

# Gestión de riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass

## *Operational risks management in the primary transport of Hass avocado*

Marcela Cañas Osorio<sup>1</sup>, Alejandro Serna Grisales<sup>1</sup>, Vivian Lorena Chud Pantoja<sup>1</sup>✉, Juan Carlos Osorio Gómez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Sede Zarzal, Colombia

<sup>2</sup>Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Sede Cali, Colombia

### RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo presentar una propuesta para gestionar, identificar y priorizar los riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass. Dadas las condiciones de la industria frutícola y hortícola en Colombia, se busca gestionar las cadenas agro y reducir las pérdidas de alimentos. Se seleccionó el aguacate Hass por ser uno de los productos agrícolas con mayor acogida dinámica de crecimiento. Para lograr que la cadena de suministro sea más eficiente, es fundamental gestionar los riesgos operacionales, es decir, aquellos eventos inesperados que pueden afectar el desempeño de la cadena y que se asocian a las personas, equipos, procesos y algunos eventos externos. De esta manera, se identificaron los riesgos en cadenas hortofrutícolas con un enfoque de cuestionario, se seleccionaron los riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass en una región de Colombia mediante la matriz de probabilidad e impacto y se priorizaron con la aplicación del método Despliegue de la Función de Calidad Difuso. Los principales riesgos fueron fallas técnicas en los vehículos, flotas inapropiadas y malas prácticas en el cargue y descargue. Si bien el trabajo se orienta a una actividad específica dentro de la cadena del aguacate, puede extenderse a otros eslabones y cadenas agroalimentarias.

**PALABRAS CLAVE:** Aguacate Hass; gestión del riesgo en cadenas de suministro; QFD difuso.

### ABSTRACT

The objective of this research is to present a proposal to manage, identify and prioritize operational risks in the primary transportation of the Hass avocado. Given the conditions of the fruit and vegetable industry in Colombia, it seeks to manage agricultural chains and reduce food losses. The Hass avocado is selected, as it is one of the agricultural products with the greatest growth dynamics. To make the supply chain more efficient, it is essential to manage operational risks, that is, those unexpected events that can affect the performance of the chain and that are associated with people, equipment, processes, and some external events. In this way, the risks in fruit and vegetable chains were identified with a questionnaire approach, the operational risks in the primary transportation of the Hass avocado in a region of Colombia were selected through the probability and impact matrix and they were prioritized through the application of the Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) method. The main risks were technical failures in the vehicles, inappropriate fleets and bad practices in loading and unloading. Although the work is oriented to a specific activity within the avocado chain, it can be extended to other links and agri-food chains.

**KEYWORDS:** Hass avocado; supply chain risk management; fuzzy QFD.

#### Correspondencia:

**DESTINATARIO:** Vivian Lorena Chud Pantoja.

**INSTITUCIÓN:** Universidad del Valle, Sede Zarzal.

**DIRECCIÓN:** Calle 14 n.º 7-134, Barrio Bolívar, Zarzal, Colombia.

**CORREO ELECTRÓNICO:** vivian.chud@correounivalle.edu.co

**Fecha de recepción:** 31 de julio de 2023. **Fecha de aceptación:** 15 de agosto de 2023. **Fecha de publicación:** 31 de agosto de 2023.



## I. INTRODUCCIÓN

Una cadena de suministro consta de dos o más organizaciones legalmente separadas que están conectadas por flujos de materiales, de información y financieros [1] que requieren que el flujo de materiales sea eficiente mediante el adecuado funcionamiento de todos los procesos, sin embargo, existen algunos eventos que pueden producir alteraciones en la cadena que reciben el nombre de *riesgos* y que pueden afectar las actividades o el funcionamiento de las operaciones de esta. Aunque existen diferentes tipos de riesgos en la cadena de suministro [2], esta investigación se centró en los *riesgos operacionales*, catalogados como 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 [3], generando impactos negativos en el desempeño de la cadena de suministro.

De esta manera, la gestión del riesgo se ha convertido en la clave para evitar las pérdidas de los negocios [4]. En el contexto de la gestión del riesgo en las cadenas de suministro (SCRM, por sus siglas en inglés) los eventos son caracterizados por su probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias relacionadas dentro de la cadena [5]. Se considera que el riesgo de la cadena de suministro es la pérdida potencial en términos de sus valores objetivo de eficiencia y eficacia, debido a la evolución incierta de las características de la cadena cuando ocurren eventos detonantes [5].

Se ha identificado que las cadenas de suministros de alimentos y las hortofrutícolas tienen una prioridad en la gestión de los riesgos, dado que el impacto por los riesgos operacionales puede afectar toneladas de alimentos que dejan de ser consumidos por la población y además generan impactos ambientales y económicos. Por ejemplo, de acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación, Colombia tiene una oferta disponible de alimentos para consumo humano de 28 millones de toneladas al año [6], sin embargo, no es aprovechada en su totalidad, pues a lo largo de la cadena alimentaria se generan pérdidas y desperdicios. Según este mismo departamento, en el país se pierden y se desperdician un total de 9.76 millones de toneladas, lo cual equivale al 34 % del total de las producidas [6]. En otras palabras, por cada 3 toneladas de producción se pierde o se desperdicia una tonelada y las frutas y verduras representan un 58 % de esos desperdicios. De acuerdo al Ministerio de

Salud y la FAO [7], en Colombia se desperdicia el 39 % total de la oferta de frutas y verduras en postcosecha. De esta pérdida, y conforme al Departamento Nacional de Planeación, el 32 % correspondía a frutas (1154 923 toneladas) y el 7 % a verduras (272.009 toneladas) [6]. La mayoría de los productos perecederos son difíciles de asegurar, por lo que se necesitan unas ciertas condiciones técnicas de transporte y almacenamiento [8].

De esta manera, la industria frutícola y hortícola en Colombia tiene una “gran oportunidad de desarrollo debido a las condiciones especiales que se prestan para que su proceso de cosecha sea altamente efectivo” [9]. Actualmente, uno de los productos agrícolas con gran acogida es el aguacate Hass, ya que es la variedad que más se comercializa en el mundo y la que presenta mayor dinámica de crecimiento [10].

Aunque Colombia se considera un actor nuevo en el mercado mundial de aguacate, sus compradores se concentran en el mercado europeo [11]. La industria del aguacate en Colombia viene presentando una dinámica de crecimiento muy importante [12]: es el tercer frutal en importancia dentro del agro nacional. En el *ranking* mundial del aguacate, Colombia es el cuarto país productor y el tercero en términos de área cosechada, con una participación del 6 % del área mundial y el área sembrada en aguacates aumentó cerca del 49 % en los últimos cuatro años, lo que evidencia un interés por consolidar el cultivo y cosecha del aguacate en la oferta productiva agrícola del país debido a la demanda del producto en los mercados internacionales [13].

Es necesario que las cadenas de suministro sean cada vez más eficientes, como lo es el caso del aguacate Hass en Colombia, para lo cual se deben tener en cuenta algunas consideraciones en la gestión de sus riesgos operacionales. Es así, como se recomiendan a las empresas implementar un marco de trabajo encaminado a la debida gestión de los riesgos a lo largo de las cadenas de suministro agrícola [14], donde se establezcan sistemas sólidos de gestión empresarial para que se identifiquen, evalúen y prioricen los riesgos en la cadena y se diseñen estrategias para responder a los riesgos. Asimismo, se ha propuesto como una de las medidas para la reducción de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA) promover la mejora de las infraestructuras, particularmente el transporte, la energía y las instalaciones del mercado, buscando generar acciones de concientización en estos sectores [14].

Por lo anterior, se considera que la cadena de suministro del aguacate Hass tiene una pérdida potencial, ya que sigue siendo un desafío cumplir con las expectativas de los consumidores en términos de calidad de la fruta después de la cosecha. Los defectos internos que afectan al aguacate representan más del 10 % de esta, lo cual causa una considerable insatisfacción del consumidor e impactan negativamente las intenciones de compra repetidas [15]. Dichos defectos a menudo son consecuencia de la infraestructura, tecnología, transporte, refrigeración y empaque deficientes [16], así como de la falta de relaciones de colaboración entre los segmentos clave del mercado [17].

De esta manera, esta investigación se centró en proponer una metodología para gestionar los riesgos en el transporte primario del aguacate Hass, de tal forma que sirva para definir acciones para minimizar o eliminar de los riesgos operacionales priorizados. A continuación, se presentan los principales conceptos sobre gestión del riesgo.

## II. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para la priorización de los riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass consta de tres fases: 1) caracterizar la cadena productiva del aguacate Hass y definir los riesgos operacionales en el transporte, 2) clasificar y priorizar los riesgos y 3) definir las alternativas de mitigación de los principales riesgos. En la Figura 1 se observa un esquema de la metodología propuesta.

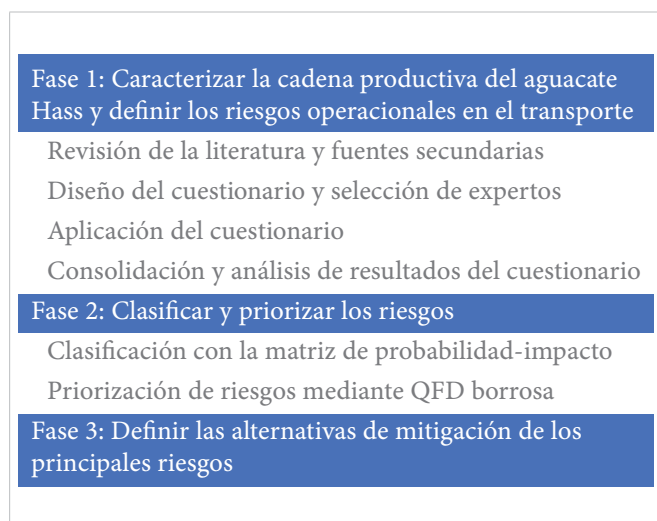


Figura 1. Metodología para priorizar los riesgos operacionales en el transporte primario de aguacate Hass.

En la primera fase se realizó una revisión de la literatura para recolectar los datos históricos de los riesgos presentes en la cadena y posteriormente establecer riesgos operacionales asociados al transporte primario del aguacate Hass, a través del diseño y realización de cuestionarios que involucró a expertos del sector y en gestión del riesgo.

En la fase 2 se clasificaron los riesgos identificados a partir de una matriz de probabilidad-impacto para definir los riesgos críticos. Después, se aplicó la herramienta multicriterio denominada Despliegue de la Función de Calidad Difuso (FQFD-Fuzzy Quality Function Deployment) para priorizar los riesgos identificados.

Una vez que se identificaron los riesgos operacionales con su respectiva probabilidad de ocurrencia e impacto, se realizó la matriz de probabilidad-impacto, donde el eje vertical fue la probabilidad de ocurrencia (P. O.) y el horizontal la magnitud del impacto (M. I.) en un plano cartesiano cuya intersección del eje de las abscisas con las ordenadas equivale a cero.

En la matriz se ubicó cada uno de los riesgos y posteriormente se clasificaron de acuerdo en la zona en que se localizaron. Se manejó un código de colores en la matriz, donde las zonas roja y naranja son críticas, las amarillas medias y las verdes no relevantes.

Los pasos para aplicar la FQFD (o QFD difuso) fueron identificar las variables internas *qués*, determinar la importancia relativa para los *qués*; identificar los objetivos estratégicos o *cómos*; determinar el puntaje de correlación entre los *qués* y los *cómos*; asignar el peso a cada *cómo*, determinar los impactos de los riesgos sobre los objetivos estratégicos y priorizar los riesgos.

Esta metodología ha sido utilizada para priorizar riesgos en otros sectores, como la industria farmacéutica, por ejemplo [15], [16].

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### FASE 1. RIESGOS OPERACIONALES EN EL TRANSPORTE PRIMARIO

La Tabla 1 enlista 18 riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass encontrados mediante una revisión de la literatura y, además, muestra las referencias correspondientes.

TABLA 1  
RIESGOS OPERACIONALES EN EL TRANSPORTE PRIMARIO DEL AGUACATE HASS SEGÚN LA REVISIÓN DE LITERATURA

No.	RIESGO	AUTORES
1	Control inadecuado de la temperatura del vehículo: Mal funcionamiento o falla en el equipo regulador de la temperatura del vehículo	[17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25]
2	Huelgas, paros, manifestaciones: Eventos que se puedan presentar en las vías de transporte	[23], [26]
3	Vías en mal estado	[23], [24], [27]
4	Prácticas, condiciones o equipos inapropiados para el cargue y descargue	[23], [24], [27]
5	Fallas técnicas de los vehículos	[23], [24]
6	Flota inapropiada: Vehículos que no cumplan con las BPM para el transporte de alimentos	[23], [24], [28]
7	Embalaje de los productos deficiente	[23], [24]
8	Contaminación cruzada: Por condiciones higiénicas inadecuadas de vehículos contaminados, herramientas utilizadas en el cargue, descargue y transporte de los vehículos y por parte del personal	[18], [22], [23], [24]
9	Delitos, robos y actos terroristas	[23], [24], [29], [30]
10	Deficientes controles de plagas en unidades de transporte	[23], [24]
11	Variación en los costos del transporte	[23], [24]
12	Falta de trazabilidad de los productos durante el transporte	[23], [24]
13	Problemas de documentación del vehículo	[23], [24]
14	Mala comunicación entre el dueño de la carga y el transportador que hace que se dirija al destino equivocado	[23], [24]
15	Daños mecánicos o lesiones al aguacate (cortes, rasguños, abrasiones, impactos y compresión): Durante el cargue, transporte y descargue	[31], [32], [33]
16	Agotamiento del material para embalaje y transporte: por ejemplo, cajas, canastas, estibas y sacos para el embalaje	[22]
17	Falta de comprensión y/o conocimiento de las operaciones, durante el cargue, descargue. Impericia de los conductores	[22], [23], [24], [26], [27]
18	Contaminación biológica: Por excrementos de roedores o insectos en los vehículos, cajas o recipientes para transportar el aguacate	[22]

\* BPM: Buenas Prácticas de Manufactura.

### DISEÑO Y APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO

Se diseñó un cuestionario digital en el que cada riesgo operacional identificado en la literatura tenía tres preguntas: ¿aplica como riesgo operacional?, ¿cuál es la probabilidad de ocurrencia? y ¿cuál es la magnitud

de impacto? La escala para valorar la ocurrencia y el impacto fue: muy bajo (1), bajo (2), medio (3), alto (4) y muy alto (5).

Para calcular los valores de probabilidad de ocurrencia y magnitud del impacto se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$P. O. = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N_i} * \%N_i \quad (1)$$

donde  $x_i$  es la respuesta de la probabilidad de ocurrencia dada por el encuestado \* peso asignado,  $N_i$  el número de encuestados para los cuales el riesgo aplica y  $N$  el número total de encuestados.

$$M. I. = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N_i} * \%N_i \quad (2)$$

donde  $x_i$  es la respuesta de la magnitud de impacto dada por el encuestado \* peso asignado,  $N_i$  es el número de encuestados para los cuales el riesgo aplica y  $N$  es el número total de encuestados.

En la **Tabla 2** se presentan los riesgos, la probabilidad de ocurrencia y el impacto. Se puede inferir entonces que son factores biológicos los que afectan la calidad del producto y son factores externos los que afectan el transporte primario.

La selección de los expertos se basó en contactar personas relacionadas estrechamente con el transporte primario en la cadena del aguacate Hass, entre los cuales predominaron productores y transportadores. Se tuvo en cuenta a los productores para el caso de estudio, ya que se identificó que la mayoría de estos son quienes realizan el transporte hacia los Centros de Distribución Logística (CEDI) o líneas de empaque.

### FASE 2. CLASIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LOS RIESGOS OPERACIONALES EN EL TRANSPORTE PRIMARIO

#### Matriz de probabilidad e impacto

En la **Figura 2** se presenta la matriz de probabilidad-impacto de los riesgos identificados, que se ubicaron de acuerdo con la valoración que presentan en la probabilidad de ocurrencia y magnitud de impacto dada por los expertos. De acuerdo con estos resultados, los riesgos más importantes para los expertos son R2, R3, R4, R5, R6, R8, R15, R18. Sobre estos riesgos se enfocó la actividad de priorización con la metodología QFD difuso.

TABLA 2  
RIESGOS IDENTIFICADOS EN EL TRANSPORTE DEL AGUACATE, OCURRENCIA E IMPACTO

NÚM. DE OPERARIO Y OPERACIONES	RIESGO	% APLICACIÓN	P. O.	M. I.
R2	Huelgas, paros, manifestaciones	100	3.00	4.33
R3	Vías en mal estado	100	2.89	3.89
R5	Fallas técnicas de los vehículos	100	2.44	4.22
R8	Contaminación cruzada	100	2.44	4.89
R15	Daños mecánicos o lesiones al aguacate (cortes, rasguños, abrasiones, impactos y compresión)	100	2.78	4.67
R18	Contaminación biológica	100	2.22	4.78
R4	Prácticas, condiciones o equipos inapropiados para el cargue y descargue	89	2.22	3.67
R6	Flota inapropiada	89	2.78	4.00
R10	Deficientes controles de plagas en unidades de transporte	89	1.67	4.00
R11	Variación en los costos del transporte	89	1.67	2.22
R7	Embalaje de los productos deficiente	78	1.78	3.33
R12	Falta de trazabilidad de los productos durante el transporte	78	1.56	2.22
R13	Problemas con la documentación del vehículo	78	1.22	2.22
R16	Agotamiento del material para embalaje y transporte	78	1.89	3,11
R17	Falta de comprensión y/o conocimiento de las operaciones	78	1.56	3.11
R9	Delitos, robos y actos terroristas	67	1.44	2.56
R14	Mala comunicación entre el dueño de la carga y el transportador que hace que se dirija al destino equivocado	67	0.89	2.67
R1	Control inadecuado de la temperatura del vehículo	56	1.67	2.44

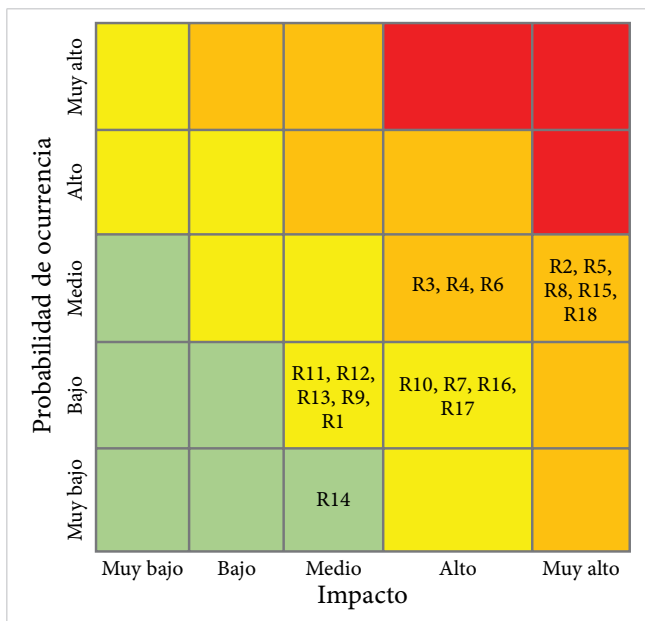


Figura 2. Matriz de P. O. y M. I. de los riesgos presentes en el transporte primario del aguacate Hass.

*QFD difuso*

Una vez aplicada la metodología QFD difuso se obtuvieron los riesgos priorizados según los valores del Índice de Prioridad de Riesgo Final (IPRF), que sirven

para determinar la prioridad al ser valores no difusos, donde el número mayor obtenido hace referencia a un riesgo prioritario. Además, una ventaja del FQFD es que permite determinar los límites de acuerdo con la perspectiva de la compañía, estableciéndose valores para los riesgos bajos, medios y altos y, de esta manera, tener claro sobre cuáles enfocar acciones de mitigación o eliminación de estos.

En los resultados presentados en la [Tabla 3](#) se muestran tres riesgos en el intervalo entre medio y alto, es decir, que de acuerdo con la metodología desarrollada estos deben ser los primeros en los cuales enfocar las acciones orientadas hacia la mitigación o eliminación de estos.

Además, es interesante ver que los riesgos R5 y R6 están relacionados directamente con los vehículos utilizados para transportar aguacate y el R4 con el cargue y los equipos de este proceso, lo que permite concluir que las acciones quedan en manos directas de los encargados del transporte del aguacate y no depende de terceros, como sí pueden ser las acciones asociadas al riesgo R15, que se encuentra en el siguiente intervalo y que al momento no se considera crítico para el proceso.



TABLA 3  
RESULTADO FINAL DE PRIORIZACIÓN DE RIESGOS

RIESGOS	ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO (IPR)			IPR FINAL
Alto				226
R5. Fallas técnicas en los vehículos	92	174	286	181
R6. Flota inapropiada	93	169	278	177
R4. Prácticas, condiciones o equipos inapropiados para el cargue y descargue	85	158	263	166
Medio				
R15. Vías en mal estado	79	149	250	157
R3. Daños mecánicos o lesiones al aguacate (cortes, rasguños, abrasiones, impactos y compresión)	77	146	247	154
R8. Contaminación cruzada	64	124	216	132
R18. Contaminación biológica	62	120	210	128
R2. Huelgas, paros, manifestaciones	59	120	211	127

#### IV. CONCLUSIONES

La identificación y priorización de los riesgos operacionales en el transporte primario del aguacate Hass permite dar a conocer los riesgos que impactan en esta cadena de suministro, de manera tal que los agentes involucrados en el transporte puedan aplicar acciones orientadas a la mitigación para reducir así daños y desperdicios del aguacate Hass que se ven reflejados en pérdidas económicas y en defectos de no calidad.

Mediante la herramienta metodológica FQFD se logró dar una valoración y priorización de los riesgos más relevantes en el transporte primario del aguacate Hass en el norte del Valle del Cauca, junto con la valiosa ayuda y experiencia de nueve expertos del sector mencionado, quienes atendieron las encuestas y preguntas para poder realizar el proceso de priorización de los riesgos y la utilización de la herramienta metodológica.

Los daños causados al fruto por las malas prácticas en el cargue y descargue son algunas de las falencias que se presentan en el proceso de transporte posiblemente por la falta de inversión en instrumentos que reduzcan la manipulación manual y en materiales de empaque apropiados que disminuyan la vibración del fruto e impidan que el fruto reciba golpes.

Los otros riesgos identificados, valorados y priorizados fueron las fallas técnicas de los vehículos y la utilización de flotas inapropiadas utilizadas para el transporte del aguacate. Esto se debe principalmente a la falta de organización y utilización de listas de chequeo y verificación de los vehículos que permitan identificar fallas que deberían ser avisadas con tiempo para evitar demoras, desperdicios y costos. También, se recomienda realizar mantenimientos periódicos que deben quedar registrados para llevar un mejor control de los vehículos. En el caso del riesgo por utilizar flotas inapropiadas, se recomienda hacer las adecuaciones necesarias a los vehículos para garantizar el adecuado transporte de los aguacates y así evitar contratiempos, daños al producto y desmejorar la calidad o, en su defecto, se sugiere hacer inversiones en nuevos vehículos idóneos para realizar un mejor transporte del aguacate Hass con el fin de mantener la calidad y eficiencia en este proceso.

#### REFERENCIAS

- [1] H. Stadler y C. Kilger, *Supply chain management and advanced planning. Concepts, models, software, and case studies*, 4.ª ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-74512-9.
- [2] C. S. Tang, “Perspectives in supply chain risk management”, *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 103, no. 2, pp. 451-488, oct. 2006, doi: 10.1016/J.IJPE.2005.12.006.
- [3] C. Bolance, M. Guillén, J. Gustafsson y J. P. Nielsen, *Quantitative Operational Risk Models*. CRC Press, 2023.
- [4] J. C. Osorio, D. F. Manotas y L. Rivera, “Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística - 3PL”, *Inf. Tecnol.*, vol. 28, no. 4, pp. 135-144, 2017, doi: 10.4067/S0718-07642017000400016.
- [5] I. Heckmann, T. Comes y S. Nickel, “A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling”, *Omega*, vol. 52, pp. 119-132, abr. 2015, doi: 10.1016/J.OMEGA.2014.10.004.
- [6] Departamento Nacional de Planeación, “Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia”, Bogotá, Colombia, vol. 39, p. 116, 2016.
- [7] S. Salcedo y L. Guzmán, eds., *Agricultura familiar en América Latina y El Caribe: Recomendaciones de política*. Santiago, Chile: FAO, 2014.

- [8] Y. Huang, “Based on the Supply Chain of Agricultural Products Logistics Operational Risk Assessment and Avoid”, en *Proc. - 2015 7th Int. Conf. Meas. Technol. Mechatronics Autom. ICMTMA 2015*, sept. 2015, pp. 246-254, doi: [10.1109/ICMTMA.2015.67](https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2015.67).
- [9] M. M. Martínez y J. C. Quintero, “Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia”, 4.º *Congr. Int. AmITIC 2017*, Popayán, Colombia, sept. 6-8, 2017.
- [10] Agronet, “Colombia está cada vez más cerca de lograr exportación de aguacate Hass a EE. UU.”, *Agronet.gov*, jun. 23, 2016. [En línea]. Disponible en: [www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Colombia-está-cada-vez-más-cerca-de-lograr-exportación-de-aguacate-hass-a-EE-UU---24-de-junio-de-2016.aspx](http://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Colombia-está-cada-vez-más-cerca-de-lograr-exportación-de-aguacate-hass-a-EE-UU---24-de-junio-de-2016.aspx)
- [11] A. Iragorri, “Organización de cadena productiva del aguacate”, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia, dic. 2015. [En línea]. Disponible en: [sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2015-12-30 Cifras Sectoriales.pdf](http://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2015-12-30 Cifras Sectoriales.pdf)
- [12] A. E. Mejía, “Perspectivas del aguacate Hass en Colombia”, Corpohass, Colombia, 2015. [En línea]. Disponible en: [www.avocadosource.com/wac8/section\\_07/mejiahernandezae2015.pdf](http://www.avocadosource.com/wac8/section_07/mejiahernandezae2015.pdf)
- [13] Minagricultura, “Cadena de aguacate. Indicadores e Instrumentos”, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Agricultura, Colombia, oct. 2018. [En línea]. Disponible en: [sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-10-30 Cifras Sectoriales.pdf](http://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-10-30 Cifras Sectoriales.pdf)
- [14] OECD/FAO, *Guía OCDE-FAO para las cadenas de suministro responsable en el sector agrícola*. París: OECD Publishing, 2017, doi: [10.1787/9789264261358-es](https://doi.org/10.1787/9789264261358-es).
- [15] M. Mazhar, D. Joyce, P. Hofman y N. Vu, “Factors contributing to increased bruise expression in avocado (*Persea americana* M.) cv. ‘Hass’ fruit”, *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 143, pp. 58-67, sept. 2018, doi: [10.1016/j.postharvbio.2018.04.015](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.04.015).
- [16] J. Gustavsson, C. Cederberg, U. Sonesson y R. O.k A. Meybeck, *Global food losses and food waste: Extent, causes and Prevention*, Roma: FAO, 2011.
- [17] C. Arias y E. H. M. Moors, “Reducing post-harvest food losses through innovative collaboration: Insights from the Colombian and Mexican avocado supply chains”, *J. Clean. Prod.*, vol. 199, pp. 1020-1034, oct. 2018, doi: [10.1016/j.jclepro.2018.06.187](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.187).
- [18] J. C. Osorio y K. Torres, “Operational risk management in the pharmaceutical supply chain using ontologies and fuzzy QFD”, *Procedia Manuf.*, vol. 51, no. 2019, pp. 1673–1679, 2020, doi: [10.1016/j.promfg.2020.10.233](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.233).
- [19] M. Bill, D. Sivakumar, A. K. Thompson y L. Korsten, “Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain”, *Food Rev. Int.*, vol. 30, no. 3, pp. 169-202, 2014, doi: [10.1080/87559129.2014.907304](https://doi.org/10.1080/87559129.2014.907304).
- [20] D. L. Milne, “Avocado quality assurance: Who? Where? When? How?”, *SAAGA*, vol. 21, pp. 39-47, 1998. [En línea]. Disponible en: [www.avocadosource.com/Journals/SAAGA/SAAGA\\_1998/SAAGA\\_1998\\_PG\\_039-047.pdf](http://www.avocadosource.com/Journals/SAAGA/SAAGA_1998/SAAGA_1998_PG_039-047.pdf)
- [21] G. J. Eksteen, J. Bezuidenhout, B. Suter, R. Robinson, N. Ray y S. A. Rowe, “The Effect of Preshipment Factors on the Market Quality of Fuerte Avocados 1996 Season”, *SAAGA*, vol. 20, pp. 93-96, 1997.
- [22] Procolombia, *El mercado del aguacate en Estados Unidos 2017*. Gobierno de Colombia, 2017.
- [23] L. Dorantes, L. Parada y A. Ortiz, *AVOCADO: Post-harvest operations*. Roma: FAO, 2004.
- [24] Y. A. Cuero, “Propuesta metodológica de gestión de riesgos para una línea de empaque de aguacate Hass en el Valle del Cauca”, tesis de pregrado, Univ. del Valle, Zarzal, Colombia, 2019.
- [25] J. C. Osorio, D. F. Manotas y L. Rivera, “Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística-3PL”, *Inf. Tecnol.*, vol. 28, no. 4, pp. 135-144, 2017, doi: [10.4067/S0718-07642017000400016](https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400016).
- [26] A. Agredo y D. M. Vargas, “Priorización de riesgo operacional en el transporte tercerizado de frutas y verduras en el valle del cauca”, tesis de pregrado, Univ. del Valle, Zarzal, Colombia, 2017.
- [27] L. L. Vorster, J. C. Toerien y J. J. Bezuidenhout, “Temperature management of avocados — An integrat-

ed approach”, SAAGA, vol.13, pp. 43-46, 1990.

- [28] E. A. Silva de Lima, F. R. Farias, L. Gondim de Almeida y A. O. Girão de Almeida, “Riscos logísticos na distribuição de hortifrúti”, *Gestão e Desenvolvimento*, vol. 14, no. 1, pp. 114-127, 2017.
- [29] “Cadena del Aguacate en Antioquia”, Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2012. [En línea]. Disponible en: [www.camaramedellin.com.co/Portals/0/Biblioteca/Estudios-economicos/cadenas-productivas-regionales/1\\_Aguacates\\_Oct19.pdf](http://www.camaramedellin.com.co/Portals/0/Biblioteca/Estudios-economicos/cadenas-productivas-regionales/1_Aguacates_Oct19.pdf)
- [30] J. A. Herrera, E. Venegas y L. Madrigal, “Proporciones de daños mecánicos y su efecto en calidad postcosecha de aguacate ‘hass’”, *Remexca*, no. 19, esp., 2017, pp. 3897-3909, dic. 2017, doi: 10.29312/remexca.v0i19.659.
- [31] E. Cerruto, C. Aglieco, K. Gottschalk, J. Surdilovic, G. Manetto y M. Geyer, “FEM analysis of effects of mechanical impact parameters on fruit characteristics”, *Int. Agric. Eng. J.*, vol. 17, no. 3, pp. 430-440, 2015.
- [32] U. L. Opara y P. B. Pathare, “Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce — A review”, *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 91, pp. 9-24, 2014, doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.12.009.
- [33] R. Polat, T. Aktas y A. Ikinci, “Selected Mechanical Properties and Bruise Susceptibility of Nectarine Fruit”, *Int. J. Food Prop.*, vol. 15, no. 6, 2012, doi: 10.1080/10942912.2010.498546.

### RECONOCIMIENTOS

Se expresan los agradecimientos a la Universidad del Valle, Colombia, por el apoyo para el desarrollo de estas investigaciones que aportan en la formación de los estudiantes de Ingeniería Industrial.