-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56871-3_5)
- Palomino, E. (2014). DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA GESTIÓN DE RIESGO ASOCIADO AL USO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN PROCEDIMIENTOS CLÍNICOS EN TRES ÁREAS CRÍTICAS DEL HOSPITAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, EN SANTANDER DE QUILICHAO. *Pontificia Universidad Catolica Del Peru*, 8(33), 44. [https://ipsas.upm.edu.my/upload/dokumen/IISS\\_022.pdf](https://ipsas.upm.edu.my/upload/dokumen/IISS_022.pdf)
- Parchami Jalal, M., Noorzai, E., & Yavari Roushan, T. (2019). Root Cause Analysis of the Most Frequent Claims in the Building Industry through the SCoP 3 E Ishikawa Diagram. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 11(2), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000289](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000289)
- Parra-Calderón, C. A., Osorio-Gómez, J. C., & Escandón-López, J. C. (2019). Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo Multi-Criteria methodology for the selection of suppliers under risk considerations. *Scientia et Technica Año XXIV*, 24(02), 07. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/19681>
- Pastrana-jaramillo, C. A., Osorio-gómez, J. C., Valle, U., & Industrial, E. D. I. (2019). *Operational Risk Management in a Retail Company*. 148(4), 57–66.
- Peña, L., Rebollar, S., Callejas, N., Hernandez, J., & Gómez, G. (2015). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AGUACATE HASS*.
- Pfohl, H. C., Köhler, H., & Thomas, D. (2010). State of the art in supply chain risk management research: Empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. *Logistics Research*, 2(1), 33–44. <https://doi.org/10.1007/s12159-010-0023-8>
- Prakash, S., Soni, G., Singh, A. P., & Singh, S. (2017). Risk analysis and mitigation for perishable food supply chain: a case of dairy industry. *Benchmarking: An International Journal*, 24, 2–23.
- PROCOLOMBIA. (2016). *Cadena de frío Contenido*. [http://www.procolombia.co/ruta-exportadora/sites/default/files/estadisticas\\_de\\_exportacion\\_de\\_perecederos\\_.pdf](http://www.procolombia.co/ruta-exportadora/sites/default/files/estadisticas_de_exportacion_de_perecederos_.pdf)
- PROCOLOMBIA. (2017). El mercado del aguacate en Estados Unidos. *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*, 29.

- Qazi, A., & Akhtar, P. (2020). Risk matrix driven supply chain risk management: Adapting risk matrix based tools to modelling interdependent risks and risk appetite. *Computers and Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.002>
- Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J., & Gaudenzi, B. (2018). Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 196(September 2016), 24–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.008>
- Qazi, A., Quigley, J., & Dickson, A. (2017). *Exploring dependency based probabilistic supply chain risk measures for prioritising interdependent risks and strategies*. 259, 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.023>
- Ramírez-flórez, G., & Osorio-gómez, J. C. (2021). *AHP difuso y TOPSIS para la selección de un proveedor 3PL considerando el riesgo operacional Diffuse AHP and TOPSIS for the selection of a third-party provider considering operational risk AHP difuso e TOPSIS para a seleção de um provedor 3PL considerando*. 1–17.
- Ramírez, A. C. (2019). Indicadores de gestión logística. *Logística Comercial Internacional*, 316–330. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf0jt2.9>
- Ramírez, G., Tabares, N., & Osorio, J. (2017). Fuzzy AHP for 3PL supplier's performance evaluation considering risk. *Facultad de Ingeniería*, 26(45), 165–172.
- Rathore, R., Thakkar, J. J., & Jha, J. K. (2020). Impact of risks in foodgrains transportation system: a system dynamics approach. *International Journal of Production Research*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1725683>
- Ridwan, A., Santoso, M. I., Ferdinand, P. F., & Ankarini, R. (2019). Design of strategic risk mitigation with supply chain risk management and cold chain system approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012088>
- Rostamzadeh, R., Ghorabae, M. K., Govindan, K., Esmaeili, A., & Nobar, H. B. K. (2018). Evaluation of sustainable supply chain risk management using an integrated fuzzy TOPSIS- CRITIC approach. *Journal of Cleaner Production*, 175, 651–669. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.071>
- Salin, V. (1998). Information technology in agri-food supply chains. *International Food and Agribusiness Management Review*, 1(3), 329–334. [https://doi.org/10.1016/s1096-7508\(99\)80003-2](https://doi.org/10.1016/s1096-7508(99)80003-2)
- Sastra, H. Y., Sentia, P. D., Asmadi, D., & Afifah, M. (2019). *The design of cold chain risk management system of frozen tuna product in Aceh using fuzzy logic The design of cold chain risk management system of frozen tuna product in Aceh using fuzzy logic*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012093>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2012). *Producción de aguacates*. <http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/2/02-aguacate/contexto-4.html>
- Senthil, S., Murugananthan, K., & Ramesh, A. (2018). Analysis and prioritisation of risks in a reverse logistics network using hybrid multi-criteria decision making methods. *Journal of Cleaner Production*, 179, 716–730. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.095>
- Serna, A., Ramos, D., Garcia-Angosto, E., Garcia-Sanchez, A. J., Chans, M. A., Benedicto-Orovitg, J. M., Puchades-Puchades, V., & Mata-Colodro, J. F. (2018). Optimization of CT protocols using cause-and-effect analysis of outliers. *Physica*

- Medica*, 55(July), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ejomp.2018.10.010>
- Sherwin, M. D., Medal, H. R., Mackenzie, C. A., & Kennedy, J. (2020). Identifying and mitigating supply chain risks using fault tree optimization. *IIE Transactions*, 52(2), 236–254. <https://doi.org/10.1080/24725854.2019.1630865>
- Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agri-fresh produce supply chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Operations and Production Management*, 33(2), 114–158. <https://doi.org/10.1108/01443571311295608>
- Sodhi, M. S., Son, B. G., & Tang, C. S. (2012). Researchers' perspectives on supply chain risk management. *Production and Operations Management*, 21(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2011.01251.x>
- Song, W., Ming, X., & Liu, H. C. (2017). Identifying critical risk factors of sustainable supply chain management: A rough strength-relation analysis method. *Journal of Cleaner Production*, 143, 100–115. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.145>
- Stadtler Hartmut, K. C. (2008). *Supply Chain Management and Advanced Planning (Supply Chain Management )* (Tercera, Vol. 2, Issue 2). Springer.
- Steven, J., Torres, A., Camero, J., & Camara de Comercio de Medellín. (2012). DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL AGUACATE HASS EN CORABASTOS Jeisson Steven Avila Torres 1 Cristian Giovanni Nizo Triana 2. *Informes de Estudios Economicos, Para El Desarrollo Del Cultivo de Aguacate En Antioquia.*, 1–41. <https://doi.org/10.3923/ajpnft.2015.96.105>
- Tian, J., & Yan, Z. F. (2013). Fuzzy analytic hierarchy process for risk assessment to general assembling of satellite. *Journal of Applied Research and Technology*, 11(4), 568–577. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(13\)71564-5](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(13)71564-5)
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, C. H. Y., & Koo, P. S. (2018). An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks. *Industrial Management and Data Systems*, 118(7), 1432–1462. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0384>
- Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management*, 16(6), 474–483. <https://doi.org/10.1108/13598541111171165>
- Tuncel, G., & Alpan, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. *Computers in Industry*, 61(3), 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.09.008>
- Van Der Vorst, J. G. A. J., & Beulens, A. J. M. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(6), 409–430. <https://doi.org/10.1108/09600030210437951>
- Voldrich, S., Wieser, P., Zufferey, N., & Zufferey, N. (2020). Optimizing the trade-off between performance measures and operational risk in a food supply chain environment. *Soft Computing*, 24(5), 3365–3378. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04099-9>
- Wen, Z., Liao, H., Zavadskas, E. K., & Al-, A. (2019). Selection third-party logistics service providers in supply chain finance by a hesitant fuzzy linguistic combined compromise solution method. *Economic Research-Ekonomska Istra*, 32(1), 4033–4058. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1678502>

Zubayer, M. A. Al, Mithun Ali, S., & Kabir, G. (2019). Analysis of supply chain risk in the ceramic industry using the TOPSIS method under a fuzzy environment. *Journal of Modelling in Management*, 14(3), 792–815. <https://doi.org/10.1108/JM2-06-2018-0081>

## **10. ANEXOS**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Diseño de la encuesta para la empresa transportadora .....       | 56 |
| Anexo 2. Riesgos identificados .....                                      | 60 |
| Anexo 3. Resultado encuesta identificación de riesgos .....               | 61 |
| Anexo 4. Resultados comparaciones pareadas según juicio de expertos ..... | 63 |

## Anexo 1. Diseño de la encuesta para la empresa transportadora



Encuesta Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarzal Valle del Cauca

### ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL AGUACATE EN ZARZAL VALLE DEL CAUCA TRANSPORTE

Estimado Señor (a):

Esta encuesta está liderada por una investigadora de la Universidad del Valle. Tiene como fin caracterizar la cadena productiva del aguacate en Zarzal Valle del Cauca, e identificar los factores de riesgo operacional que se ven inmersos sus procesos.

**Confidencialidad:** Garantizamos que la información recopilada se usará exclusivamente para fines académicos e investigativos y las conclusiones no harán referencia a nombres específicos.

N° de Encuesta    Fecha D  M  A  Encuestador(a)

#### A. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA ACTIVIDAD

1. ¿Se brinda algún tipo de capacitación a los conductores para realizar el transporte?

- 1) Si
- 2) No ¿Por qué?

2. Si la respuesta anterior fue "Si", ¿qué tipo de capacitación se brinda?

1) \_\_\_\_\_

3. ¿Qué requerimientos debe tener el conductor para realizar el transporte? Marque con una X una o varias opciones, según corresponda.

- 1) Licencia
- 2) SOAT
- 3) Técnico mecánica
- 4) El vehículo debe estar certificado por la entidad sanitaria
- 5) Otro ¿Cuál?

4. ¿La carga se encuentra asegurada?

- 1) Si
- 2) No



Enunciado Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarzal Valle del Cauca

5. ¿La empresa paga por el seguro de la carga?

- 1) Si
- 2) No ¿Quién lo paga? \_\_\_\_\_

6. ¿Su empresa es la encargada de cargar los vehículos para el despacho a los puntos de destino?

- 1) Si
- 2) No ¿Quién se encarga?

7. Si la respuesta anterior es si, ¿Cómo se realiza el cargue para el despacho?

---



---



---

8. ¿Cómo se garantizan las condiciones adecuadas del vehículo, antes de iniciar el transporte de la carga del vehículo? (Gasolina, agua del radiador, aceite, llantas calibradas, llantas de repuesto, mantenimiento previo, condiciones de refrigeración)

---



---



---

9. ¿Se utilizan estibas para realizar el transporte en los camiones de carga?

- 1) Si
- 2) No

10. Completar la matriz que se presenta a continuación con la información requerida respecto a la flota de transporte que se encarga de movilizar el fruto desde la línea de empaque hasta sus clientes (tipo y capacidad del medio de transporte).



Tabla 2. Matriz información de flota de transporte

| Tipo (camión, camioneta, furgón, turbo, tracto camión, volcos, tanques, tolvas, planchas, portacontenedores, etc) | Capacidad (Ton) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                                                                   |                 |
|                                                                                                                   |                 |



Encuesta Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarcán Valle del Cauca

**11. ¿Cuántas personas laboran en el proceso de transporte de aguacate a sus destinos?**

---

---

---

---

**12. ¿El/los vehículo(s) son isotermos (refrigerados)?**

- 1) Si
- 2) No

**13. ¿Se cuenta con un plan de contingencia en caso de alguna falla mecánica del vehículo?**

- 1) Si ¿Cuál?
- 2) No

**14. ¿Se cuenta con un plan de contingencia en caso de algún desastre natural (incendio, inundación, terremoto, tsunami, deslizamiento de tierra, avalancha, tormenta, erupciones)?**

- 1) Si ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- 2) No

**15. ¿Se cuenta con un plan de contingencia en caso de obstrucción en la vía?**

- 1) Si ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- 2) No

**16. ¿En los camiones es transportado algún otro tipo de mercancía diferente al aguacate?**

- 1) Si ¿Cuál?
- 2) No

**17. Si contestó "Si" en la anterior pregunta, indique si realiza algún tipo de desinfección cuando se carga la otra mercancía.**

- 1) Si ¿Cuál?
- 2) No



Encuesta Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarzal Valle del Cauca

18. A continuación, se presenta un listado de riesgos que pueden presentarse en el transporte del aguacate. Por favor indicar si el riesgo está presente en el transporte, marcando con una X si aplica o no. Igualmente señalar la probabilidad de ocurrencia y el impacto que genera según la escala.

La escala de evaluación de la probabilidad de ocurrencia y del impacto será de 1 a 5, donde: 1-Muy bajo, 2-Bajo, 3-Medio, 4-Alto, 5-Muy alto.

Tabla 2. Matriz de riesgos en el transporte

|    | Tipo de riesgo    | Nombre del riesgo                                 | Aplica | No Aplica | Probabilidad de Ocurrencia |   |   |   |   | Impacto |   |   |   |   |
|----|-------------------|---------------------------------------------------|--------|-----------|----------------------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|
|    |                   |                                                   |        |           | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Riesgos mecánicos | Riesgo de caídas del aguacate dentro del vehículo |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 2. | Riesgos mecánicos | Riesgo de Cortes                                  |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 3. | Riesgos mecánicos | Riesgo de golpes                                  |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 4. | Riesgos mecánicos | Riesgo de volcamiento                             |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 5. | Riesgos mecánicos | Riesgo por fallas técnicas en los vehículos       |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 6. | Riesgos mecánicos | Riesgo por Impericia de los conductores           |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |



Encuesta Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarzal Valle del Cauca

|     | Tipo de riesgo                                             | Nombre del riesgo                                                         | Aplica | No Aplica | Probabilidad de Ocurrencia |   |   |   |   | Impacto |   |   |   |   |
|-----|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----------------------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|
|     |                                                            |                                                                           |        |           | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Riesgos físicos                                            | Riesgo por residuos de cargas anteriores en los contenedores refrigerados |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 8.  | Riesgos físicos                                            | Riesgo por Rupturas en la cadena de frío                                  |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 9.  | Riesgos químicos                                           | Riesgo por desinfectantes                                                 |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 10. | Riesgos químicos                                           | Riesgo por gases refrigerantes                                            |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 11. | Riesgos químicos                                           | Riesgo por grasas y aceites                                               |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 12. | Riesgos sociales, económicos y <del>medioambientales</del> | Riesgos de robo de carga                                                  |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 13. | Riesgos químicos                                           | Riesgo por entorno laboral                                                |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 14. | Riesgos químicos                                           | Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones                                |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 15. | Riesgos químicos                                           | Riesgo por Desastres en las vías                                          |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 16. | Riesgo de entrega                                          | Riesgo por problema en el punto de recogida                               |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 17. | Riesgo de entrega                                          | Riesgo por congestión de tráfico                                          |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 18. | Riesgo de entrega                                          | Falta de conductor                                                        |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |



Ensayo Proyecto de Investigación Metodología para la Gestión de Riesgos Operacionales de la Cadena Productiva del Aguacate en Zarzal  
Valle del Cauca

|     | Tipo de riesgo    | Nombre del riesgo                                                                      | Aplica | No Aplica | Probabilidad de Ocurrencia |   |   |   |   | Impacto |   |   |   |   |
|-----|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----------------------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|
|     |                   |                                                                                        |        |           | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. | Riesgo de entrega | Errores en los despachos y envíos a zonas equivocadas o empresas equivocadas           |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 20. | Riesgo de entrega | Riesgo por Demoras por inspecciones de las autoridades                                 |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 21. | Riesgo de entrega | Riesgo por Mala comunicación entre el dueño y el transportador                         |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 22. | Riesgo de entrega | Riesgo por Problemas con la documentación del vehículo                                 |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 23. |                   | Riesgo por contaminación de narcotráfico                                               |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |
| 24. |                   | Riesgo por acceso a las fincas donde se carga la fruta (90% carga de finca en muelles) |        |           |                            |   |   |   |   |         |   |   |   |   |

## Anexo 2. Riesgos identificados

| Riesgos |  | RIESGOS                                                                                |
|---------|--|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       |  | Riesgo de caídas del aguacate dentro del vehículo                                      |
| 2       |  | Riesgo de Cortes                                                                       |
| 3       |  | Riesgo de golpes                                                                       |
| 4       |  | Riesgo de volcamiento                                                                  |
| 5       |  | Riesgo por fallas técnicas en los vehículos                                            |
| 6       |  | Riesgo por Impericia de los conductores                                                |
| 7       |  | Riesgo por residuos de cargas anteriores en los contenedores refrigerados              |
| 8       |  | Riesgo por Rupturas en la cadena de frío                                               |
| 9       |  | Riesgo por desinfectantes                                                              |
| 10      |  | Riesgo por gases refrigerantes                                                         |
| 11      |  | Riesgo por grasas y aceites                                                            |
| 12      |  | Riesgos de robo de carga                                                               |
| 13      |  | Riesgo por entorno laboral                                                             |
| 14      |  | Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones                                             |
| 15      |  | Riesgo por Desastres en las vías                                                       |
| 16      |  | Riesgo por problema en el punto de recogida                                            |
| 17      |  | Riesgo por congestión de tráfico                                                       |
| 18      |  | Falta de conductor                                                                     |
| 19      |  | Errores en los despachos y envíos a zonas equivocadas o empresas equivocadas           |
| 20      |  | Riesgo por Demoras por inspecciones de las autoridades                                 |
| 21      |  | Riesgo por Mala comunicación entre el dueño y el transportador                         |
| 22      |  | Riesgo por Problemas con la documentación del vehículo                                 |
| 23      |  | Riesgo por contaminación de narcotráfico                                               |
| 24      |  | Riesgo por acceso a las fincas donde se carga la fruta (90% carga de finca en muelles) |

### Anexo 3. Resultado encuesta identificación de riesgos

| Riesgo | Factor de Riesgo                                | Subfactores de Riesgo                                                                  | Respuestas PO |        |       |       |       | Respuestas MI |            |        |       |       | Promedio PO | Promedio MI | POPI |      |       |
|--------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|-------|-------|-------|---------------|------------|--------|-------|-------|-------------|-------------|------|------|-------|
|        |                                                 |                                                                                        | 0 - Aplica    | 1 - MB | 2 - B | 3 - M | 4 - A | 5 - MA        | 0 - Aplica | 1 - MB | 2 - B | 3 - M | 4 - A       | 5 - MA      |      |      |       |
| 1      | Riesgo                                          | Riesgo de caídas del apilado dentro                                                    | 3             | 2      | 0     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 2     | 1           | 0           | 1,67 | 3,33 | 5,55  |
| 2      | Riesgo mecánico                                 | Riesgo de Cortes                                                                       | 0             | 0      | 0     | 0     | 0     | 0             | 0          | 0      | 0     | 0     | 0           | 0           |      |      |       |
| 3      | Riesgo mecánico                                 | Riesgo de golpes                                                                       | 3             | 2      | 0     | 0     | 1     | 0             | 3          | 2      | 0     | 1     | 0           | 0           | 2,00 | 1,67 | 3,33  |
| 4      | Riesgo mecánico                                 | Riesgo de volcamiento                                                                  | 3             | 2      | 0     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 0     | 2           | 1           | 1,67 | 4,33 | 7,22  |
| 5      | Riesgo mecánico                                 | Riesgo por fallas técnicas en los vehículos                                            | 3             | 1      | 1     | 1     | 0     | 0             | 3          | 1      | 0     | 0     | 1           | 1           | 2,00 | 3,33 | 6,67  |
| 6      | Riesgo mecánico                                 | Riesgo por Impericia de los conductores                                                | 2             | 1      | 1     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 0     | 0     | 2           | 0           | 1,00 | 2,67 | 2,67  |
| 7      | Riesgo físico                                   | Riesgo por neblinas de cargas anteriores en las contenedores refrigerados              | 3             | 3      | 0     | 0     | 0     | 0             | 3          | 0      | 2     | 0     | 1           | 0           | 1,00 | 2,67 | 2,67  |
| 8      | Riesgo físico                                   | Riesgo por Rupturas en la cadena de                                                    | 3             | 0      | 2     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 0     | 0           | 3           | 2,33 | 5,00 | 11,67 |
| 9      | Riesgo químico                                  | Riesgo por contaminación                                                               | 2             | 2      | 0     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 1     | 1     | 0           | 0           | 0,67 | 1,67 | 1,11  |
| 10     | Riesgo químico                                  | Riesgo por gases refrigerantes                                                         | 1             | 1      | 0     | 0     | 0     | 0             | 1          | 0      | 0     | 0     | 1           | 0           | 0,33 | 1,33 | 0,66  |
| 11     | Riesgo químico                                  | Riesgo por gases y aceites                                                             | 1             | 1      | 0     | 0     | 0     | 0             | 1          | 1      | 0     | 0     | 0           | 0           | 0,33 | 0,33 | 0,11  |
| 12     | Riesgos sociales, económicos y medioambientales | Riesgo de robo de carga                                                                | 2             | 0      | 2     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 0     | 0     | 1           | 1           | 1,33 | 3,00 | 6,00  |
| 13     | Riesgos sociales, económicos y medioambientales | Riesgo por entorno laboral                                                             | 2             | 2      | 0     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 0     | 0     | 1           | 1           | 0,67 | 3,00 | 2,00  |
| 14     | Riesgos sociales, económicos y medioambientales | Riesgo por picos, huelgas, manifestaciones                                             | 3             | 0      | 2     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 0     | 3           | 0           | 2,33 | 4,00 | 9,33  |
| 15     | Riesgos sociales, económicos y medioambientales | Riesgo por Choques en las vías                                                         | 3             | 0      | 2     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 1     | 2           | 0           | 2,33 | 3,67 | 8,55  |
| 16     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por problemas en el punto de recepción                                          | 3             | 2      | 0     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 2     | 1     | 0           | 0           | 1,67 | 2,33 | 3,89  |
| 17     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por congestión de tráfico                                                       | 3             | 1      | 1     | 1     | 0     | 0             | 3          | 1      | 1     | 0     | 1           | 0           | 2,00 | 2,33 | 6,67  |
| 18     | Riesgo de entrega                               | Falta de conducir                                                                      | 2             | 2      | 0     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 0     | 0     | 2           | 0           | 0,67 | 2,67 | 1,78  |
| 19     | Riesgo de entrega                               | Errores en los despachos y envíos a zonas equivocadas o empresas equivocadas           | 1             | 0      | 1     | 0     | 0     | 0             | 1          | 0      | 0     | 1     | 0           | 0           | 0,67 | 1,00 | 0,67  |
| 20     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por Demoras por inspecciones de las autoridades                                 | 3             | 0      | 1     | 2     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 3     | 0           | 0           | 2,67 | 3,00 | 8,00  |
| 21     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por Mala comunicación entre el dueño y el transportador                         | 2             | 2      | 0     | 0     | 0     | 0             | 2          | 0      | 2     | 0     | 0           | 0           | 0,67 | 1,33 | 0,89  |
| 22     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por Problemas con la                                                            | 1             | 0      | 1     | 0     | 0     | 0             | 1          | 0      | 0     | 0     | 1           | 0           | 0,67 | 1,33 | 0,89  |
| 23     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por contaminación de mercancía                                                  | 3             | 1      | 1     | 1     | 0     | 0             | 3          | 0      | 0     | 0     | 0           | 3           | 2,00 | 5,00 | 10,00 |
| 24     | Riesgo de entrega                               | Riesgo por acceso a las fincas donde se carga la fruta (90% carga de fincas en muelle) | 1             | 0      | 1     | 0     | 0     | 0             | 1          | 0      | 0     | 1     | 0           | 0           | 0,67 | 1,00 | 0,67  |

| Riesgos | Factor de Riesgo | Sub-factores de Riesgo                                                             | Valor Aproximado | Nivel del Riesgo     |
|---------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| 8       | FF               | Riesgo por Rupturas en la cadena de frío                                           | 12               | RATAMIENTO DE RIESGO |
| 23      | FE               | Riesgo por contaminación de narcotráfico                                           | 10               | RATAMIENTO DE RIESGO |
| 14      | FSEM             | Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones                                         | 9                | RATAMIENTO DE RIESGO |
| 15      | FSEM             | Riesgo por Desastres en las vías                                                   | 9                | RATAMIENTO DE RIESGO |
| 20      | FE               | Riesgo por Demoras por inspecciones de las autoridades                             | 8                | RATAMIENTO DE RIESGO |
| 4       | FM               | Riesgo de volcamiento                                                              | 7                | MANTENER CONTROLES   |
| 5       | FM               | Riesgo por fallas técnicas en los vehículos                                        | 7                | MANTENER CONTROLES   |
| 1       | FM               | Riesgo de caídas del aguacate dentro del vehículo                                  | 6                | MANTENER CONTROLES   |
| 17      | FE               | Riesgo por congestión de tráfico                                                   | 5                | MANTENER CONTROLES   |
| 12      | FSEM             | Riesgos de robo de carga                                                           | 4                | MANTENER CONTROLES   |
| 16      | FE               | Riesgo por problema en el punto de recogida                                        | 4                | MANTENER CONTROLES   |
| 3       | FM               | Riesgo de golpes                                                                   | 3                | NO HACER NADA        |
| 6       | FM               | Riesgo por Impericia de los conductores                                            | 3                | NO HACER NADA        |
| 7       | FF               | Riesgo por residuos de cargas anteriores en los contenedores refrigerados          | 3                | NO HACER NADA        |
| 13      | FSEM             | Riesgo por entorno laboral                                                         | 2                | NO HACER NADA        |
| 18      | FE               | Falta de conductor                                                                 | 2                | NO HACER NADA        |
| 9       | FQ               | Riesgo por desinfectantes                                                          | 1                | NO HACER NADA        |
| 19      | FE               | Errores en los despachos y envíos a zonas equivocadas o empresas equivocadas       | 1                | NO HACER NADA        |
| 21      | FE               | Riesgo por Mala comunicación entre el dueño y el transportador                     | 1                | NO HACER NADA        |
| 22      | FE               | Riesgo por Problemas con la documentación del vehículo                             | 1                | NO HACER NADA        |
| 24      | 0                | Riesgo por acceso a las fincas donde se carga la fruta (90% carga de finca en mue) | 1                | NO HACER NADA        |
| 2       | FM               | Riesgo de Cortes                                                                   |                  |                      |
| 10      | FQ               | Riesgo por gases refrigerantes                                                     |                  |                      |
| 11      | FQ               | Riesgo por grasas y aceites                                                        |                  |                      |

#### Anexo 4. Resultados comparaciones pareadas según juicio de expertos

| Factores de riesgo                                     | Calificación del equipo decisor |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                        | ET                              |    |    |    |    | E1 |    |    |    |    |
| F                                                      | F1                              | F2 | F3 | F4 | F5 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| Riesgo por Rupturas en la cadena de frío               | EM                              | AI | AI | AI |    | EM | AI | AI | AI |    |
| Riesgo por Desastres en las vías                       |                                 | EM | MI | IS |    |    | EM | MI | MI |    |
| Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones             |                                 |    | EM | LI |    |    |    | EM | MI |    |
| Riesgo por Demoras por inspecciones de las autoridades |                                 |    |    | EM |    |    |    |    | EM |    |
| Riesgo por contaminación de narcotráfico               | AI                              | AI | AI | AI | EM | AI | AI | AI | AI | EM |

Matriz de juicio 1

| F  | DULP |    |    |    |    | DO |    |    |    |    |
|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    | F1   | F2 | F3 | F4 | F5 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| F1 | EM   | AI | AI | AI |    | EM | AI | AI | AI |    |
| F2 |      | EM | MI | IS |    |    | EM | MI | MI |    |
| F3 |      |    | EM | LI |    |    |    | EM | MI |    |
| F4 |      |    |    | EM |    |    |    |    | EM |    |
| F5 | AI   | AI | AI | AI | EM | AI | AI | AI | AI | EM |

Matriz de juicio

|    | DULP  |     |       |       |     |       |       |     |       |       |       |       |       |     |     | DO    |     |       |       |   |       |       |   |       |       |     |       |       |       |     |     |
|----|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|
| F  | F1    |     |       | F2    |     |       | F3    |     |       | F4    |       |       | F5    |     |     | F1    |     |       | F2    |   |       | F3    |   |       | F4    |     |       | F5    |       |     |     |
| F1 | 1     | 1   | 1     | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3     | 3 1/2 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5 | 1     | 1   | 1     | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/7 | 1/3   | 2/5 |     |
| F2 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 1     | 1   | 1     | 1/2   | 1   | 1 1/2 | 1 1/2 | 2     | 2 1/2 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 1     | 1 | 1     | 1/2   | 1 | 1 1/2 | 1/2   | 1   | 1 1/2 | 2 1/7 | 1/3   | 2/5 |     |
| F3 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 2/3   | 1   | 2     | 1     | 1   | 1     | 1     | 1 1/2 | 2     | 2 1/7 | 1/3 | 2/5 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 2 1/3 | 1 | 2     | 1     | 1 | 1     | 1     | 1/2 | 1     | 1 1/2 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5 |
| F4 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 2 1/5 | 1/2 | 2/3   | 1     | 2/3 | 1     | 1     | 1     | 1     | 2 1/7 | 1/3 | 2/5 | 2 1/7 | 1/3 | 2/5   | 2/3   | 1 | 2     | 2/3   | 1 | 2     | 1     | 1   | 1     | 2 1/7 | 1/3   | 2/5 |     |
| F5 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3     | 3 1/2 | 1     | 1   | 1   | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 1     | 1     | 1   |     |

Matriz de juicio consolidada

| F  | F1    |     |       | F2    |     |       | F3    |     |       | F4    |      |       | F5  |     |     |
|----|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|------|-------|-----|-----|-----|
| F1 | 1     | 1   | 1     | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3    | 3 1/2 | 2/7 | 1/3 | 2/5 |
| F2 | 2/7   | 1/3 | 2/5   | 1     | 1   | 1     | 1/2   | 1   | 1 1/2 | 6/7   | 12/5 | 2     | 2/7 | 1/3 | 2/5 |
| F3 | 2/7   | 1/3 | 2/5   | 2/3   | 1   | 2     | 1     | 1   | 1     | 5/7   | 12/9 | 13/4  | 2/7 | 1/3 | 2/5 |
| F4 | 2/7   | 1/3 | 2/5   | 1/2   | 5/7 | 1 1/6 | 4/5   | 4/5 | 12/5  | 1     | 1    | 1     | 2/7 | 1/3 | 2/5 |
| F5 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3   | 3 1/2 | 2 1/2 | 3    | 3 1/2 | 1   | 1   | 1   |

Matriz Normalizada

| F  | F1  | F2  | F3 | F4 | F5  |
|----|-----|-----|----|----|-----|
| F1 | 1   | #   | #  | #  | 1/3 |
| F2 | 1/3 | 1   | 1  | ## | 1/3 |
| F3 | 1/3 | ##  | 1  | ## | 1/3 |
| F4 | 1/3 | 4/5 | 1  | 1  | 1/3 |
| F5 | #   | #   | #  | #  | 1   |

Media Geométrica

| F                 | r i  |       |       |
|-------------------|------|-------|-------|
| F1                | 1,35 | 1,552 | 1,765 |
| F2                | 0,51 | 0,631 | 0,858 |
| F3                | 0,52 | 0,671 | 0,889 |
| F4                | 0,51 | 0,577 | 0,765 |
| F5                | 2,08 | 2,408 | 2,724 |
|                   |      |       |       |
| Vector suma       | 4,37 | 5,30  | 7,00  |
| Vector Suma (-    | 0,2  | 0,17  | 0,143 |
| Vector Redondeado | 0,14 | 0,17  | 0,201 |

Peso de los factores

| F  | Wi   |     |      |
|----|------|-----|------|
| F1 | 0,19 | 0,3 | 0,35 |
| F2 | 0,07 | 0,1 | 0,17 |
| F3 | 0,07 | 0,1 | 0,18 |
| F4 | 0,07 | 0,1 | 0,15 |
| F5 | 0,3  | 0,4 | 0,55 |

Peso de cada factor normalizado

| F     | Mi  | Wi  |
|-------|-----|-----|
| F1    | 0,3 | 0,3 |
| F2    | 0,1 | 0,1 |
| F3    | 0,1 | 0,1 |
| F4    | 0,1 | 0,1 |
| F5    | 0,4 | 0,4 |
| TOTAL | 1   |     |

|     |
|-----|
| 1,4 |
| 0,6 |
| 0,6 |
| 0,5 |
| 2,2 |
| 5,4 |
| 5   |

|    |     |
|----|-----|
| CI | 0,1 |
| RI | 1,2 |

|    |      |
|----|------|
| CR | 0,08 |
|----|------|

| Nombre del Riesgo                          | Riesgos | Valoración | %     |
|--------------------------------------------|---------|------------|-------|
| Riesgo por contaminación de narcotráfico   | F5      | 0,402      | 40,19 |
| Riesgo por Rupturas en la cadena de frío   | F1      | 0,260      | 26,00 |
| Riesgo por paros, huelgas, manifestaciones | F3      | 0,118      | 11,77 |
| Riesgo por Desastres en las vías           | F2      | 0,116      | 11,63 |
| Riesgo por Demoras por inspecciones de las | F4      | 0,104      | 10,40 |