

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Evaluación del manejo postcosecha y logística de la mora
(*Rubus ulmifolius*) de exportación para el desarrollo de
propuestas de mejora para la reducción de pérdidas en la
cadena de suministro**

Trabajo de graduación presentado por Maryelin Yussely
Obregón Santos para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Evaluación del manejo postcosecha y logística de la mora
(*Rubus ulmifolius*) de exportación para el desarrollo de
propuestas de mejora para la reducción de pérdidas en la
cadena de suministro**

Trabajo de graduación presentado por Maryelin Yussely
Obregón Santos para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2021

Vo. Bo.

Firma:

(Ing. M.A. Guillermo Callén Álvarez Asesor)

Tribunal examinador:

Firma:

(MSc. Ana Silvia Colmenares Samayoa de Ruiz)

Firma:

(Ing. M.A. Guillermo Callén Álvarez Asesor)

(Ing. MSc. Ana Alicia Paz)

Firma: _____

Fecha de aprobación del examen de graduación

Guatemala 15 de febrero de 2021

Prefacio

El motivo principal de este trabajo de investigación fue poder identificar las oportunidades de mejora en la cadena de suministro de mora de exportación en Guatemala. Con el objetivo de disminuir la merma de este producto y rechazo en el mercado extranjero, con dichas propuestas de mejora se espera que Guatemala sea un exportador de moras más competente y pueda incrementar su participación de mercado en el extranjero.

Este trabajo deber verse como un complemento de otros estudios realizados anteriormente y como una referencia para futuras investigaciones y aplicaciones.

Por otro lado, doy gracias a Dios por darme la bendición de estudiar y permitirme culminar esta gran etapa de mi vida, de la cual me siento muy dichosa y orgullosa. También, le doy gracias a mis padres Carlos Obregón y Belsy Santos por sus esfuerzos, apoyo, amor y por motivarme a seguir adelante y cumplir mis metas. Asimismo, le doy gracias a mis hermanos, tíos y a mis abuelos por su apoyo en todo momento, sus bendiciones y su gran ejemplo.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo, amistad y experiencias que compartimos juntos durante estos años. También, quiero agradecer al ingeniero Guillermo Callén y a la ingeniera Ana Paz por asesorarme en este trabajo, compartirme de su conocimiento y darme sus recomendaciones de mejora. Por último, a mi directora de carrera Ana Silvia Colmenares y a mis docentes de la carrera por sus enseñanzas y su gran ayuda en este trabajo de investigación

Contenido

Prefacio	i
Lista de cuadros	iii
Lista de figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	5
4. Objetivos	6
4.1. Objetivo general	6
4.2. Objetivos específicos	6
5. Marco teórico	7
5.1. Mora Rubus Ulmifolius	7
5.2. Requerimiento de cultivo	7
5.3. Cosecha y postcosecha	10
5.4. Cadena de frío	12
5.5. Logística	15
5.6. Trazabilidad	15
6. Metodología	19
6.1. Diseño	19
6.2. Fase I: Recolección de datos	19
6.3. Fase II: Etapa de análisis y diagnóstico	20
6.4. Fase III: Etapa de validación	20
7. Resultados y discusión	21
7.1. Mapeo del proceso actual de la mora	21
7.2. Exportación del producto	25
7.3. Identificación de causas de pérdida de producto	27
7.4. Propuestas de mejora	32
7.4.1. Mapeo de propuesta de mejora	32
7.4.2. Sistema de preenfriamiento	35
7.4.3. Transporte frigorífico	42
7.4.4. Evaluación de tiempos de proceso	45
7.4.5. Comparación de la pérdida postcosecha de mora	46
8. Trazabilidad	48
9. Conclusiones	59
10. Recomendaciones	60
11. Bibliografía	61
12. Anexos	66

Lista de cuadros

Cuadro 1. Composición nutricional de 100g de mora	7
Cuadro 2. Diagrama de análisis del proceso actual de la mora y los actores de la cadena de suministro.	24
Cuadro 3. Capacidad e información del empaque primario y secundario	26
Cuadro 4. Especificaciones del pallet americano (estándar)	26
Cuadro 5. Especificaciones del pallet con mora	26
Cuadro 6. Defectos por los cuales se rechaza la mora	27
Cuadro 7. Pérdida y razones de rechazo de la mora en la cadena de suministro	29
Cuadro 8. Ponderación de las debilidades en la cadena de suministro de la mora para el análisis de Pareto	31
Cuadro 9. Diagrama de análisis de la propuesta de la cadena de suministro de la mora	34
Cuadro 10. Características del lote de mora sin empaque a enfriar	35
Cuadro 11. Característica del material de empaque de un lote de mora a enfriar	35
Cuadro 12. Resumen de cálculo de cargas térmicas para el sistema de preenfriamiento	36
Cuadro 13. Condiciones de operación de del túnel de enfriamiento para 10 pallets	37
Cuadro 14. Condiciones de operación del compresor	37
Cuadro 15. Condiciones de operación del evaporador	37
Cuadro 16. Características del contenedor de temperatura regulable IATA RMP	44
Cuadro 17. Comparación de tiempos de procesos realizados por la agroexportadora	45
Cuadro 18. Pérdidas económicas por falta de implementación de una cadena de frío	47
Cuadro 19. Ingresos económicos con una cadena de frío eficiente	47
Cuadro 20. Comparativa de ingresos de la exportadora con cadena de frío ineficiente y cadena de frío eficiente	48
Cuadro 21. Cadena de suministro de la mora que debe tener documentación de trazabilidad para la exportación	49
Cuadro 22. Documentación para la producción primaria para productor	50
Cuadro 23. Documentación para la producción primaria para cosecha	51
Cuadro 24. Documentación para el transporte primario	52

Cuadro 25. Documentación para la planta de acondicionamiento y embalaje	53
Cuadro 26. Documentación para transporte a almacén	54
Cuadro 27. Documentación para transporte para exportación	55
Cuadro 28. Documentación para exportación	56
Cuadro 29. Documentación para el almacén y transporte del importador	57
Cuadro 30. Documentación para el almacén del vendedor a detalle	58
Cuadro 31. Documentación de compra por el consumidor	58

Lista de figuras

Figura 1. Cultivo de mora en San José Poaquíl Chimaltenango, Guatemala	8
Figura 2. Plagas en cultivos de mora	9
Figura 3. Enfermedades en cultivo de mora	9
Figura 4. Cosecha de mora en fincas ubicadas en San José Poaquíl Chimaltenango, Guatemala	10
Figura 5. Selección, empaque y almacenamiento de moras en fincas ubicadas en San José Poaquíl Chimaltenango, Guatemala	11
Figura 6. Procesos que intervienen en la cadena de frío	12
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso actual de la mora	22
Figura 8. Empaque primario de las moras, clamshell de 6 onzas	25
Figura 9. Empaque secundario de las moras, caja de cartón (flat) con capacidad de 12 clamshells de 6 onzas	25
Figura 10. Empaque terciario de los pallets de moras, aislante térmico	26
Figura 11. Diagrama Ishikawa de causa y efecto de la pérdida de mora en la cadena de suministro	30
Figura 12. Pareto de la cadena de suministro de la mora	31
Figura 13. Diagrama de flujo de la propuesta de mejora de la mora	33
Figura 14. Plano del túnel californiano para 10 Pallets	38
Figura 15. Ventilador del túnel californiano de 15 kW	39
Figura 16. Vista lateral y circulación de aire del túnel californiano	39
Figura 17. Vista frontal del túnel californiano.....	40
Figura 18. Sistema de lonas y colchonetas del túnel californiano	40
Figura 19. Vista de fondo del túnel californiano y colocación de lonas para la inversión de aire	41
Figura 20. Inversión del aire en el túnel californiano	41
Figura 21. Sensores termometría	42
Figura 22. Flujo de aire en contenedor frigorífico	42
Figura 23. Transporte frigorífico para la recolección de fruta en fincas	43
Figura 24. Contenedor de temperatura regulable IATA RMP.....	44
Figura 25. Importaciones estadounidenses de moras frescas por volumen (1000 lb)	46
Figura 26. Precio promedio anual de flats de mora de 12 clamshell importados por Estados Unidos	46

Resumen

Guatemala es un país productor y exportador de moras frescas donde su principal exportación se dirige hacia Estados Unidos. Este mercado es exigente con la calidad y origen de la fruta y si esta no cumple con los requerimientos es rechazada. Por ello, el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el manejo postcosecha y logística de mora para exportación y desarrollar propuestas de mejora a la cadena de suministro mora para exportadores de Guatemala.

Para el cumplimiento del objetivo se realizaron visitas a las fincas de cultivo de mora ubicada en San José Poaquíl en el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Asimismo, se realizó una visita a la planta y exportadora de moras también ubicada en Chimaltenango. Dichas visitas se realizaron con la finalidad de conocer el proceso y cadena de suministro de la mora, los principales actores e información de trazabilidad necesaria para la exportación de este producto.

Además, se realizaron entrevistas a los principales actores de la cadena de suministro. Estas actividades permitieron identificar las oportunidades de mejora en el proceso en el cual la mora de exportación es sometida. Como principales resultados se determinó deficiencias en la cadena de frío, lo cual ocasiona una pérdida postcosecha y rechazo de producto del 32.0%, ya que la cadena de frío es necesaria para garantizar la calidad y vida útil del producto.

Para disminuir estas pérdidas postcosecha se propuso una mejora principalmente en la cadena de frío a una temperatura de 4.0°C, la cual incluye: la implementación un sistema de preenfriamiento de aire forzado, transporte terrestre frigorífico e implementar contenedores con temperatura regulable en transporte aéreo. Estas propuestas permiten que el producto mantenga una temperatura constante, evitando que la temperatura incremente y dañe el producto. Al lograr una cadena de frío eficiente la pérdida y rechazo disminuye a un 6.5 %.

Por otra parte, se determinó documentación de trazabilidad que Global G.A.P solicita para la exportación del producto. Esta documentación permite tener un control de la fruta a lo largo de la cadena de suministro y una mayor productividad. Además, países extranjeros exigen dicha documentación para garantizar el origen e inocuidad del producto que ingresa a su país, la cual debe estar actualizada para cada exportación que se realice.

Las recomendaciones de este estudio fueron: que cada exportadora de moras realice una auditoría de Global G.A.P en las diferentes instalaciones donde se procese y/o distribuye el producto, así como, la evaluación de cumplimiento con la legislación sobre inocuidad alimentaria e higiene apropiada. Realizar dicha auditoría permitirá realizar un mejor diagnóstico del exportador y cadena de la cadena de valor. En general, una buena cadena de frío con una temperatura constante y una trazabilidad en el producto permite ser más competitivo en el mercado extranjero, cumplir con los requisitos de este y disminuir la pérdida y rechazo.

Abstract

Guatemala is a producer and exporter of fresh blackberries where its main export goes to the United States. This market is demanding with the quality and origin of the fruit and if it does not meet the requirements it is rejected. Therefore, the main objective of this work was to evaluate the postharvest handling and logistics of blackberry for export and develop proposals to improve the blackberry supply chain for exporters from Guatemala.

To achieve the objective, visits were made to the blackberry farms located in San José Poaquíl in the department of Chimaltenango, Guatemala. Likewise, a visit was made to the blackberry plant and exporter also located in Chimaltenango. These visits were carried out in order to cook the blackberry supply chain and process, the main actors, and the necessary traceability information for the export of this product.

In addition, interviews were conducted with the main actors in the supply chain. These activities made it possible to identify opportunities for improvement in the process in which the export default is submitted. The main results were deficiencies in the cold chain, which causes a postharvest loss and product rejection of 32.0% since the cold chain is necessary to guarantee the quality and useful life of the product.

To reduce these post-harvest losses, an improvement was proposed mainly in the cold chain at a temperature of 4.0 ° C, which includes: the implementation of a forced-air pre-cooling system, refrigerated land transport, and the implementation of containers with adjustable temperature in air transport. These proposals allow the product to maintain a constant temperature, preventing the temperature from increasing and damaging the product. By achieving an efficient cold chain, the loss and rejection decrease to 6.5%.

On the other hand, traceability documentation that Global G.A.P requests for the export of the product were determined. This documentation allows for control of the fruit throughout the supply chain and greater productivity. In addition, foreign countries require such documentation to guarantee the origin and safety of the product that enters their country, which must be updated for each export that is made.

The recommendations of this study were: that each exporter of blackberries carry out an audit of Global G.A.P in the different facilities where the product is processed and/or distributed, as well as the evaluation of compliance with the legislation on food safety and appropriate hygiene. Carrying out this audit will allow a better diagnosis of the exporter and the value chain. In general, a good cold chain with a constant temperature and traceability in the product allows us to be more competitive in the foreign market, meet its requirements and reduce loss and rejection.

1. Introducción

Las moras son parte de la variedad de frutos silvestres (berries), son frutos obtenidos de las zarzas o zarzamoras, los cuales son unos arbustos espinosos de la familia de las rosáceas. Las moras tienen una amplia gama de propiedades de salud y nutrición. Además, esta tiene propiedades diuréticas, es buena para la gripe y es un excelente antioxidante. Al tener estas propiedades se considera una fruta con alto potencial en el mercado, por ello, se comercializan en fresco o congeladas para elaborar derivados como: jugos, mermeladas, licores, entre otros (Coronado *et. al* 2014).

El manejo postcosecha de esta fruta debe ser estricto, ya que es una fruta altamente perecedera. Todos los procesos de la cadena de suministro tales como: cosecha selección, empaque, almacenamiento y transporte deben ser controlados para que la fruta conserve sus propiedades físicas y organolépticas. Asimismo, el control de la cadena de frío debe ser monitoreado, ya que de esta depende la vida útil del producto, donde sus variables críticas de control son la temperatura y humedad relativa. De no controlar estos procesos, la calidad y vida útil de la fruta se verá afectada, en consecuencia, se aumentará la pérdida y desperdicio de esta fruta (Egea, 2015).

Guatemala es un país productor y exportador de moras frescas hacia Estados Unidos y Europa (AGEXPORT, 2020) siendo el principal mercado Estados Unidos. Sin embargo, procesos de cadena de suministro, logística y trazabilidad son deficientes, ya que ocasionan una pérdida mayor del 40% de producto. Según (FAO, 2017), se estima que de alimentos producidos para nivel mundial se pierden o desperdicia en algún lugar de la cadena de suministro de alimentos. Por lo que la pérdida de moras contribuye al total de pérdidas y desperdicio de frutas y hortalizas es del 55%. Estas pérdidas de producto disminuyen la cantidad de exportación y, en consecuencia, un menor crecimiento en la participación de mercado en países extranjeros.

Por medio de esta investigación, se determinaron las oportunidades de mejora de la cadena de suministro de mora de exportación se encuentran principalmente en la cadena de frío del producto. El control de la temperatura en la cadena de frío permite que esta sea eficiente y reducir la merma y rechazo de producto.

Además, otra oportunidad de mejora está en la mejora de la productividad del procesamiento de la fruta, con la eliminación de procesos que no aportan valor. Por último, se determinó la factibilidad económica de las propuestas por medio de una comparación del proceso actual y un proceso con mejoras.

2. Antecedentes

La mora es un producto cotidiano en la canasta latinoamericana es originario de las zonas altas tropicales de América, principalmente de Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador. El género *Rubus* es uno de los de mayor número de especies en el reino vegetal. Se encuentra diseminada en casi todo el mundo excepto en las zonas desérticas. La mora ha tenido finalidades industriales, culinarias y medicinales para la sociedad en el transcurso del tiempo. Asimismo, hay nichos de mercado para la exportación de mora fresca y congelada. Sin embargo, la exportación de mora fresca está limitada por restricciones fitosanitarias y su alto deterioro en el mercado de Estados Unidos (Bohórquez, 2017).

En el 2018, la producción de moras de EE. UU. Se valoró en \$31.1 millones, por encima del año anterior, \$5.4 millones provenientes de ventas en el mercado fresco y \$25.7 millones provenientes de ventas procesadas (AgMRC, 2019; USDA, 2019). En el año 2019, EE. UU reportó 173 millones de libras de moras frescas importadas con un valor de \$381 millones, con un valor promedio por libra de \$2.19. México proporcionó casi todos los volúmenes de moras frescas importadas de EE. UU, lo cual representa una participación de mercado promedio anual del 96.7%, Guatemala con una participación de mercado de 3.11% y otros países como Argentina y Chile también proporcionaron moras frescas en un menor porcentaje los años 2016 al 2019 (USDA, 2020).

Guatemala es un país productor y exportador de bayas frescas. Las bayas que más se exporta es la mora, y otras se producen en menor volumen como lo son la frambuesa, fresa y arándanos (Maga, 2014). Los departamentos productores de moras *son*: Chimaltenango, Sacatepéquez, Santa Rosa y Alta Verapaz. En el 2017 se reportaron 1.3 millones de kilos de moras de exportación (Agexport, 2020). Actualmente, se exporta más del 50% de la producción de moras de Guatemala (Planesa, S.A, 2020) a Estados Unidos 75% y Europa 25% (Agexport. 2020). La distribución de las moras desde la producción agrícola hasta el consumidor final involucra varias actividades y actores como proveedores de materia prima, proceso de producción y empaque, cadena de frío, transporte, importadores, distribuidores mayoristas y minoristas quienes proporcionan el producto en manos de los consumidores. Además, se debe considerar que la comercialización de las moras frescas requiere una logística muy sincronizada entre los centros de producción y los puntos de exportación por avión (MAGA, 2014).

Los procesos de logística y toda la cadena de suministro son claves para garantizar la inocuidad y las características organolépticas de la fruta, así como una conservación adecuada del producto para minimizar las pérdidas en un alto porcentaje (Egea, 2015). Según (FAO, 2017), se estima que de alimentos producidos para nivel mundial se pierden o desperdicia en algún lugar de la cadena de suministro de alimentos, siendo distribuido de la siguiente manera 28% en la producción o cosecha, 6% en el procesamiento, 22% en el manejo y almacenamiento, 17% en la distribución y mercadeo y 28% en el consumo. Además, el total de pérdidas y desperdicio de frutas y hortalizas es del 55%. Siendo América Latina y el Caribe responsable del 20% de la cantidad global de alimentos que se pierden desde la postcosecha (FAO, 2019). Estas pérdidas de alimentos tienen impactos negativos significativos para la seguridad alimentaria, la economía y el medio

ambiente. Anualmente se estima US \$ 1 billón en pérdidas y desperdicios de alimentos a nivel mundial (FAO, 2017).

Debido a estas pérdidas y desperdicio de productos se destaca la necesidad de mejorar las tecnologías de procesamiento de productos perecederos como la mora y demás frutas y verduras frescas en las regiones en desarrollo (FAO, 2017). Por otro lado, la implementación de la cadena de frío permite la conservación de los productos hortofrutícolas evitando y/o disminuyendo las pérdidas de producto. A nivel mundial, el manejo postcosecha de frutas u hortalizas se ve fuertemente influenciado por la implementación de insumos tecnológicos y no tecnológicos, con el objetivo de incrementar la vida útil de los productos y así disminuir los volúmenes de pérdidas que pueden superar el 50% de la producción (Egea, 2015). Por lo tanto, la cadena de frío con la cadena de suministro hortofrutícola, se ha realizado desde el control y manejo de la temperatura y de su influencia sobre otras variables que giran en torno a la calidad del producto. Las condiciones de temperatura determinan el riesgo potencial sobre los productos, así como las buenas prácticas de manufactura y las prácticas de higiene y control fitosanitario (Flórez, 2012).

Además, según (Romero, 2018) la preocupación pública por la inocuidad alimentaria está creciendo. "En el pasado, los consumidores no estaban tan interesados en saber de dónde venían sus alimentos, cómo se almacenaban o cómo se transportaban", explica. "Pero eso está cambiando. Las empresas están sirviendo a un consumidor más consciente de la salud, así como a muchos más preocupados por la inocuidad alimentaria". Por lo tanto, se han implementado y surgido nuevas tecnologías para mejorar la calidad de los alimentos al tiempo que ayuda a la cadena de suministro. Por ejemplo, ORBCOMM proporciona hardware de telemática y sensores de Internet industrial de las cosas (IIoT), conectividad de red y software en la nube que permiten la visibilidad remota y el control de remolques refrigerados, contenedores y cargas perecederas en tránsito y en las instalaciones. La aplicación de tecnología permite recopilar cantidades masivas de datos, que los administradores de flotas necesitan para tomar decisiones inteligentes y mejorar el resultado final que es disminuir las pérdidas de producto en cualquier parte de la cadena de suministro y beneficiando a todos los actores de dicha cadena (ORBCOMM, 2020).

Asimismo, estas soluciones a la cadena de suministro atienden a la problemática de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) en el marco de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus objetivos (FAO, 2017). Los cuales se atienden 8 de 17 objetivos: (1) Fin de la pobreza, (2) Hambre cero, (8) Trabajo decente y crecimiento económico, (9) industria, innovación e infraestructura, (12) Producción y consumo responsables, (13) Acción por el clima, (14) Vida submarina y (15) Vida de ecosistemas terrestres. Donde una de las metas de los Objetivos de Desarrollo sostenible es reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos a nivel minorista y de consumo para 2030, así como reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de las cadenas de producción y suministro (FAO, 2016). Anualmente se pierden 1300 millones de toneladas de alimentos y Latinoamérica y el Caribe pierden el 14% de sus alimentos. Cuando se considera esta misma pérdida en términos de calorías, los países de América Latina y el Caribe pierden el 14% de las calorías que producen. Por último, las pérdidas y desperdicios de alimentos tienen tres tipos de huellas ambientales cuantificables: de carbono, de tierra y de agua. La huella de carbono de los alimentos es la cantidad total de gases de efecto invernadero que

se emiten a lo largo del ciclo de vida de los alimentos, expresado en dióxido de carbono (CO₂) equivalente; América Latina y el Caribe responde por el 16% de la huella de carbono mundial producto de las pérdidas y desperdicios de alimentos. La huella de la tierra es la superficie de tierra necesaria para producir los alimentos. La región responde por el 9% de la huella de la tierra mundial debido a la pérdida y desperdicio de alimentos. En términos de la huella de agua –la medida de toda el agua dulce utilizada para producir y suministrar los alimentos al consumidor final– la región responde por el 5% de la huella de agua mundial (FAO, 2019).

3. Justificación

El sector agrícola es uno de los potenciales económicos del país, durante muchos años se han cultivado miles de hectáreas alrededor de la gran variedad de productos frescos tales como frutas y hortalizas, entre ellos la mora. Las moras son cosechadas en campos que requieren de unas características específicas para su correcto crecimiento y prevención de plagas que afecten el cultivo. Guatemala es productor de moras, en donde las mejores moras se exportan y parte de la cosecha se comercializa de manera local.

La mora es una de las frutas más percederas debido a su piel fina, frágil y los fenómenos de respiración y transpiración que genera cambio en las propiedades físicoquímicas, nutricionales, además de acelerar el crecimiento de mohos que se producen en el periodo de postcosecha (Bohórquez, 2017). Por lo que requiere un estricto control de la cadena de suministro, desde la cosecha hasta el cliente final. Se debe controlar el punto de corte de la fruta, selección empaque, la cadena de frío la cual incluye: preenfriamiento, transporte y almacenamiento, donde las variables críticas son la temperatura y la humedad relativa. La vida útil de moras frescas en condiciones óptimas de manejo oscila entre 7 a 15 días (Intagri, 2016), por lo que el control de los procesos y variables mencionadas son de suma importancia, de lo contrario, disminuirá la calidad y vida útil del producto. Las pérdidas y desperdicios de la mora alrededor del 40%, los cuales son ocasionados principalmente por sistemas de logística y una cadena de frío ineficiente, ya que la fruta sufre daños físicos o daños por frío, disminuyendo su calidad y vida útil.

Para reducir estas pérdidas y desechos se deben de implementar procesos de logística, trazabilidad y la cadena de frío en todo el proceso de la mora son necesarios para garantizar la vida útil, la inocuidad e integridad de la mora (FAO, 2017). Agregado a lo anterior, la demanda del consumidor de alimentos frescos ha abierto nuevas rutas comerciales y ha provocado que las naciones de continentes distantes capitalicen el transporte en frío para satisfacer las crecientes necesidades (Romeo, 2018), por lo que la incorporación de un sistema de trazabilidad es clave para garantizar todo el proceso de la cadena de suministro de mora desde la cosecha hasta que hasta el cliente final.

Por lo tanto, este estudio busca desarrollar una propuesta de mejora en la cadena de suministro de mora de exportación de Guatemala. Pretende dar soluciones a los problemas que ocasionan pérdida y desecho de mora. Mediante los análisis de proceso de logística, la cadena de frío, trazabilidad y cumplimiento de Normas como Global G.A.P. que exige principalmente el mercado de Estados Unidos.

Este desarrollo abre una mejor oportunidad a incrementar la participación de mercado de moras y un mejor posicionamiento en Estados Unidos. Asimismo, contribuye a disminuir la pérdida y desecho de la mora, garantizando la trazabilidad del producto. Al mejorar procesos beneficia desde los pequeños productores de mora hasta los exportadores, lo cual mejora el ingreso económico y permite que Guatemala desarrolle un sistema comercial y financiero abierto, basado en normas con Estados Unidos y otros países. En general, la mejora en la cadena de suministro de la mora permitirá no solo una disminución en la pérdida y desecho de esta, sino que una mejor oportunidad, posicionamiento de mercado en países extranjeros y colabora con los Objetivos de Desarrollo Sostenible mencionado en la sección de antecedentes.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar el manejo postcosecha y logística de mora *Rubus Ulmifolius* para exportación y desarrollar propuestas de mejora a la cadena de suministro para disminuir las pérdidas postcosecha del producto.

4.2. Objetivos específicos

1. Realizar el mapeo de la cadena de suministro de la mora y determinar los puntos de control e información de trazabilidad.
2. Determinar las mejoras del manejo postcosecha de la mora por medio de la identificación de las causas de pérdida de producto y evaluación de factibilidad de las mejoras propuestas
3. Proponer un nuevo proceso que permita la mejora en la productividad y control en las operaciones en la cadena suministro de la mora.

5. Marco teórico

5.1. Mora *Rubus Ulmifolius*

5.1.1. Generalidades

Mora *Rubus Ulmifolius* pertenece a la familia Rosácea y al género *Rubus*. Esta especie es originaria de las zonas altas y tropicales de América, los países donde se cultiva es en Colombia, Ecuador, Chile, Panamá, Costa Rica, Guatemala, México y El Salvador entre otros países (Alarcón, 2014). Esta fruta crece muy bien en suelos franco-arcillosos, de modo que permitan una adecuada reserva de agua y que el exceso sea evacuado fácilmente (IICA, 2007).

5.1.2. Composición nutricional

En el Cuadro 1, se muestra la composición nutricional de la mora. Las moras son fuente de minerales y vitaminas, constituyendo así un importante valor nutricional. Asimismo, las moras aportan un bajo valor calórico debido a su escaso aporte a hidratos de carbono.

Cuadro 1. Composición nutricional de 100g de mora

Nutriente	Cantidad
Energía (Kcal)	31.00
Proteína (g)	1.00
Grasa Total (g)	0.50
Colesterol (mg)	0.00
Glúcidos (g)	6.20
Fibra (g)	6.00
Calcio (mg)	30.00
Hierro (mg)	1.00
Vitamina C (mg)	20.00
Vitamina E (mg)	4.00
Folato (µg)	34.00

Fuente: (FUNIBER, 2020)

5.2. Requerimientos de cultivo

5.2.1. Clima

El clima óptimo para el cultivo de moras son climas relativamente frescos, libres de lluvias en periodo de cosecha y con frío invernal de 800 a 1200 horas de frío (Ávila, 2011). En Guatemala los departamentos productores de berries son: Chimaltenango, Sacatepéquez, Santa Rosa y Alta Verapaz (Agexport, 2020). Siendo en San José Poaquíl, Chimaltenango el mayor productor de moras de exportación. Esta ubicación tiene una temperatura máxima de 27°C y mínima de 9°C, con aproximadamente 8

horas de sol, con una presión de 1011hPa y una humedad del 26% (The Weather Channel, 2020).

Figura 1. Cultivo de mora en San José Poaquíl Chimaltenango, Guatemala



Fuente: (Elaboración propia)

5.2.2. Suelos

Esta fruta se adapta a diversos tipos de suelos, siempre que estos sean permeables no muy alcalinos y arcillosos, pero ricos en materia orgánica. Se desarrollan bien en suelos con pH 6.0 – 7.5, con suelos drenados y franco arcillosos (Ávila, 2011).

5.2.3. Plantación

El suelo debe estar preparado y de ser necesario debe ser enriquecido con materia orgánica de 20 a 40 ton/ha de guano de vacuno o de oveja (Ávila, 2011). Los huecos deben tener dimensiones de 40x40x40 cm, sin olvidar que el suelo en el fondo quede suelto. La distancia entre plantas va de 1.5 x 1.5 m a 3x3 m (IICA, 2007)

La mejor época de plantación es a fines de invierno o principios de primavera. No se debe plantar a fines de primavera o a principios de verano, cuando empiece a aumentar notoriamente la temperatura, ya que la alta temperatura del suelo impedirá un buen enraizamiento. En caso de que fuese inevitable esta opción, después de la plantación se requieren riegos frecuentes (Ávila, 2011).

5.2.4. Fertilización

Para la aplicación de fertilizantes de acuerdo con los requerimientos nutricionales de las plantas y con los contenidos de nutrientes es el suelo, es indispensable conocer los resultados de análisis de suelos. De este modo, se conoce las necesidades nutricionales de la planta, lo cual permitirá que sean más vigorosas y con mayor capacidad de defensa contra los agentes que ocasionan enfermedades (Leiva, 2011).

5.2.5. Plagas

La principal plaga la constituyen los trips, estos permanecen sobre la planta durante todo el año, o sobre las malezas. Cuando la planta comienza a florecer, este insecto es atraído por el néctar y cubre gran número de las flores. No causan daño a la fruta, pero permanecen en los drupéolos, lo cual disminuye la calidad comercial de los frutos. El mayor daño causado por este insecto es en la hoja (Ávila, 2011).

Otra plaga en el cultivo de mora es la araña roja y araña de dos manchas, estas causan clorosis y defoliación severa. Los ácaros y la mosca blanca también atacan a los cultivos. El riesgo para el cultivo que causan estas plagas es un amarillento progresivo de venas, frutos sin sabor, muerte progresiva de floricañas y declinamiento de la planta (Ávila, 2011).

Figura 2. Plagas en cultivos de mora

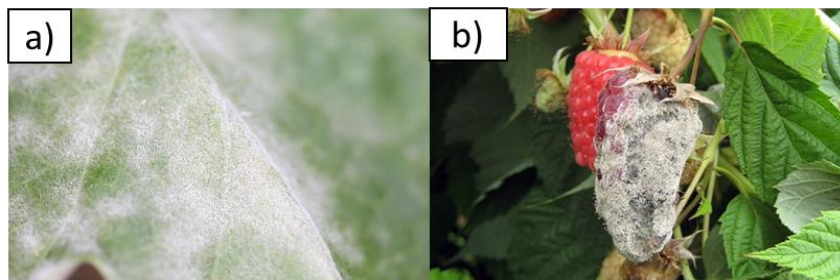


Fuente: a) Trips (*Frankliniella occidentalis*) (Agricultureros, 2014); b) Araña roja (*Tetranychus urticae*) (Acosa, 2019); c) Araña de dos manchas (Ávila, 2011); d) Mosca blanca (La Huertina, 2018); e) Ácaros (La Huertina, 2018).

5.2.6. Enfermedades

Las enfermedades causan daños importantes en las moras, uno de ellos es la cenicilla la cual se presenta cuando las condiciones de humedad relativa son bajas y la temperatura es alta. La Botrytis es otra enfermedad que incluso puede causar daños en la postcosecha, esta se presenta cuando la humedad relativa es alta y la temperatura es fresca (Ávila, 2011).

Figura 3. Enfermedades en cultivo de mora



Fuente: a) Cenicilla (Koppert, 2020); b) Botrytis (Agrotterra, 2016)

5.2.7. Riego

Para obtener una máxima de producción es necesario mantener una adecuada humedad en el suelo. Es importante la regularidad en el riego, principalmente durante el crecimiento del fruto, esto da como resultado un mayor grosor de cañas, mayor tamaño de fruta y en consecuencia mayor producción. Asimismo, el agua y calidad del suelo son parámetros importantes en la productividad. Además, es necesario

considerar que un exceso de agua puede inducir a asfixia radical, pudrición de raíces y desarrollo de flora fungosa (Ávila, 2011).

5.3. Cosecha y postcosecha

La cosecha de la mora se inicia 8 meses después de haber sido plantada. Esta fruta es cosechada manualmente en horas de la mañana, ya que se debe evitar cosechar cuando la temperatura del ambiente es alta (Intagri, 2016). La mora debe recolectarse cuando tiene un color vino brillante. Si se recolecta en estado verde, no alcanzará las características de color y sabor, reduciendo significativamente el rendimiento por no llegar al peso real de la gruta en óptimo estado de cosecha. En contraparte, si la fruta se recolecta demasiado madura, la vida útil en la postcosecha será muy corta (con dos días máximo en condiciones ambientales (Leiva, 2011).

Figura 4. Cosecha de mora en fincas ubicadas en San José Poaquíl Chimaltenango, Guatemala



Fuente: (Elaboración propia)

La cosecha se coloca en cajas de cartón y no se deben estibar más de dos camas de moras, ya que son susceptibles a golpes o daños físicos que, en consecuencia, reducen la calidad y vida útil de éstas. Asimismo, inmediatamente después de la cosecha la fruta debe mantenerse en la sombra y nunca bajo el sol (Intagri, 2016), ya que su calidad puede verse afectada. Luego de la cosecha, en un centro de acopio se selecciona fruta libre de daños mecánicos o por insectos, dejando solamente moras con color vino tinto brillante y se empaqueta en clamshells con un aproximado de 20 a 25 moras cada uno.

5.3.1. Empaque

El clamshell es el empaque primario, este empaque está diseñado con paredes laterales lisas para reducir merma, con ventilación para el enfriamiento rápido del producto y cierres estrechos para aminorar la pérdida del producto (SABRAMEX, 2020). El empaque secundario son cajas de cartón mejor conocidas como "charolas". Estas charolas facilitan el almacenamiento y distribución de los clamshells con moras,

ya que tienen capacidad para 12 clamshells por charolas y la configuración de tarima es de 10.

Figura 5. Selección, empaque y almacenamiento de moras en fincas ubicadas en San José Poaquil Chimaltenango, Guatemala



Fuente: (Elaboración propia)

5.3.2. Preenfriamiento

La cadena de frío de la mora inicia en el preenfriamiento, ya que es un enfriamiento rápido donde se elimina el calor de campo de la fruta. El proceso de enfriamiento se debe hacer lo más rápido posible, durante 2 a 6 horas después de la cosecha. Si hay un retraso en el preenfriamiento puede disminuir la calidad y la vida útil de la fruta hasta en un 40% e incluso puede significar una pérdida de un día de la fruta (Intagri, 2016).

La técnica más eficiente de preenfriamiento para las moras es el aire forzado. Consiste en pasar altos volúmenes de aire frío a alta presión a través de las moras, extrayendo de una forma rápida y uniforme el calor de campo (Nieto, 2013) hasta disminuir su temperatura entre 0 - 5°C (Angelfire, 2011).

5.3.3. Transporte y distribución

El contenedor de transporte se debe mantener a la misma temperatura (0-5 °C) hasta el sitio de destino y evitar que pierda su cadena de frío (Angelfire, 2011). Un ascenso considerable en la temperatura impacta la vida útil de la mora, ya que el agua se condensa creando un ambiente húmedo para el crecimiento de mohos, ablandamiento de la fruta y pérdida de peso (Egea, 2015).

5.3.4. Almacenamiento

La mora se almacena entre 0 a 5°C y una humedad relativa entre 90-95% (Arruda, 2015). La vida útil de la fruta en estas condiciones es de 7 a 10 días. Después de los 10 días, la fruta puede presentar deshidratación y ataques fúngicos. Asimismo, es indispensable tener precauciones en el almacenamiento, tales como la desinfección de superficies, tarimas y cuartos evitando contaminación por hongos (Angelfire, 2011).

5.4. Cadena de frío

5.4.1. Definición

La cadena de frío se ha utilizado para el manejo postcosecha de frutas y hortalizas con el objetivo de prolongar la vida útil disminuyendo la tasa de respiración y la producción de etileno (Egea, 2015) y así, evitar y/o reducir los volúmenes de pérdidas postcosecha del 60 – 70 % (García, 2012). De esta manera, el control de la cadena de frío como un elemento constitutivo, integrativo y paralelo a la cadena productiva es clave para preservar la integridad y calidad de los productos hortofrutícolas refrigerados a fin de cumplir con las exigencias del mercado y de la industria junto con las buenas prácticas agrícolas y de manufactura (Egea, 2015).

La cadena de frío es la sucesión de procesos logísticos (producción, almacenaje, distribución, transporte, carga y descarga, venta) con una temperatura y humedad relativa controlada, desde el momento inicial de la producción hasta el cliente final. La implementación de actividades logísticas a lo largo de la cadena de abastecimiento es fundamental para garantizar las temperaturas específicas que requieren determinados productos perecederos (PROCOLOMBIA, 2014).

Figura 6. Procesos que intervienen en la cadena de frío



Fuente: (PROCOLOMBIA, 2014)

Los factores clave de éxito dentro de la logística de la cadena de frío, están determinados por el impacto y la influencia que puedan tener dentro de los procesos de la cadena productiva. Entre los principales factores clave se encuentran: postcosecha, medición permanente y control de la temperatura, almacenamiento, empaque y embalaje, transporte, tecnología de información, reglamentación (del tema de los productos) y capacitación e información (PROCOLOMBIA, 2014).

El control de la cadena de frío efectiva permite reducir el desperdicio de alimentos, garantizando la calidad y duración de los alimentos desde su cosecha hasta el consumidor final. Asimismo, fortalece la interacción entre los diferentes actores de la cadena productiva a través de un proceso de mejoramiento continuo, desarrollo tecnológico e innovación logística, lo cual no implica únicamente cambios a nivel de

equipo y proceso, sino también una sincronización de flujos físicos de información en una perspectiva de mapeo de la cadena de aprovisionamiento que integra a la propia empresa con sus clientes y proveedores (Egea, 2015).

5.4.2. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son todas aquellas acciones que se realizan en la producción de hortalizas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, el embalaje y el transporte, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y la salud y el bienestar de los trabajadores. Consisten en un conjunto de normas, principios y recomendaciones aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el manejo integrado del cultivo (MIC), lo cual permite proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable (FAO, 2012).

En el cultivo de moras las BPA incluyen: el cultivo, cosecha, embalaje, uso de productos fitosanitarios, uso de fertilizantes, uso de abonos orgánicos, uso y manejo de aguas, animales en el predio, transporte, manejo de basuras y residuos y condiciones de trabajo y los trabajadores. Estas acciones deben contar de manera obligatoria con registros, los cuales deben estar al día, ya que estos permiten un control de todas las actividades. Estos registros deben tener un control riguroso, ya que se utilizan en el programa documentado de trazabilidad que permita realizar un seguimiento completo del producto hasta el productor y/o huerto, como una manera de asegurar las buenas prácticas con que fue realizado (Leiva, 2011).

5.4.3. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) describen los métodos, equipos, instalaciones y controles para producir alimentos procesados y semi procesados. Como los requisitos sanitarios y de procedimiento mínimos para producir alimentos inocuos, son una parte importante del control reglamentario sobre la seguridad del suministro de alimentos de cualquier país. Las BPM incluyen: disposiciones generales, edificios e instalaciones, equipo, controles de producción y proceso y niveles de acción de defectos. Asimismo, todos estos procesos deben contar con documentación desde la entrada hasta la salida del producto para el programa de trazabilidad (FDA, 2017).

Las BPM impacta la vida útil de las moras, ya que está relacionada con la cadena de frío. El manejo de la cadena de frío puede convertirse en una ventaja competitiva, sin embargo, su mal manejo constituye a un riesgo potencial convirtiéndose en un factor crítico para la temperatura y la humedad relativa dentro de un sistema de cadena de frío. Estas dos variables críticas si no son controladas, las moras pueden aumentar su tasa de respiración o sufrir daños por frío (Lawrence, *et al.* 2018). Por lo tanto, al ser un factor crítico debe integrarse con herramientas como puntos críticos de control, programas de inocuidad y calidad alimentaria, de tal manera que se constituya una metodología integral de productos alimenticios desde el productor primario hasta el cliente final (Egea, 2015).

5.4.4. Buenas Prácticas de Transporte (BPT)

Las Buenas Prácticas de transporte (BPT) incluyen procesos y procedimientos dentro del sistema logístico del aparato productivo (Egea, 2015). El transportador debe conocer que el vehículo en que transporta los alimentos estará en todo momento debidamente habilitado, en perfectas condiciones de higiene y conservación y cumpliendo con los requisitos que rigen el transporte del tipo de alimento. Todos los alimentos transportados deben tener registro bromatológico, el rótulo respectivo y deben estar acompañados de la documentación de procedencia (PAHO, 2015).

Los vehículos deben tener instrumentos de medición de temperatura. Nunca se debe transportar la misma carga de productos que no tengan los mismos requerimientos de conservación de temperatura (PROCOLOMBIA, 2014). Asimismo, el personal de transporte debe verificar periódicamente según la duración del viaje, la integridad de la carga, las condiciones de temperatura, el cierre y la hermeticidad de las puertas y otras aberturas (PAHO, 2015).

En relación con las cargas y descargas es importante contar con bodegas con temperatura controlada que garanticen las condiciones óptimas para el producto durante las operaciones de alistamiento, cague y descargue. Asimismo, es relevante pre enfriar los vehículos antes de la carga y por lo tanto sus puertas no deben abrirse hasta que este proceso no esté finalizado (PROCOLOMBIA, 2015)

5.4.5. Buenas Prácticas de Almacenamiento (BPAM)

Las Buenas Prácticas de Almacenamiento (BPAM) incluyen prácticas y procedimientos que garanticen la apropiada manipulación de los productos dentro del inventario (Egea, 2015). Los productos deben almacenarse de tal forma que no interrumpa el paso del aire que fría la fruta. Por lo tanto, se recomienda dejar pasillos de circulación y no almacenar el producto obstaculizando la salida del aire que producen los evaporadores (PROCOLOMBIA, 2015).

5.4.6. Buenas Prácticas de Distribución (BPD)

Las Buenas Prácticas de Distribución (BPD) son los procesos procedimientos que garanticen que los productos sean enviados al cliente el cumplimiento de localización y tiempos, soportado por un sistema de trazabilidad (Egea, 2015).

La temperatura de los canales de distribución no siempre es compatible con las temperaturas que requiere la fruta. Por lo tanto, se debe contar un sistema de trazabilidad en todos los procesos de la cadena productiva de la mora. Se deben conocer la condición de la cadena de frío desde que salió del campo, de la planta de producción, el transporte, hasta llegar a su destino mediante el monitoreo de la temperatura y humedad (PROCOLOMBIA, 2015).

5.5. Logística

5.5.1. Definición

La logística se encarga de la administración del flujo de materiales e información a lo largo del proceso de creación de valor: aprovisionamiento, producción y distribución. De esta manera, gestiona un grupo de actividades que tienen lugar en la organización la finalidad de brindar valor al cliente mediante la transformación de los factores productivos (Cano, *et al.* 2014)

La logística de los alimentos involucra una serie de riesgos para la inocuidad alimentaria que es necesario gestionar y controlar. El transporte y almacenamiento son de particular criticidad cuando los alimentos transportados requieren mantenerse a una temperatura controlada y se debe garantizar el mantenimiento de la cadena de frío para su estabilidad y cumplimiento de sus especificaciones higiénicas y de calidad, incluyendo las características sensoriales y de vida útil. (Testa, 2018).

5.5.2. Cadena de suministro

La cadena de suministro se encarga de la supervisión de todos los procesos relacionados con el almacenamiento, la logística, la fabricación, selección de proveedores, el servicio de atención al cliente e incluso la producción y elaboración productos. En otras palabras, se asegura de llevar a cabo todos los procesos para que lo que el cliente ordena es lo que le llega (NOEGA Systems, 2016).

Dentro de la cadena de suministro, la logística sirve para la planificación, gestión y control del almacenamiento de bienes, así como los servicios necesarios y el flujo de información generada, que va desde el punto de origen del producto hasta el punto de consumo, y cuyo objetivo es cubrir la demanda de los consumidores (NOEGA Systems, 2016).

5.6. Trazabilidad

5.6.1. Definición

La trazabilidad o rastreo del producto se refiere a la metodología que permite conocer el historial documentado de la situación y trayectoria que ha seguido un producto o lote de productos a lo largo de la cadena alimentaria. Tiene un enfoque integral, desde el consumidor al productor (trazabilidad ascendente), o en sentido contrario, del productor al consumidor (trazabilidad descendente) (Briz, *et al.* 2010).

5.6.2. Plan de trazabilidad

El plan de trazabilidad unifica todas las actividades que se desarrollan en una empresa para construir el historial de un producto, a partir de sistemas y procedimientos que permitan identificarlo. Se centra en la recepción de materias primas, en su almacenamiento, en la elaboración o transformación del producto, en el etiquetado y en la salida de productos del establecimiento (Gestión Calidad, 2016).

5.6.2.1. Identificación de productos

Se pueden tomar diferentes criterios según la empresa, entre estos se encuentran:

- a) Datos de la empresa, país, dirección, documentación gestión de trazabilidad.
- b) Proveedores y su sistema de trazabilidad
- c) Línea de producción, lotes y personal encargado
- d) Productores, parcelas y sus ubicaciones
- e) Lugar y fecha de recolección, producción, empaque, entrada y salida de producto
- f) Empaque (código de barras, identificación por radiofrecuencia RFID)

(Gestión Calidad, 2016)

5.6.2.2. Sistema de identificación

El sistema de identificación debe permitir el seguimiento del producto en cualquier momento y en cualquier parte de la cadena de suministro. Esta identificación debe establecerse como mínimo, en las siguientes fases de la producción:

- a) Entradas de materias primas y otros materiales que se reciben en la empresa: trazabilidad hacia atrás
- b) Proceso de elaboración: trazabilidad interna
- c) Productos finales o envasados en la empresa: trazabilidad hacia adelante

(Gestión Calidad, 2016)

5.6.3. Sistemas de trazabilidad

Según la Norma ISO 22000: 2018, el sistema de trazabilidad debe poder identificar de manera única el material entrante de los proveedores y la primera etapa de la ruta de distribución del producto final. Al establecer e implementar el sistema de trazabilidad, se considerará como mínimo lo siguiente:

- a. Relación de lotes de materiales recibidos, ingredientes y productos intermedios con los productos finales;
- b. Reelaboración de materiales / productos;
- c. Distribución del producto final.

5.6.3.1. ISO 22000: 2018

La ISO 22000 es el sistema de gestión de la seguridad alimentaria que puede ser fácilmente aplicable a cualquier organización de la cadena de suministro alimentaria (ISO 2200: 2018). La implementación de esta norma proporciona varios beneficios como:

- a) **Mejora en la seguridad y salud:** minimiza los riesgos alimentarios lo cual conduce a mejores resultados de salud y seguridad para los clientes, usuarios, empleados y otras personas en contacto con los alimentos.
- b) **Mejora la satisfacción del cliente:** permite entregar productos que cumplan con las expectativas con el cliente de manera confiable.
- c) **Ayuda con el cumplimiento de requisitos regulatorios:** se requiere el cumplimiento de los requisitos reglamentarios para lograr la certificación ISO 22000.
- d) **Ayuda a cumplir con otras normas y directrices:** la ISO 22000 relaciona varias normas internacionales y directrices que pueden ayudar a la organización a cumplir con requisitos de dichas normas.
- e) **Trasparencia mejorada:** ayuda a la organización a mejorar la trazabilidad de sus productos y conseguir mayor transparencia de sus productos y sus operaciones.
- f) **Respuesta mejorada frente a posibles riesgos:** ayuda a responder más rápido y eficazmente a problemas que pueden comprometer la inocuidad alimentaria.
- g) **Tiempo de investigación reducido:** si ocurre alguna contaminación, ayudará a reducir el tiempo de investigación de incumplimiento en materia de inocuidad alimentaria, resolviendo el problema de forma más rápida.

5.6.3.2. Global G.A.P

Para minimizar el riesgo de graves consecuencias adversas para la salud o muerte por consumo de productos contaminados, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) estableció normas mínimas basadas en la ciencia para el cultivo, la cosecha, el envasado y la conservación de productos, es decir, frutas y hortalizas cultivadas para el consumo humano (FDA, 2015).

GLOBAL G.A.P. es la norma con reconocimiento internacional para la producción agropecuaria. Su objetivo es una producción segura y sostenible con el fin de beneficiar a los productores, minoristas y consumidores de todo el mundo. La Norma GLOBALG.A.P. para Frutas y Hortalizas cubre todas las etapas de la producción, desde las actividades precosecha, tales como la gestión del suelo y las aplicaciones de fitosanitarios, hasta la manipulación del producto postcosecha, el empaque y almacenamiento. Esta detalla los Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento (PCCCs), cuenta con una lista de verificación GLOBAL G.A.P. Toda esta información es de suma importancia, para garantizar la trazabilidad, inocuidad y seguridad de las frutas. (GLOBAL G.A.P, 2019).

En los Estados Unidos, la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA, por sus siglas en inglés) de la FDA exige que se implementen y sigan prácticas específicas para la producción, manipulación e importación de productos alimenticios (GLOBAL G.A.P, 2019). Por lo tanto, los exportadores de mora en Guatemala deben cumplir con estas prácticas para que el producto pueda entrar a Estados Unidos.

Las reglas de los add-ons GLOBAL G.A.P. establecen un marco que permite al producto cumplir con un conjunto de requisitos que son adicionales a la norma GLOBAL G.A.P. Dado que el cumplimiento de estos Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento es voluntario, su verificación no está cubierta bajo la acreditación de GLOBAL G.A.P. El add-on de la Regla sobre Seguridad de Productos (PSR) de FSMA puede ser usado por cualquier productor dentro de Estados Unidos, o cualquier producto que esté exportando o tenga planes de exportar a Estados Unidos, que cuente con un certificado vigente de GLOBAL G.A.P. de Aseguramiento Integrado de Fincas (GLOBAL G.A.P, 2019).

6. Metodología

6.1. Diseño

La investigación realizada es de tipo exploratoria – descriptiva de carácter cualitativo. Se trabajó sobre las características y procesos de la empresa exportadora, con el fin de entender su funcionamiento actual, conocer sus oportunidades de mejora y proponer una mejora a sus procesos, de esta forma la investigación se llevó a cabo por medio de tres fases: recolección de datos, análisis y diagnóstico y validación.

6.2. Fase I: Recolección de datos

6.2.1. Entrevistas

Se realizaron entrevistas de respuestas abiertas a diferentes personas y perfiles involucrados en la cadena de suministro de la mora. Se elaboraron una serie de preguntas según el eslabón de la cadena de suministro, con el objetivo de comprender y obtener información de las operaciones, condiciones del proceso, parámetros de calidad, entre otros. Se entrevistó a: productores, personal de transporte, jefe de plantación y jefe de planta, estas entrevistas se llevaron a cabo durante las dos visitas realizadas, por llamada telefónica y por correo electrónico (Anexo 1).

6.2.2. Mapeo del proceso

Para el mapeo del proceso de la cadena de suministro de mora se realizaron dos visitas. La primera visita se realizó en las plantaciones de mora ubicadas en San José Poaquil Chimaltenango donde se obtuvo información de la cosecha y del proceso postcosecha. La segunda visita, se realizó en la plata exportadora ubicada en Chimaltenango, con el objetivo de conocer las instalaciones, los procesos y condiciones a los que se somete la mora. Posteriormente, basado en la información recolectada en la visita y en las entrevistas se elaboró un diagrama de flujo y diagrama de análisis de procesos. Además, se obtuvo información de exportación, cantidades de fruta que se exportan, exigencias del cliente y porcentajes promedio de pérdida de producto a lo largo de la cadena de suministro.

6.2.3. Diagnóstico de la cadena de suministro

6.2.3.1. Cadena de frío

La cadena de frío es importante para la conservación de la vida útil de las moras. Por lo tanto, a través de las entrevistas se recolectó información de las variables de temperatura, humedad relativa y los tiempos de los diferentes procesos a los que se somete la mora. Además, se realizaron promedios de estas variables con la información recolectada en dichas entrevistas (Anexo 1)

6.2.3.2. Transporte y almacenamiento

Se obtuvo información de las necesidades de la mora en estos procesos tales como: condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo, características del transporte, estibas máximas, embalaje y toda información relevante en estos procesos (Anexo 1 y sección 7.2).

6.2.3.3. Trazabilidad y logística

La información de trazabilidad y logística se obtuvo a través de las entrevistas. Se realizó con el objetivo de conocer si se utiliza un sistema de trazabilidad o si se siguen normas y tecnología para llevar el control de documentación y rastreo del producto (Cuadros 2 y 20)

6.3. Fase II: Etapa de análisis y diagnóstico

6.3.1. Identificación de causas de pérdida de producto

Para el desarrollo de la propuesta de mejora en cadena de suministro de la mora se analizó la información obtenida la Fase I y se identificaron las causas de pérdidas de producto. Para ello, se realizó un diagrama de causa y efecto de Ishikawa y un Pareto para poder priorizar las causas que más ocasionan pérdida de producto. Asimismo, se identificaron las necesidades de la cadena de suministro que puedan afectar la productividad.

6.3.2. Mapeo de información de trazabilidad

Con la información recolectada en las etapas anteriores se realizó un mapeo de trazabilidad y los puntos de control. Se determinó la información de trazabilidad que debe incorporarse en cada proceso que es de suma importancia para el control del producto y para la exportación del este.

6.4. Fase III: Etapa de validación

6.4.1. Elaboración de propuesta de mejora

Se elaboró una propuesta de mejora para la cadena de suministro de mora de exportación, basada en la información recolectada en las fases I y II y las condiciones de la cadena de suministro de la mora para cumplir con las necesidades del producto y reducir la pérdida de este.

6.4.2. Evaluación de procesos

Se realizó la comparación de tiempos de procesamiento previo al inicio de distribución y exportación del producto, en el cual se comparó el tiempo actual con el tiempo con los cambios y propuestas de mejora. Además, se evaluó el beneficio que obtienen la fruta frente a los cambios propuestos.

6.4.3. Evaluación económica de las pérdidas de mora

Se compararon los ingresos sin propuestas de mejora contra los ingresos si se implementan las propuestas de mejora. Se hizo según mercado de Estados Unidos y el crecimiento de este a largo plazo.

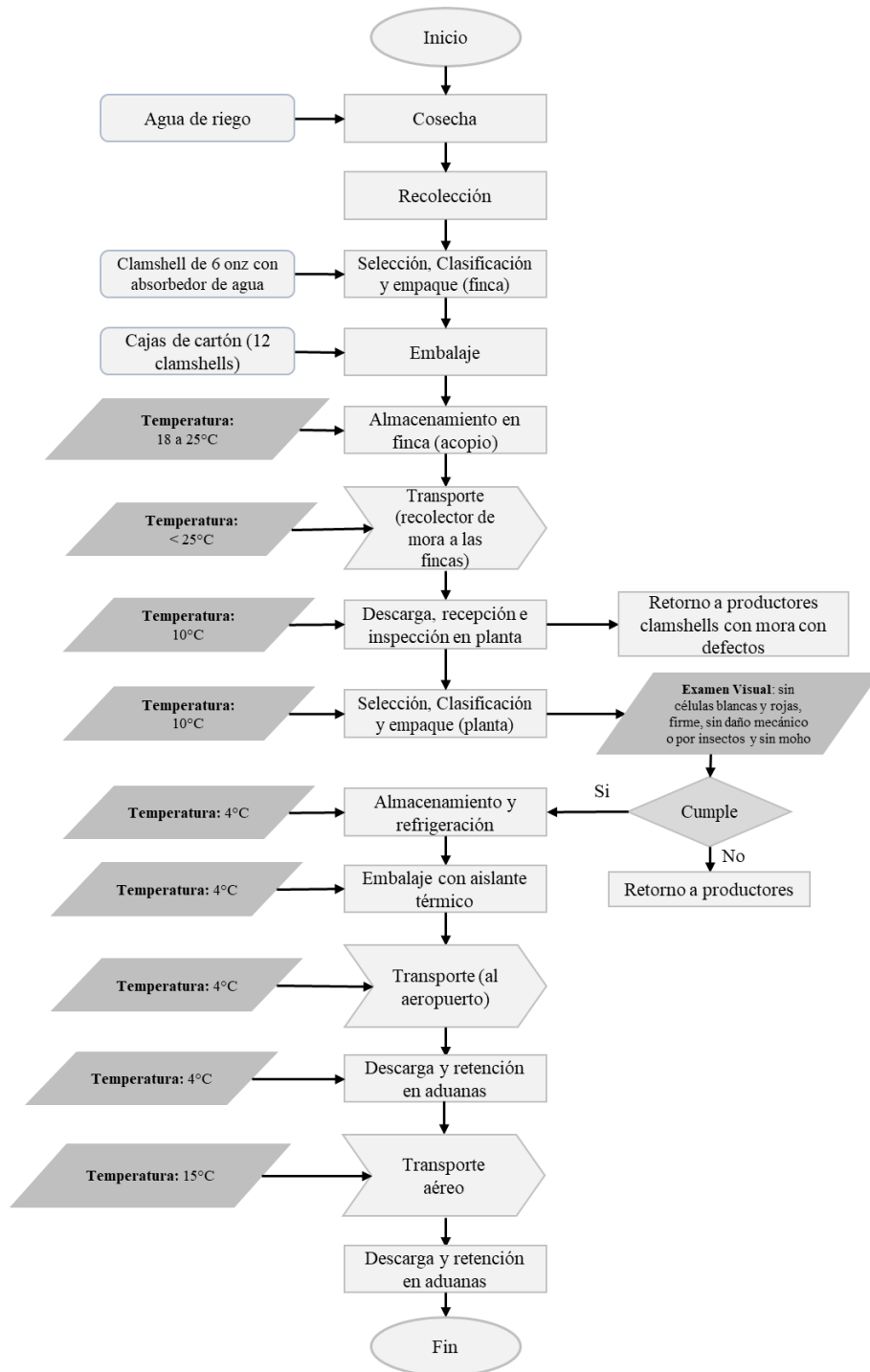
7. Resultados y discusión

7.1. Mapeo del proceso actual de la mora

El proceso actual de la mora inicia en las fincas ubicadas en el departamento de Chimaltenango de Guatemala, donde hay alrededor de 50 productores de mora quienes proveen la fruta de exportación (Figura 7). En las fincas cada productor es responsable de cosechar la fruta, recolectarla, seleccionarla, clasificarla, empacar las moras y almacenarlas en un centro de acopio bajo techo, mientras el transporte llega a recógelas. El transporte recolecta la fruta con diferentes productores y la lleva a la planta exportadora. Dependiendo de la exportación planificada pueden haber más de un camión recogiendo fruta con diferentes productores. Este transporte no cuenta con refrigeración ni ningún tipo de ventilación, creando un ambiente donde la mora se madura rápidamente por el incremento de la temperatura del contenedor.

En planta, la fruta se inspecciona y es ingresada a las instalaciones. Se vuelve a seleccionar y clasificar, es decir, que se vuelve a manipular y empacar. Este proceso afecta a la fruta, ya que la manipulación magulla la fruta disminuyendo su calidad. Además, no existe un enfriamiento rápido, al no eliminar este calor la fruta continúa madurándose y disminuye su vida útil. Luego, se arman los pallets, se almacena en cuartos fríos y previo a la salida del producto se embala con un aislante térmico que ayuda a que la temperatura del producto no incremente. El producto se transporta al aeropuerto Internacional de Guatemala en contenedores frigoríficos y se exporta al país destino en avión sin control de temperatura con destino al aeropuerto Internacional de Miami, Estados Unidos.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso actual de la mora



Fuente: (Elaboración propia)

Actualmente, la cadena de suministro de moras frescas toma un promedio de 26.5 horas. En cada proceso y etapa hay diferentes actores quienes tienen un rol diferente (Cuadro 2) que permiten que la exportación se lleve a cabo en las mejores condiciones y llegue al cliente en el extranjero. Sin embargo, se puede observar que la cadena de suministro de mora no tiene una cadena de frío eficiente, lo cual afecta la calidad de la fruta. Además, se puede observar que en el proceso actual no se elimina el calor de campo en ningún proceso, como consecuencia la fruta se madura más rápido disminuyendo su vida útil.

Agregado a lo anterior, se puede observar que los procesos No. 7 y 8 (Cuadro 2) son repetitivos. El proceso No.7 consiste en hacer una inspección del producto al entrar a las instalaciones y separa los clamshells o flats con fruta con defectos (Cuadro 6). En cambio, en el proceso No. 8 se abren los clamshells y se vuelve a realizar el proceso de selección, al eliminar la fruta con defectos y se vuelven a armar los clamshells. Por lo tanto, se tiene un riesgo que se mezcle fruta de diferentes productores y perder la trazabilidad del producto, ya que cada productor envía la fruta con su respectiva numeración e identificación. El proceso No. 8 las moras se vuelven a manipular, lo cual incrementa el riesgo de incrementar daño mecánico porque la fruta se malluga en este proceso.

El producto se embala con un aislante térmico (Figura 10) el cual ayuda a que la temperatura del producto no incremente tan rápido en procesos como descarga, carga y procesos aduanales. Sin embargo, durante el transporte aéreo, es decir, parte de la distribución y exportación de la fruta no es refrigerado. Por lo tanto, no se continúa la cadena de frío y se pierde la efectividad del aislante mucho más rápido.

Cuadro 2. Diagrama de análisis del proceso actual de la mora y los actores de la cadena de suministro

No.	Descripción del proceso	○	□	➔	D	▽	Condiciones reales promedio		Actor	Papel en la cadena de suministro
							T (°C)	Tiempo (h)		
1	Cosecha de la fruta						-	-	Productor	Encargados de la siembra y cuidado de la fruta lo cual incluye: riegos, control de malezas y plagas, control de fertilizantes y abonos
2	Recolección de la fruta						18 a 25 °C	3.0	Productor	Encargados de cosechar las frutas en sus mejores condiciones para exportación lo cual incluye: tamaño, color, libre de golpes y/o defectos
3	Selección, clasificación y empaque						18 a 25 °C	2.0	Productor	Encargados de empacar la fruta en clamshells cumpliendo con: cantidad y peso de la frutas, libres de golpes y defectos (clasificación)
4	Almacenamiento en finca (acopio)						18 a 25 °C	1.5	Productor	Encargado de almacenar la fruta empacada en el centro de acopio, el cual debe estar limpio y techado.
5	Embalaje y carga al camión						18 a 25 °C	0.5	Personal de transporte y de fincas	Encargados de preparar el producto para su transporte para que vayan en codiciones ideales lo cual incluye control de temperatua y control de estibas máximas
6	Transporte sin refrigeración						< 25°C	4.0	Agroexportadora	Encargados de transportar la fruta a la planta procesadora , lo cual incluye las condiciones ideales para transportar
7	Descarga, recepción e inspección en planta						10°C	1.0	Agroexportadora	Descarga, recepción e inspección en planta y separación de producto no conforme
8	Selección y empaque						10°C	2.0	Agroexportadora	Encargados de volver a realizar el proceso de selección y empaque
9	Almacenamiento refrigerado						4°C	5.0	Agroexportadora	Encargados de mantener la temperatura del almacenamiento para mantener la temperatura de la mora
10	Embalaje con aislante térmico						4°C	0.6	Agroexportadora	Encargados de empacar la fruta con aislante térmico para conservación de su temperatura en transporte
11	Transporte al aeropuerto con refrigeración						4°C	1.2	Empresa de logística y transporte	Encargado de transportar la fruta al aeropuerto manteniendo las condiciones de temperatura
12	Descarga y retención en aeropuerto						4°C	2.0	Empresa de logística y transporte	Encargados de retener y verificar el producto y documentación para el envío al país destino
13	Transporte aéreo sin refrigeración						15°C	2.7	Empresa de logística y transporte	Encargados de enviar el producto al país destino
14	Descarga y retención						-	1.0	Empresa de logística y transporte	Encargados de la recepción del producto, verificación de documentación y entrega del producto
Total		9	2	3	2	2				

Fuente: (Elaboración propia)

Nota: Los tiempos promedios en cada proceso es para un lote de 10 pallets de mora.

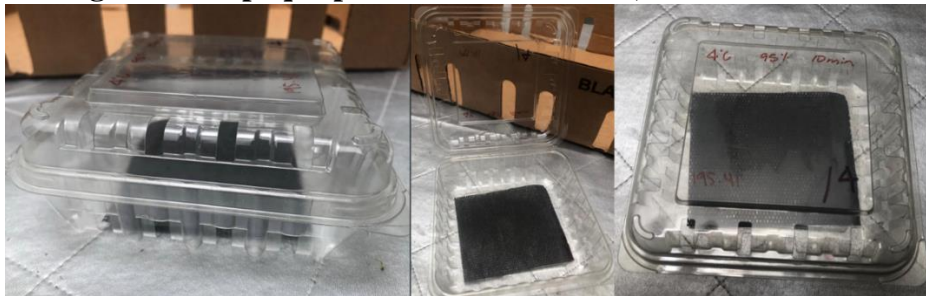
Simbología en Anexo 6

7.2. Exportación de producto

7.2.1. Empaque

El empaque es muy importante para el transporte, distribución, protección y vida útil de las moras. Para la exportación de moras se utiliza como empaque primario clamshells de 6 onzas cada uno (Figura 8), como empaque secundario se utiliza cartón denominado flat (Figura 9) en el cual se acomodan 12 clamshells de mora. Los clamshells cuentan con aberturas que permiten la ventilación para el enfriamiento rápido. Los flats también cuentan con aberturas que permiten el paso del aire en el enfriamiento rápido, almacenamiento y distribución de las moras. Por último, como empaque terciario o embalaje se utiliza un aislante a los pallets previo a la salida del producto de la planta, este permite mantener la temperatura del producto y protegerlo en el proceso de exportación (Figura 10).

Figura 8. Empaque primario de las moras, clamshell de 6 onzas



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 9. Empaque secundario de las moras, caja de cartón (flat) con capacidad de 12 clamshells de 6 onzas



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 10. Empaque terciario de los pallets de moras, aislante térmico.



Fuente: (Thermal Pallet, 2020)

Cuadro 3. Capacidad e información del empaque primario y secundario

Información	Descripción
Material	Poliuretano (PU)
Peso de clamshell con mora	0.17 kg
Clamshells por flat	12 unidades
Peso de flat con 12 clamshells de mora	2.00 kg
Dimensiones del flat (largo x ancho x alto)	0.40 m x 0.20 m x 0.12 m
Estiba máxima de flat	12 unidades

Fuente: (Elaboración propia)

7.2.2. Pallets

Cuadro 4. Especificaciones del pallet americano (estándar)

Información	Descripción
Material	Plástico
Dimensiones del pallet (largo x ancho x alto)	1.20 m x 1.00 m x 0.15 m
Peso del pallet	25 kg

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 5. Especificaciones del pallet con mora

Información	Descripción
Dimensiones del pallet con fruta (largo x ancho x alto)	1.20 m x 1.00 m x 1.35 m
Flats de mora por pallet	180 unidades
Peso por pallet	392.41 kg
Volumen por pallet	1.62 m ³
Flats por pallet	180 unidades
Flats por lote (10 pallets)	1800 unidades



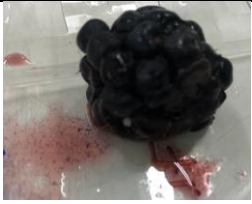



Fuente: (Elaboración propia)


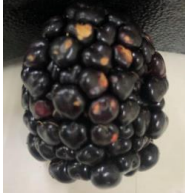



7.3. Identificación de causas de pérdida de producto

7.3.1. Defectos de mora

La mora es una fruta muy susceptible a daños, por lo que debe ser tratada con mucho cuidado y mantener las condiciones de temperatura que esta exige. De lo contrario se daña y deteriora provocando defectos en ella, los cuales no son aceptados para su exportación y comercialización debido a que son rechazadas. Los principales defectos y las causas de estos identificados se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Defectos por los cuales se rechaza la mora

No.	Defecto	Causa	Imagen
1	Fruta blanda	<ul style="list-style-type: none"> - Manipulación inadecuada - Maduración - Control de temperatura inadecuado 	
2	Drupas pinchadas	<ul style="list-style-type: none"> - Corte inadecuado (pinchadas por espina o herramientas de corte) 	
3	Goteo	<ul style="list-style-type: none"> - Sobre maduración - Daño mecánico 	
4	Daño mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerza ejercida en la fruta en el corte - Manipulación en proceso de selección y empaque 	
5	Decaimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Botrytis cinerea - Sobre maduración 	
6	Moho	<ul style="list-style-type: none"> - Botrytis cinerea - Corte de la fruta húmeda - Control de humedad y temperatura inadecuado 	

No.	Defecto	Causa	Imagen
7	Drupas secas	- Daño por frío - Drupas pinchadas	
8	Daño por insecto	- Mosca y gusano de la fruta	
9	Drupas blancas	- Quemadura de sol - Corte en la madurez inadecuada de la fruta	
10	Drupas rojas	- Corte en la madurez inadecuada de la fruta - Alta temperatura de la pulpa - Daño por frío - Daño mecánico	
11	Fruta con hojas/tallos	- Corte incorrecto	

Fuente: (Elaboración propia)

7.3.2. Pérdida y razones de rechazo de la mora

A partir de los defectos por las cuales se rechaza el producto y los procesos a los que se somete la mora para poder ser exportada, se determinó el porcentaje de pérdida de producto en diferentes eslabones de la cadena de suministro de la mora. Entre ellos, se identificó pérdida de moras con los proveedores, la planta exportadora y el cliente quien importa el producto. En el siguiente cuadro se presenta el tipo de rechazo, la causa, efecto, porcentaje de pérdida y la posible mitigación en cada eslabón. La mayor pérdida de producto se da en la planta, seguido del cliente y por último el proveedor, obteniendo un total de pérdida de producto del 38.5%

Cuadro 7. Pérdida y razones de rechazo de la mora en la cadena de suministro

Eslabón de la cadena de suministro	Rechazo	Causa	Efecto	% Pérdida	Mitigación
Proveedores (Fincas)	Mora con daño de insectos	Falta de control de plagas	Incumplimiento con parámetros de calidad y disminución de venta del producto	1	Revisión y capacitación del control de plagas
	Mora con daño mecánico	Corte inadecuado		1	Revisión y capacitación de los defectos y razones de rechazo de la mora
	Madurez de la mora inadecuado	Punto de corte incorrecto		1	
Planta (Exportadora)	Mora sobremadura	No se elimina el calor de campo	Devolución de producto a los proveedores e incumplimiento de la exportación planificada	20	Implementación de transporte refrigerado y sistema de pre enfriamiento para que toda la fruta llegue a una misma temperatura
	Mora con moho	Condiciones de transporte y almacenamiento en finca sin refrigeración y control de humedad		1	Control de temperatura y humedad relativa
	Mora con daño de insecto	Falta de control en el proceso de selección de		1	Revisión y capacitación del control de plagas
	Mora con daño mecánico	Falta de control en el proceso de selección de fincas y empaque		2	Capacitación de los defectos y empaque de las moras
Cliente	Daño serio (pérdida total)	Cadena de frío ineficiente y doble proceso de selección ineficiente	El rechazo no se le paga a la exportadora y debe absorber el costo de desachar el producto	9	Inspección de producto y eliminación de proceso de selección en planta para evitar manipulación de la fruta. Enfriamiento de producto.
	Daño	Cadena de frío deficiente		1	Control de la temperatura de refrigeración y humedad
	Decaimiento	Cadena de frío deficiente		1	
	Mohos	Cadena de frío deficiente		0.5	
Total del pérdida de mora				38.5	

Fuente: (Elaboración propia)

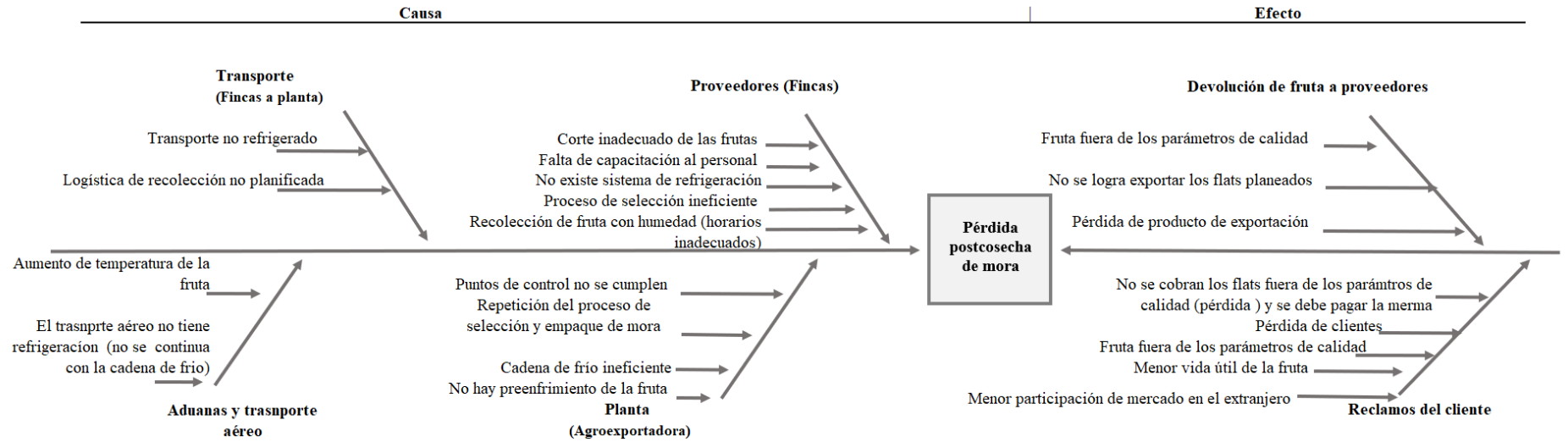
Daño serio: Fruta blanda, drupas pinchadas/cortadas, fruta goteando, daño por insecto y mecánico

Daño: Drupas rojas, drupas blancas, drupas secas, fruta con hojas/tallos

Decaimiento: Fruta blanda con moho

A partir de las pérdidas y razones de rechazo se realizó un diagrama de causa y efecto de Ishikawa (Figura 11) en el cual se analizaron deficiencias en los diferentes eslabones de la cadena de suministro y los efectos que estos producen.

Figura 11. Diagrama Ishikawa de causa y efecto de la pérdida de mora en la cadena de suministro



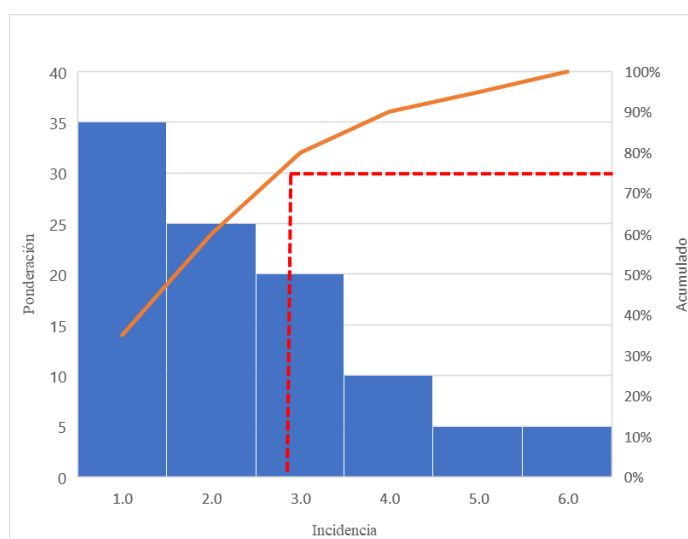
Luego del análisis de causa y efecto de las pérdidas postcosecha de la mora, se identificaron las debilidades de la cadena de suministro y proceso de la mora y se ponderó según el criterio de las necesidades de la fruta, los porcentajes de pérdidas realizadas por los productores y exportadores de la fruta y oportunidades de mejora al proceso. Por lo tanto, se identificaron cinco debilidades principales (Cuadro 8), la cuales tienen diferente peso según los resultados anteriores.

Cuadro 8. Ponderación de las debilidades en la cadena de suministro de la mora para el análisis de Pareto.

Orden	Debilidades	Peso	Acumulado	% del total	Acumulado
1	No existe un sistema de enfriamiento rápido de la fruta	30	30	30%	30%
2	Transporte no refrigerado (recolector de fruta)	25	55	25%	55%
3	No hay seguimiento de la cadena de frío en la distribución	20	75	20%	75%
4	No existe una logística para la recolección de la mora en fincas	15	90	15%	90%
5	Moras fuera de los parámetros de calidad	10	100	10%	100%
TOTAL		100	100	100%	100%

A partir de esta ponderación se realizó un diagrama de Pareto (Figura 12) en el cual muestra que las deficiencias que afectan más a la pérdida de producto y sus consecuencias colaterales son: ausencia de un sistema de enfriamiento rápido de la fruta, el transporte recolector de fruta no es refrigerado y no hay seguimiento de la cadena de frío en la distribución. Por lo tanto, las propuestas de mejora deben ser principalmente en la cadena de frío, ya que es un producto que lo demanda.

Figura 12. Pareto de la cadena de suministro de la mora



7.4. Propuestas de mejora

A partir del análisis de pérdida de producto, donde la mayor parte de deficiencias que ocasionan pérdida de producto se debe a que no se tienen control de la cadena de frío de la fruta. Por lo tanto, las propuestas de mejora se enfocan en realizar una cadena de frío más eficiente y que pueda ser controlada.

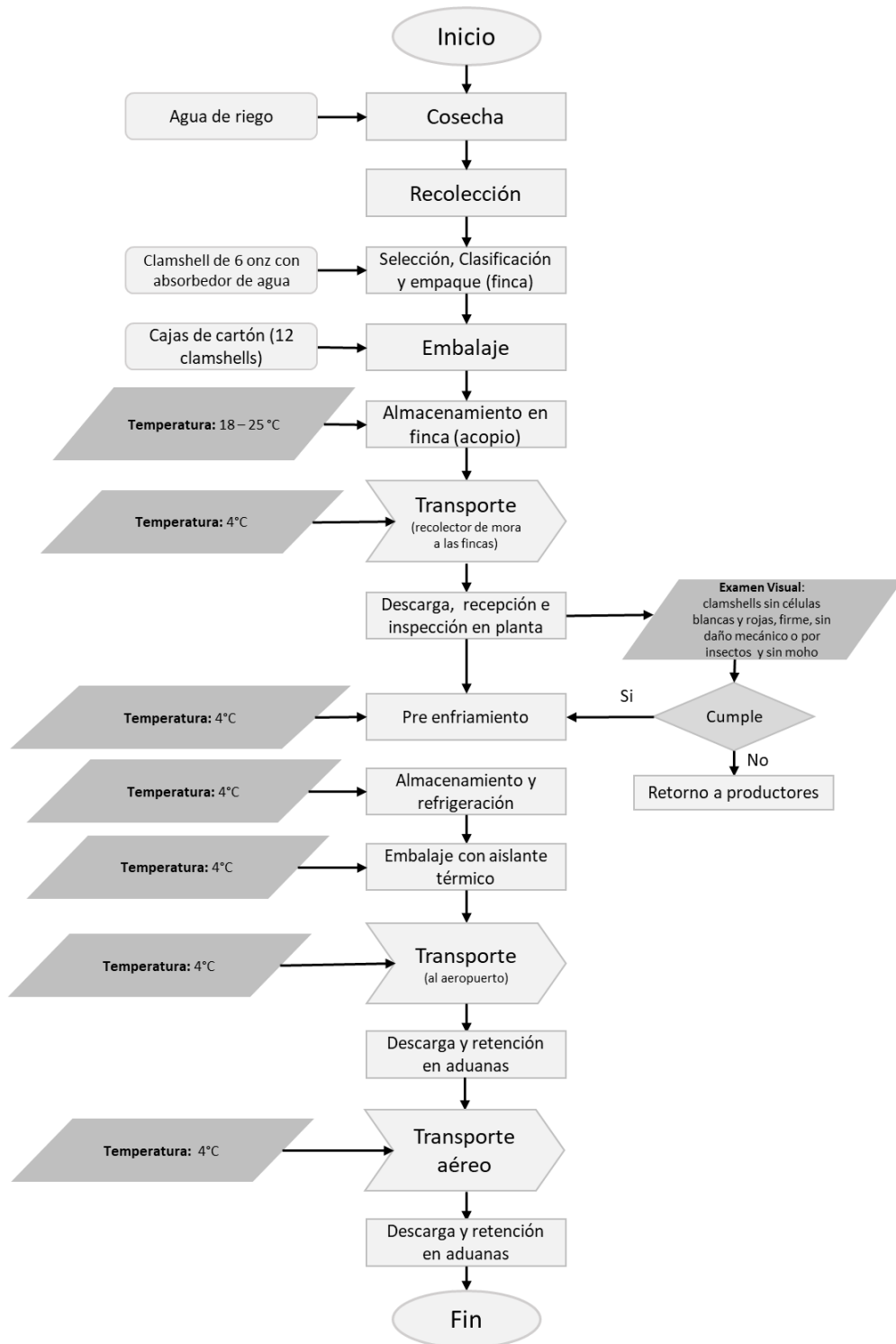
La temperatura es esencial para la vida útil de la mora y su comercialización. Según Quan, 2020 en su estudio de análisis de supervivencia aplicado a la vida útil sensorial de la mora de exportación de Guatemala, este estudio se basó en que un consumidor ve una imagen del producto y determinaron si aceptan o rechazan el producto.

Este estudio demostró una diferencia en la vida útil de las moras almacenadas a 4.00 °C y otro a 25.00 °C. Con este criterio se obtuvo que las moras tienen un tiempo de vida útil estimado de 11 días si el producto durante su comercialización mantiene a una temperatura de 4°C, en cambio si se encuentra a una temperatura ambiente de 25°C o la cadena de frío se encuentra a una temperatura mayor a 4 °C sino la mora tendrá una vida útil estimada de 3 días (Quan, 2020). Por lo tanto, en base a estos resultados se tomará de referencia la temperatura de 4°C para la cadena de frío de la mora, ya que la vida útil a esta temperatura será mayor.

7.4.1. Mapeo de propuesta de mejora

Para mantener la mora a 4°C el primer cambio está en tener un camión frigorífico para la recolección de fruta, y que esta no incremente su temperatura en su trayecto. Segundo, se agregó al proceso de planta (agroexportadora) un sistema de preenfriamiento, encardado de disminuir la temperatura de toda la fruta a 4.00°C en menor tiempo haciendo posible el inicio de la cadena de frío del producto. Además, se eliminó el proceso de selección, clasificación y empaque en planta, ya que el proceso de recepción e inspección de producto se encarga de eliminar los clamshells que tengan fruta que no cumple con los parámetros de calidad. Por último, es importante continuar la cadena de frío luego que sale de las instalaciones de agroexportadora por lo que el transporte aéreo el producto debe continuar con refrigeración manteniendo una temperatura de 4.00 °C.

Figura 13. Diagrama de flujo de la propuesta de mejora de la mora



Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 9. Diagrama de análisis de la propuesta de la cadena de suministro de la mora

No.	Descripción del proceso	○	□	→	D	▽	Condiciones ideales		Observaciones del proceso ideal para el control	Actor	Papel en la cadena de suministro
							T (°C)	Tiempo			
1	Cosecha de la fruta						-	-	Control de riego, uso de plaguicidas/pesticidas/fertilizantes autorizados, seguir BPA	Productor	Encargados de la siembra y cuidado de la fruta lo cual incluye: riegos, control de malezas y plagas, control de fertilizantes y abonos
2	Recolección de la fruta						18 a 25 °C	3.0	2 estibas máximas de mora, grado de madurez correcto, sin magullamientos, sin daños por insectos, son hongos	Productor	Encargados de cosechar las frutas en sus mejores condiciones para exortación lo cual incluye: tamaño, color, libre de golpes y/o defectos
3	Selección, clasificación y empaque						18 a 25 °C	2.0	Entre 20 y 25 moras con el mismo grado de madurez por caja	Productor	Encargados de empacar la fruta en clamshells cumpliendo con: cantidad y peso de la frutas, libres de golpes y defectos (clasificación)
4	Almacenamiento en finca (acopio)						18 a 25 °C	1.5	Debe proteger la fruta del sol	Productor	Encargado de mantener la temperatura ideal para el almacenamiento y conservación de la fruta lo cual incluye la temperatura
5	Embalaje y carga al camión						18 a 25 °C	0.5	No sobrepasar la estima máxima. control de tiempos de carga	Personal de transporte y de fincas	Encargados de preparar el producto para su transporte para que vayan en condiciones ideales lo cual incluye control de temperatura y control de estibas máximas
6	Transporte frigorífico						4°C	4.0	Control de temperatura, no sobrepasar la carga máxima, seguir BPT	Agroexportadora	Encargados de transportar la fruta a la planta procesadora, lo cual incluye las condiciones ideales para transportar la fruta
7	Descarga, recepción e inspección en planta						10°C	1.0	Evitar romper la cadena de frío	Agroexportadora	Descarga, recepción e inspección en planta y separación de producto no conforme
8	Pre enfriamiento (aire forzado)						4°C	0.85	Control de tiempo, temperatura y humedad relativa	Agroexportadora	Encargado de eliminar en su totalidad el calor de campo de la fruta, lo cual debe incluir control de temperatura y tiempo
9	Almacenamiento y refrigeración						4°C	5.0	Control de temperatura	Agroexportadora	Encargados de mantener la temperatura del almacenamiento para mantener la temperatura de la mora
10	Embalaje con aislante térmico						4°C	0.6	Estiba máxima	Agroexportadora	Encargados de empacar la fruta con aislante térmico para conservación de su temperatura en transporte
11	Transporte al aeropuerto con refrigeración						4°C	1.2	Control de temperatura	Empresa de logística y transporte	Encargado de transportar la fruta al aeropuerto manteniendo las condiciones de temperatura
12	Descarga y retención en aeropuerto						4°C	2.0	Control de temperatura y en el que se rompe la cadena de frío	Empresa de logística y transporte	Encargados de retener y verificar el producto y documentación para el envío al país destino
13	Transporte aéreo con refrigeración						4°C	2.7	Control de temperatura y en el que se rompe la cadena de frío	Empresa de logística y transporte	Encargados de enviar el producto al país destino
14	Descarga y retención						-	1.0	Control de temperatura y en el que se rompe la cadena de frío	Empresa de logística y transporte	Encargados de la recepción del producto, verificación de documentación y entrega del producto
Total		9	2	3	2	2					

Fuente: (Elaboración propia)

Nota: Los tiempos promedios en cada proceso es para un lote de 10 pallets de mora.

Simbología en Anexo 6

7.4.2. Sistema de preenfriamiento

7.4.2.1. Cargas de enfriamiento del producto y material de empaque

Las moras que se enfrían se vuelven parte del sistema de preenfriamiento, ya que se debe remover el calor de la fruta para poder llevarla a condiciones de almacenamiento. El cálculo del calor removido de la fruta para llevarlos a las condiciones de almacenamiento depende de las condiciones iniciales y de las condiciones finales (Salazar, 2016).

En la presente propuesta del sistema de preenfriamiento se tiene contemplado de enfriar lotes de 8100 lb de mora cada lote. Cada lote consiste en 10 pallets de producto (Cuadro 5), los cuales se pueden procesar 5 lotes diarios, son almacenados con refrigeración y se embanan para exportar.

La ecuación para determinar el calor que generan los diversos productos es la siguiente

$$Q = m \times C_p \times DT$$

De donde:

Q = cantidad de calor a remover del producto

m = cantidad de producto enfriado

C_p = Calor específico del producto, por encima del punto de congelación BTU/lb°F (Anexos 2, 3 y 4)

DT = cambio de temperatura por encima de la congelación

Cuadro 10. Características del lote de mora sin empaque a enfriar

Información	Descripción
Cantidad de moras a enfriar	8100 lb
Cantidad de pallets a enfriar	10
Calor específico (anexo 2)	0.88 BTU/lb °F
Temperatura de entrada	76.28 °F
Temperatura de salida	39.2 °F

Nota: Un lote de mora contiene 10 pallets

Cuadro 11. Característica del material de empaque de un lote de mora a enfriar

Material	Cantidad de material	Calor específico (Anexos 3 y 4)	Temperatura de entrada	Temperatura de salida
Polietileno tereftalato (PET)	857 lb	0.24 BTU/lb °F	76.28 °F	76.28 °F
Cartón	792 lb	0.30 BTU/lb °F	39.2 °F	39.2 °F

Con la información de la fruta y material de empaque (Cuadros 10 y 11) se calculó la cantidad a remover del producto y se obtuvieron los siguientes resultados

Cuadro 12. Resumen de cálculo de cargas térmicas para el sistema de preenfriamiento

Descripción	Valor de Q
Mora	264299 BTU
PET (empaque primario)	7591 BTU
Cartón (empaque secundario)	8838 BTU
Total	280729 BTU
Factor de seguridad del 10%	308801 BTU

Fuente: (Elaboración propia, elaborado en Microsoft Excel)

La cantidad total de calor que se debe eliminar es de $Q = 280729$ BTU. A este valor se le sumó un factor de seguridad del 10%, haciendo el cálculo respectivo se obtiene $Q = 308801$ BTU, que será la capacidad mínima con la que deberá contar el sistema de preenfriamiento para eliminar el calor.

7.4.2.2. Selección del equipo de preenfriamiento

El preenfriamiento permite conservar las características ideales y calidad de la mora. El preenfriamiento con aire forzado es ideal para la mora, ya que este producto requiere una rápida remoción de calor y no pueden ser enfriadas por vacío, humedecidas o someterlas a un hidrogenamiento (FAO, 2016).

Para usar este sistema eficientemente, es importante que el empaque esté diseñado para permitir el movimiento del aire a través de ellos, ya que se encuentran paletizados (FAO, 2016). Los empaques utilizados (Figuras 8 y 9) cuentan con aberturas para que el aire entre al interior y logre un enfriado uniforme de la fruta.

Además, las moras se distribuyen en pallets (Cuadro 5) con la misma cantidad de moras cada uno, el equipo de preenfriamiento que mejor se acopla a las necesidades de la mora es el túnel californiano. El túnel californiano permite enfriar el producto empacado de manera rápida y continuar con los procesos de almacenamiento y exportación.

El túnel californiano fue diseñado a partir de los resultados de las cargas térmicas del producto (Cuadros 10 y 11). Donde, un lote de mora consiste en 10 pallets y puede haber una producción de hasta 5 lotes diarios. Con los datos del producto y el túnel (Cuadro 12) se buscó el túnel que se acoplara a las necesidades y elimine el calor de la fruta en el menor tiempo posible. En los cuadros 13, 14 y 15 se describen las características del túnel de enfriamiento.

Cuadro 13. Condiciones de operación de del túnel de enfriamiento para 10 pallets

Dimensiones (largo x ancho x alto)	10.10 m x 4.50 m x 3.50 m
Cantidad de producto	10 pallets
Temperatura interna de túnel	4.00 °C
Temperatura de evaporación	-5.00 °C
Carga térmica	81.28 kW

Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Cuadro 14. Condiciones de operación del compresor

Cantidad	1
Capacidad térmica	81.38 kW
Refrigerante	R404A
Temperatura de evaporación	-5.00 °C
Temperatura de condensación	48.00 °C
Potencia frigorífica	106.20 kW
Caudal	3383.5 kg/h

Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

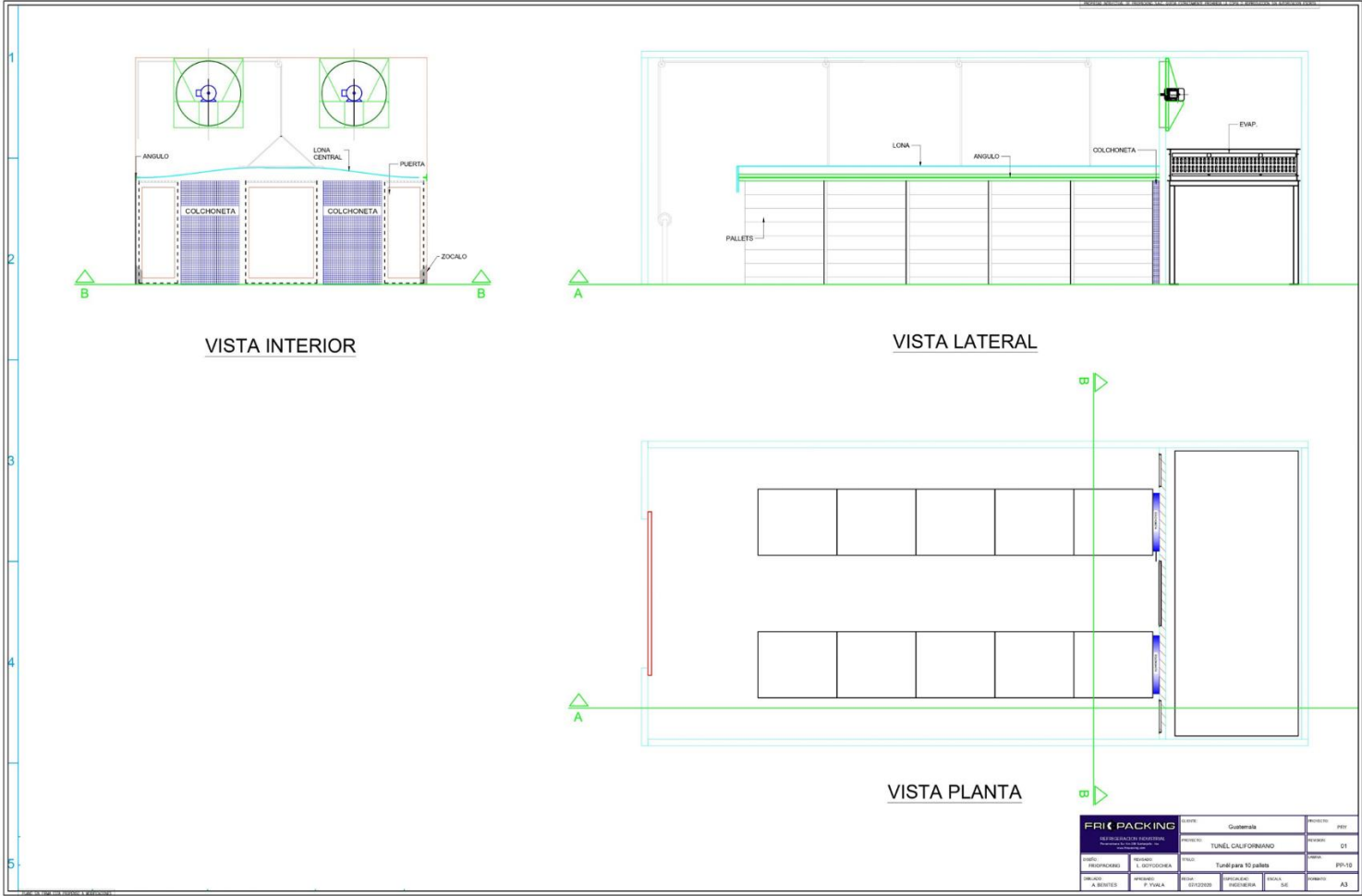
Cuadro 15. Condiciones de operación del evaporador

Cantidad	1
Capacidad	110.53 kW
Cantidad de ventiladores	2
Capacidad de cada ventilador	15.00 kW
Temperatura evaporación	-5.00 °C
Potencia frigorífica	106.20 kW
Caudal	3383.5 kg/h

Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Con el calor que se debe eliminar del producto y la capacidad frigorífica del túnel se determinó que el tiempo necesario para disminuir la temperatura de 24.60 °C a 4.00°C es de 0.85 horas (51 min). Luego del enfriado el producto se almacena a 4.00°C, se ingresa otro lote al túnel de enfriamiento y se repite el mismo proceso hasta que se finalice la producción planificada.

Figura 14. Plano del túnel californiano para 10 Pallets



Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

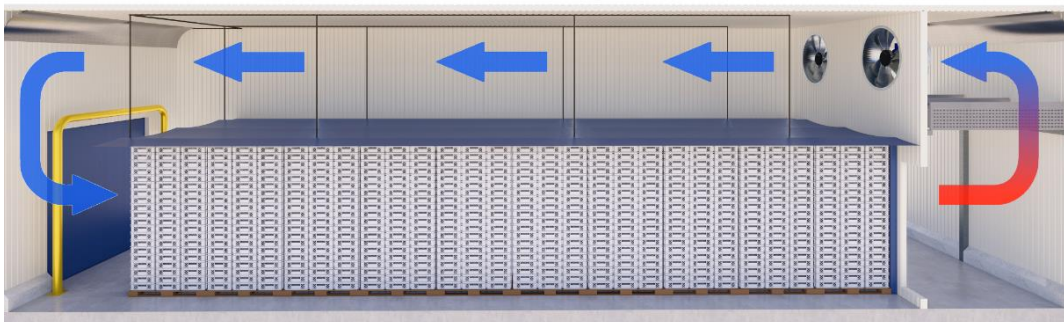
El túnel cuenta con ventiladores (Figura 15) que proporcionan el caudal del aire y genera la recirculación (Figura 16) estos ventiladores están diseñados con el caudal adecuado y la presión para vencer la resistencia que ejerce los pallets y poder enfriar y trasladar el calor de la fruta a la parte de atrás de la falsa pared donde están instalados los ventiladores. Esta falsa pared sirve como una barrera de alta presión en la parte izquierda y la parte derecha de baja presión. La flecha de la figura 16, el color rojo simboliza que es una temperatura alta (caliente), es el calor que se le extrae a la fruta. Este calor sube y pasa por evaporador donde fluye en la parte interna el refrigerante, el aire atraviesa perpendicularmente el evaporador, este se enfría e ingresa al túnel. Además, cuenta con un sistema de lonas (Figura 18) que permite canalizar el aire para enfriar la fruta.

Figura 15. Ventilador del túnel californiano de 15kW



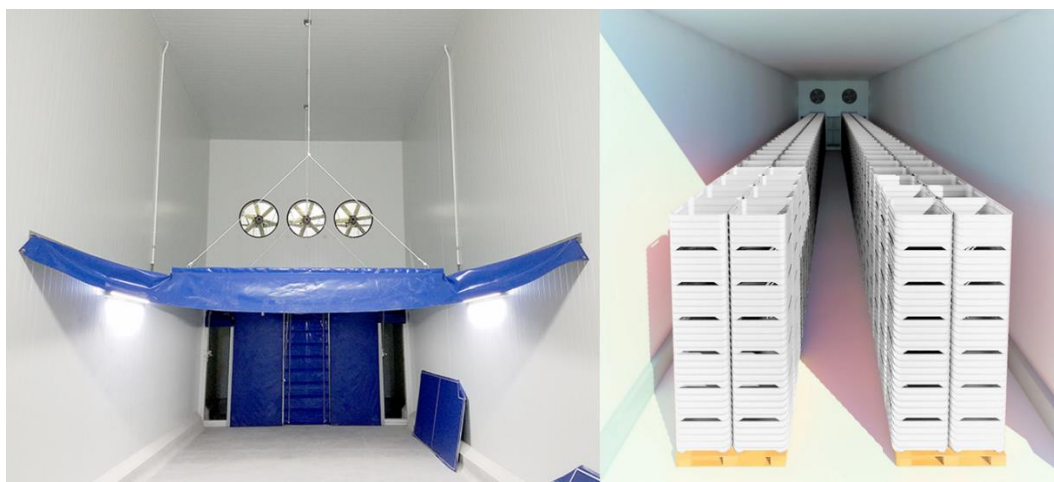
Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Figura 16. Vista lateral y circulación de aire del túnel californiano



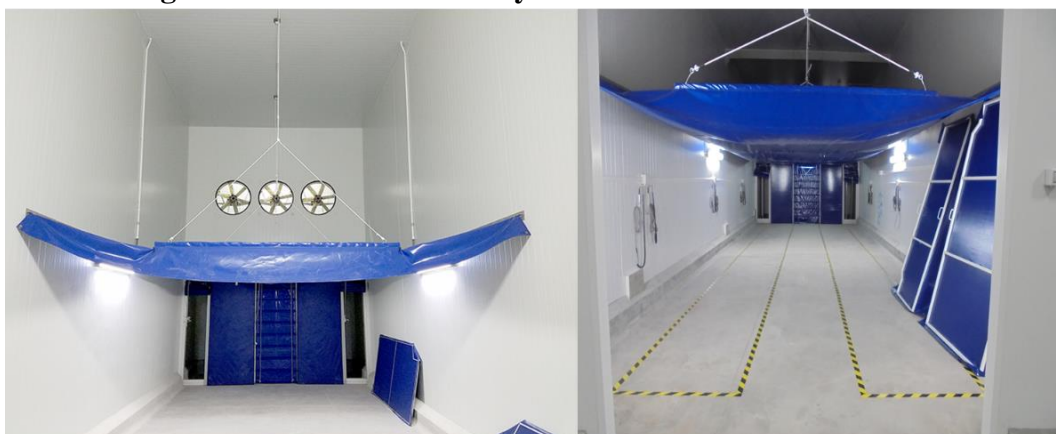
Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Figura 17. Vista frontal del túnel californiano



Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

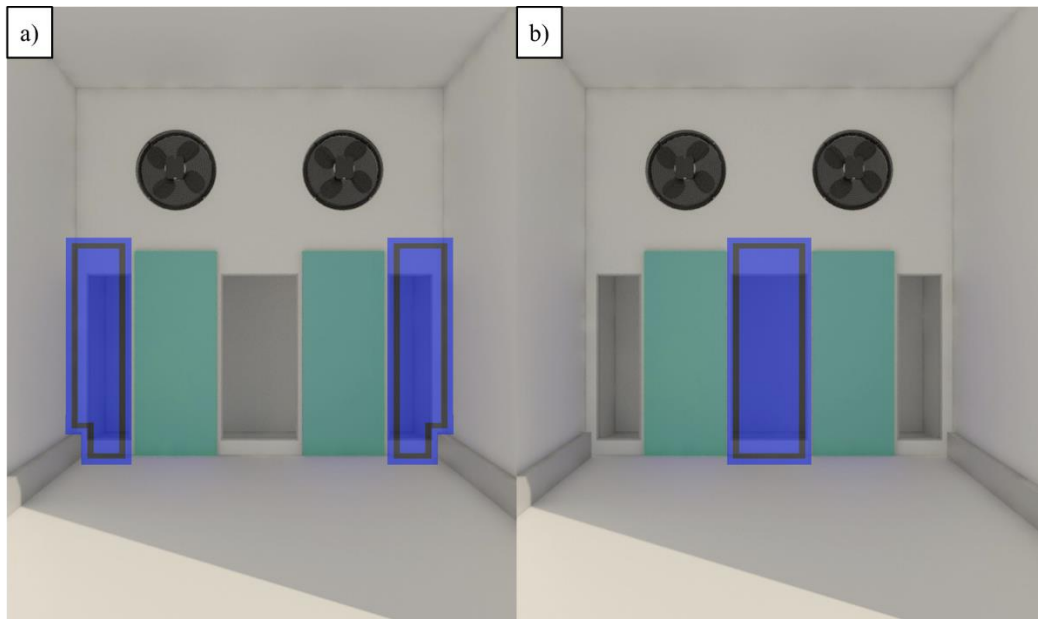
Figura 18. Sistema de lonas y colchonetas del túnel californiano



Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Las lonas se posicionan sobre los pallets, se coloca una tapa en la parte frontal para generar un ducto central (Figura 19 a) y Figura 20 a)) por donde las flechas rojas retornan el aire y por las partes exteriores ingresa en el sentido de los agujeros de las cajas. Las lonas se invierten (Figura 19 b) y Figura 20 b)) y se genera una inversión de flujo del aire, en los últimos minutos del enfriamiento se invierte el giro para homogenizar la temperatura de la cara interna de los pallets de fruta.

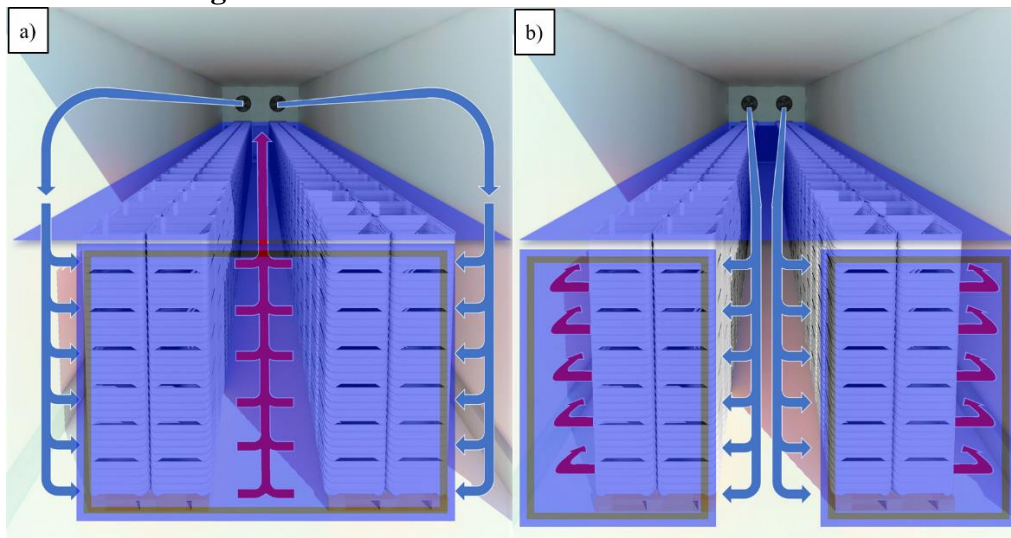
Figura 19. Vista de fondo del túnel californiano y colocación de lonas para la inversión de aire.



a) La ventana del medio está abierta y las exteriores están cerradas formando un callejón central donde el aire caliente sale. b) Las ventanas exteriores están abiertas y la del medio cerrada formando callejones externos donde sale el aire caliente. Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Nota: Los cuadros azules representan lonas que cubren el producto durante el enfriamiento y permiten cerrar las ventanas según el flujo del aire. Los cuadros grises representan la salida (ventana) del aire del túnel.

Figura 20. Inversión del aire en el túnel californiano

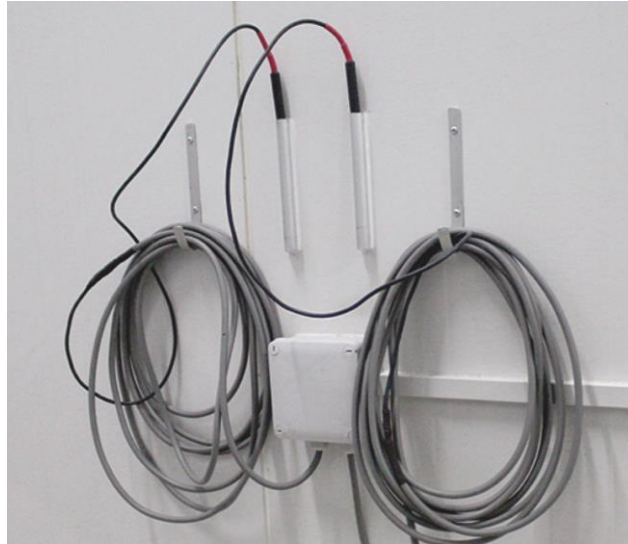


Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Nota: Los cuadros azules representan lonas que cubren el producto durante el enfriamiento y permiten la inversión del aire.

Para garantizar que la fruta llega a la temperatura de salida establecida, se utilizan unos sensores termométría (Figura 21) que van cableados a una computadora. Estos sensores penetran la fruta y permite tener un control en tiempo real del enfriamiento de la fruta.

Figura 21. Sensores termométría



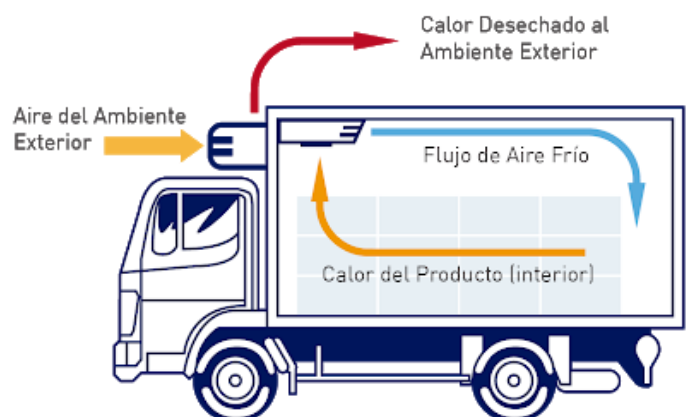
Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

7.4.3. Transporte frigorífico

El transporte es importante para la distribución del producto, el cual debe cumplir con las necesidades del producto como lo es la temperatura. Al no tener un transporte no refrigerado de las fincas a la planta, el producto incrementa su temperatura, ya que el contenedor no cuenta con ningún tipo de circulación de aire lo que provoca un incremento de la temperatura y como consecuencia una maduración rápida de la fruta.

Los transportes con contenedores frigoríficos están equipados con su propia unidad de refrigeración. Esto permite que el aire frío viaje a través del producto dentro del contenedor. El aire entra frío al contenedor, pasa por el producto y luego sale del aire caliente al exterior del contenedor (Figura 22)

Figura 22. Flujo de aire en contenedor frigorífico



Fuente: (Corporación Z1, 2020)

Sin embargo, la función del transporte frigorífico de finca a planta no es para enfriar en su totalidad el producto, sino que es para mantener el producto en un ambiente más fresco, ya que en transporte puede incrementar la temperatura por factores climáticos y el calor de la misma fruta (Figura 23). El tamaño y cantidad de este transporte depende de la exportación planificada, de los proveedores que proporcionarán la fruta y de la logística de recolección.

Figura 23. Transporte frigorífico para la recolección de fruta en fincas



Fuente: (Ibercontainer, 2020)

La temperatura del transporte debe ser de 4.00°C para mantener la conservación del producto. Además, este transporte ya sea tercerizado o propio debe cumplir con las buenas prácticas de transporte previo a la carga, durante la carga, en tránsito y durante la descarga.

Procedimiento antes de la carga

- a) El vehículo se debe encontrar en buenas condiciones de limpieza
- b) No debe haber residuos de cargamentos anteriores
- c) No debe haber residuos de químicos de limpieza o desinfección
- d) El cierre de las puertas y otras aberturas debe ser hermético
- e) La carga debe ser acomodada de modo que se reduzca su exposición con el ambiente y con una ubicación apropiada de acuerdo con sus requisitos de temperatura y con su destino
- f) Enfriar el camión por lo menos una hora antes de la carga

(PAHO, 2015)

Procedimiento durante la carga:

- a) El producto se debe proteger del polvo, humedad u otro tipo de suciedad y evitar el contacto con el piso y paredes del área de carga o del vehículo
- b) El tiempo de carga debe ser el mínimo posible
- c) Verificar que no se hayan producido roturas en envases
- d) En el vehículo no se transporten objetos o sustancias diferentes a los autorizados.
- e) En el compartimiento no ingresen personal ajeno o animales

(PAHO, 2015)

Procedimiento en tránsito

- a) Se debe verificar periódicamente según la duración del viaje, la integridad de la carga y las condiciones de temperatura
- b) El cierre y hermeticidad de las puertas y otras aberturas

(PAHO, 2015)

Procedimiento de descarga

- a) Se debe verificar que la integridad del producto se haya mantenido
- b) Manejar o desechar adecuadamente el producto que haya sufrido contaminación
- c) El tiempo de descarga debe ser el mínimo posible

(PAHO, 2015)

Durante el transporte aéreo también debe mantener la cadena de frío. Para ello, se deben utilizar contenedores especiales para este transporte a los que se le pueda regular la temperatura. El contenedor de temperatura regulable IATA RMP (Figura 24), cuenta con espuma de poliéster entre los paneles laterales, temperatura controlada entre 0 a 20 °C y apertura con puerta sellable. Comportamiento con capacidad de hasta 400 kg de hielo seco con espacio para baterías de ventilador en un lado. Además, la temperatura es registrada mediante un termógrafo que trae incorporado el contenedor.

Figura 24. Contenedor de temperatura regulable IATA RMP



Fuente: (Noatum, 2020)

Cuadro 16. Características del contenedor de temperatura regulable IATA RMP

Descripción	Información
Dimensiones (largo x ancho x alto)	3.01m x 2.23m x 1.63m
Volumen	10.91 m ³
Tara	600.00 kg
Peso bruto máximo	6033.00 kg
Compatibilidad con aeronaves	B747 / B777 / A340 / A330

Fuente: (Noatum, 2020)

En estos contenedores se pueden transportar hasta 5 pallets de fruta, por lo tanto, para exportar un lote de 10 pallets es necesario 2 de estos contenedores. Asimismo, la cantidad de contenedores depende de la exportación planificada. El uso de este tipo de contenedores permite disminuir el riesgo de aumento de temperatura de la fruta y que la cadena de frío no sea afectada.

El transporte aéreo y uso de contenedores de temperatura regulable se justifica, ya que el producto es de alto valor para el mercado norteamericano. Este mercado es muy sofisticado y demandan productos de la máxima calidad, estos productos deben ser cuidadosamente empacados y distribuido y etiquetado correctamente. Si el producto no satisface estas especificaciones, o es de calidad inferior a la óptima, será rechazado inmediatamente, o se clasificará en un frado de calidad cuyo precio es de quiebra para el exportador, lo que frecuentemente ocasiona pérdidas en los embarques (FAO, 2020).

7.4.4. Evaluación de tiempos de proceso

Se realizaron varias propuestas y cambios en diferentes eslabones de la cadena de suministro. Sin embargo, en los procesos de los cuales la agroexportadora es responsable se eliminaron y agregaron nuevos procesos. Por lo tanto, los cambios en tiempo de dichos procesos son importante, ya que de ellos depende la cantidad de pallets que se pueden procesar, personal, entre otros. En el siguiente cuadro se muestran los tiempos de proceso por 10 pallets:

Cuadro 17. Comparación de tiempos de procesos realizados por la agroexportadora

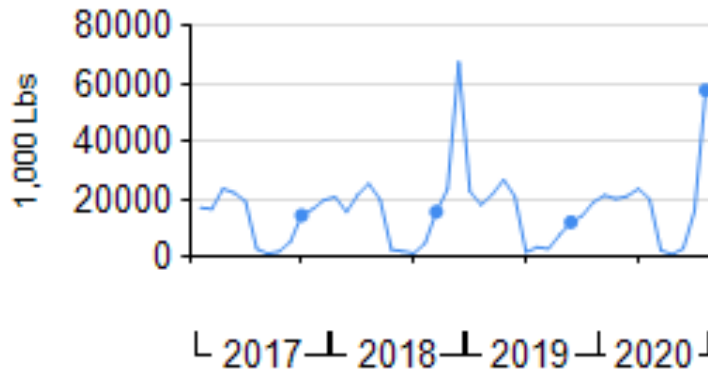
Proceso	Actual (horas)	Propuesta (horas)
Descarga, recepción e inspección	1.00	1.00
Selección y empaque	2.00	0.00
Preenfriamiento por aire forzado	0.00	0.85
Almacenamiento refrigerado	5.00	5.00
Embalaje con aislante térmico	0.60	0.60
Total	8.60	7.45

Con la nueva propuesta en los procesos realizados por la agroexportadora se logra reducir 1.15 horas. Reducir el tiempo es de gran utilidad, ya que da una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta, permitiendo dar una solución rápida en el caso de conflicto. Además, se convierte en una ventaja competitiva frente a la competencia en términos de producción, distribución y entrega de producto. Por último, la propuesta permite disminuir la manipulación directa de la fruta, lo cual afecta su calidad y vida útil, ya que esta fruta se magulla rápidamente y debe pasar por un preenfriamiento antes de ser almacenada y exportada.

7.4.5. Comparación de la pérdida postcosecha de mora

Las importaciones estadounidenses de libras de mora fresca incrementaron en el año 2020 (Figura 25) y se pronostica un crecimiento de importación del 7.62% en los próximos años (USDA, 2020).

Figura 25. Importaciones estadounidenses de moras frescas por volumen (1000 lb)

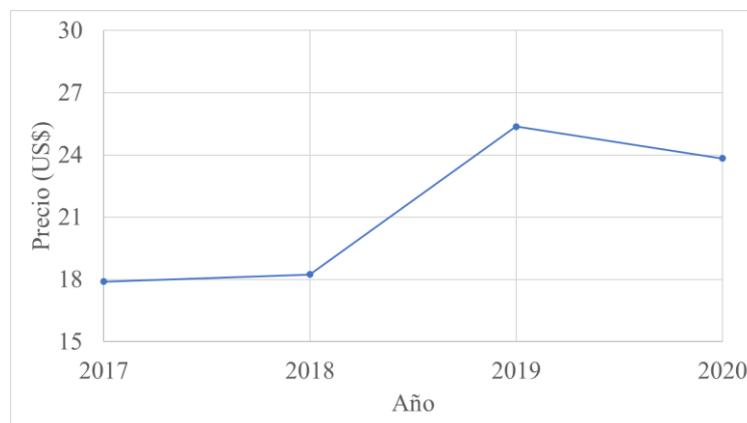


Fuente: (USDA, 2020)

Además, en los últimos dos años el precio de los flats de mora ha incrementado en comparación en el año 2017 (Figura 26). La combra de bayas frescas, donde están incluidas las moras, debido a una alta demanda de mismas, ya que los consumidores buscan una alimentación más saludable y un producto de alta calidad. Sin embargo, el precio del flat depende muchos factores tales como: el proceso de la mora, distribución tipo de mora, país de origen, negociaciones con el importador, destino de la exportación, calidad de la fruta y la demanda de la fruta (FAO, 2020).

En el año 2020, el precio de cada flat de mora de 12 clamshells de origen guatemalteco fue de US\$ 23.84 un 6% menos que el 2019 que fue de US\$ 25.36 (USDA, 2020). Sin embargo, se estima un incremento en el precio de 2% en los próximos años, debido a la demanda de esta fruta y procesos logísticos.

Figura 26. Precio promedio anual de flats de mora de 12 clamshell importados por Estados Unidos



Fuente: USDA, 2020. Elaborado en Excel

Considerando un 7.62% de crecimiento de importación estadounidense de mora fresca y un crecimiento de 2.00% de precio de flat, se determinó la pérdida económica de mora sin cadena de frío y con cadena de frío. Además, aproximadamente el 32% de pérdida de mora se debe a una cadena de frío ineficiente y un 6.5% de pérdidas son por malas prácticas agrícolas, de manufactura, de distribución, entre otros (Cuadro 18).

Cuadro 18. Pérdidas económicas por falta de implementación de una cadena de frío.

Año	Producción de flats (unidades)	Precio de venta (US\$)	Total de exportación (US\$)	Porcentaje de pérdida (%)	Total de flats rechazados	Total rechazado (US\$)	Total ingresado (US\$)
2020	475200	23.84	11327976	32	152064	3624952	7703024
2021	511410	24.32	12434991	32	163651	3979197	8455794
2022	550380	24.80	13650188	32	176122	4368060	9282128
2023	592319	25.30	14984139	32	189542	4794925	10189215
2024	637453	25.80	16448449	32	203985	5263504	11184945

La implementación de una cadena de frío y el buen manejo de ella reducirá el porcentaje de rechazo o merma del producto. Sin embargo, hay otros factores externos e internos que pueden ser controlable o no que ocasionan el rechazo de producto, el cual representa un porcentaje de rechazo del 6.5%. La reducción del porcentaje de rechazo de fruta tiene un impacto positivo para el exportador a corto y largo plazo (Cuadro 19). Además, al exportador le permitirá ser más competitivo, entregar un producto de alta calidad, y disminuir el riesgo de rechazo y/o una clasificación de menor calidad por parte del importador.

Cuadro 19. Ingresos económicos con una cadena de frío eficiente.

Año	Producción de Flats (unidades)	Precio de venta (US\$)	Total de exportación (US\$)	Porcentaje de pérdida	Incremento del costo por cadena de frío	Total de flats rechazados	Total rechazado (US\$)	Total ingresado (US\$)
2020	475200	23,84	11327976	6.5%	50.0%	7363	175526	5488462
2021	511410	24,32	12434991	6.5%	50.0%	8083	196533	12238458
2022	550380	24,80	13650188	6.5%	50.0%	8873	220053	13430135
2023	592319	25,30	14984139	6.5%	50.0%	9740	246389	14737750
2024	637453	25,80	16448449	6.5%	50.0%	10691	275877	16172573

En el Cuadro 20 muestra la evaluación económica de una exportadora cuenta que con una cadena de frío eficiente y cuando no cuenta con una cadena de frío ineficiente. Si no se cuenta con una cadena de frío el ingreso es del 68.00% y si se cuenta con una cadena de frío con un control de temperatura y buen manejo de la fruta el ingreso será del 90.15, es decir una mejora del 22.15 % en los ingresos.

Cuadro 20. Comparativa de ingresos de la exportadora con cadena de frío ineficiente y cadena de frío eficiente.

Año	Total de ingreso por falta de cadena de frío (US\$)	Total de ingreso con cadena de frío eficiente (US\$)	Diferencia (US\$)
2020	7703024	5488462	2214562
2021	8455794	12238458	3782664
2022	9282128	13430135	4148007
2023	10189215	14737750	4548535
2024	11184945	16172573	4987627
Total	46815106	62067378	15252272
Porcentaje de ingresos	68.00 %	90.15 %	22.15 %

La cadena de frío permite conservar la fruta, disminuir daños en esta y prologar su vida útil. Con una temperatura constante del producto a través de todas las etapas de manejo postcosecha, empaque, almacenamiento, exportación y mercado incluyendo su exhibición en el mercado minorista (FAO, 2020). Además, los mercados de Estados Unidos y países de Europa exigen la cadena de frío, ya que es parte de la calidad y trazabilidad que el exportador debe cumplir y proporcionar la respectiva documentación al importador. Por lo tanto, para continuar con una exportación de mora y continuar compitiendo a largo plazo, el exportador se debe acoplar a las exigencias del cliente. Además, permite disminuir las pérdidas de producto, alargar la vida útil e incrementar los ingresos.

7.5. Trazabilidad

La trazabilidad en la cadena de suministro de la mora es clave para la exportación de cualquier producto, especialmente a un mercado como lo es Estados Unidos, ya que facilita la exportación. Por ello, se debe tener un control del producto, de los procesos a los que es sometido y la documentación dicho producto para su comercialización y demostrar que el producto es seguro desde su origen.

Cada actor o eslabón de la cadena de suministro de la mora es responsable de cumplir con la documentación necesaria para el control de trazabilidad. La norma GLOBALG.A.P. brinda información para lograr una producción segura y sostenible con el fin de beneficiar a los productores, minoristas y consumidores en todas partes del mundo (GLOBALG.A.P., 2020). Por lo tanto, se toma de referencia a esta norma y requisitos de FDA para la exportación de producto a Estados Unidos.

Cuadro 21. Cadena de suministro de la mora que debe tener documentación de trazabilidad para la exportación

Actor en la cadena de suministro	Rol y documentación en la cadena de suministro
Producción primaria para productor	Procesos agrícolas de manejo de suelos, siembra, cosecha y primeros procesos de postcosecha
Producción primaria para cosecha	Procesos agrícolas de manejo de abonos, pesticidas, días de corte
Transporte primario	Transporte de la plantación o centro de acopio a la planta exportadora y/o empaque
Planta de acondicionamiento y embalaje	Procesos en los que el producto vegetal se inspecciona, acondiciona y embala para ser comercializado.
Transporte a almacén (si aplica)	En el caso que el lugar de almacén no sea dentro de las instalaciones de planta de empaque debe considerarse este otro transporte.
Transporte para exportación	Etapas del proceso que puede estar constituida por varias etapas, medios de transporte y actores. Es el proceso de llevar el producto almacenado a su cliente en el extranjero
Documentación e información para la exportación	Etapas del proceso donde se verifica toda la información y documentación previo a la exportación. Puede estar constituida por varias etapas previo a llevar el producto al cliente en el extranjero
Almacenamiento y transporte del producto por parte del importador	Procesos en los cuales el importador es responsable del producto y encargado de distribuir el producto en diferentes canales de venta
Almacén del vendedor al detalle	Información importante que el vendedor a detalle actualizar y tener control
Cliente final/Consumidor	Información importante que el consumidor desea tener a su alcance en el momento de selección del producto

Cuadro 22. Documentación para la producción primaria para productor

Información de identificación del productor	
Nombre del productor (razón social o persona individual)	
Código del productor	
Producto	
Contacto	
Descripción	Documentación/Información
Plantación	<ul style="list-style-type: none"> - Localización de la plantación: Dirección y coordenadas de geolocalización - Si la plantación está dividida en sectores para siembra y cosecha, geolocalizar las coordenadas de cada sector. - Temporada de cosecha (Meses del año)
Suministro de producto	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de proveeduría (cuánto producto puede brindar por temporada y cualquier nota sobre factores climáticos que puedan afectar) - Cantidad total - Cantidad semanal - Historial de calidad de producto suministrado (rechazos por año = producto rechazado en kg en año anterior/producto suministrado total en kg año anterior * 100) - Indicador de rechazo - Causas principales
Certificación de calidad o inocuidad	<ul style="list-style-type: none"> - El productor cuenta con alguna certificación de calidad o inocuidad (Ej. Global G.A.P., BPA, FSSC 22000): - Cuenta con certificación (si/no) - Nombre de la certificación - Ente certificador - Vigencia
Inspecciones al proveedor	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha de la última inspección - Observaciones - Acciones a tomar derivadas a la inspección y fecha de cumplimiento - Fecha de próxima inspección
Control de calidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento con calidad del agua (si/no) - Registro de análisis de laboratorio acreditado - Acciones a tomar derivadas de los resultados de laboratorio y fecha de cumplimiento - Fecha próxima de análisis
Control de agroquímicos	<ul style="list-style-type: none"> - Listado de agroquímicos - Registro vigente - Los químicos están aprobados en el país destino (si/no)

Nota: La producción primaria puede llevarse a cabo por plantaciones propias o de proveedores. Todo proveedor deber ser identificado y contar con la siguiente información.

Cuadro 23. Documentación para la producción primaria para cosecha

Información de identificación de la cosecha	
Código de productor Nombre de producto y variedad Ubicación de finca y sector de cosecha (coordenadas y localización) Lote y fecha de ingreso de semilla/pilón (cuando aplique)	
Descripción	Documentación/Información
Uso de abono orgánico	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó abono orgánico (Si/No) - Motivo - Tratamiento por inocuidad (si es comprado indicar el número de lote y certificado de calidad. Si es producción interna tener registros de control de tratamiento) - Fecha de aplicación - Encargado de aplicación
Uso de abonos químicos o fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó abono orgánico (Si/No) - Especificaciones de los abonos químicos o fertilizantes: nombre, marca, número de registro - Número de lote - Motivo - Cantidad - Fecha de aplicación <i>Nota: Esta información es por cada fertilizante y/o abonos químicos utilizados.</i>
Aplicación de pesticidas (si aplica)	<ul style="list-style-type: none"> - Número de lote - Plaga identificada - Especificaciones del químico utilizado: nombre y marca comercial - Registro sanitario vigente - Dosificación: concentración del químico y área a aplicar). <i>Nota: identificar el sector y el área en m²</i> - Fecha de aplicación - Tiempo de carencia establecido por fabricante - Localización del registro de aplicación - Análisis de monitoreo de residuos de pesticidas y localización de registro de análisis
Cosecha	<ul style="list-style-type: none"> - Día y horario - Localización del registro del personal - Registro de evaluación de madurez y requisitos de calidad - Localización de equipos utilizados y registros de su limpieza y sanitización - Uso de centros de acopio (si aplica) y localización - Tiempo de retención en campo o centro de acopio - Rendimiento: cantidad esperada, cantidad cosechada, cantidad de rechazo, motivo de rechazo - Método de empaque: tipo, empaque final o transporte, cantidad por empaque - Tamaño de lote (en peso y número de unidades de empaque) - Codificación de lote

Nota: En esta sección se describe información requerida por lote de producto vegetal fresco que es cosechado bajo las mismas condiciones (plantación y día)

Cuadro 24. Documentación para el transporte primario

Información de identificación del producto a transportar	
Nombre del producto Código de lote o lotes a transportar Cantidad por lote Cantidad total para transportar	
Descripción	Documentación/Información
Información del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte propio o tercerizado (si es tercerizado colocar la empresa) - Número de placa - Tipo de transporte (simple o con condiciones controladas) - Localización del registro de personal de transporte - Transporte directo de plantación a plantas o con múltiples paradas - Tiempo promedio de viaje - Fecha y horario de viaje (hora de inicio y hora de llegada) - Estibas máximas permitidas
Condiciones del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas de transporte (si aplica) <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad relativa - Localización de registro de condiciones durante el transporte - Localización de registro de limpieza y de inspección del transporte - Localización del registro del producto transportado en los últimos 3 viajes

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información para el control del transporte ya sea propio o tercerizado

Cuadro 25. Documentación para la planta de acondicionamiento y embalaje

Información de ingreso de producto a planta	
Producto Código del productor Fecha de corte Fecha y hora de recepción Tamaño del lote Código de lote	
Descripción	Documentación/Información
Etapa 1: Recepción	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de control del proceso - Especificaciones del producto - Evaluación de calidad <ul style="list-style-type: none"> - Daño mecánico - Fuera de color - Daño por insectos - Sobre maduración - Mohos - Localización de registros de recepción - Registros de limpieza de área de recepción - Registros del personal del área de recepción
Etapa 2: Preenfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Horario de inicio de preenfriamiento - Pallets en preenfriado - Parámetros de control del proceso - Registros de temperatura inicial y final de la fruta - Tiempo total - Especificaciones del producto - Registros de limpieza del pre enfriador - Registros del personal de preenfriamiento
Etapa 3: Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha y horario de entrada a almacenamiento - Ubicación en el almacenamiento - Condiciones del almacenamiento <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad relativa - Registros de control de temperatura y humedad relativa - Localización de registros
Etapa 4: Embalaje de producto	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha y horario de embalaje - Especificaciones del embalaje - Identificación del lote terminado - Localización de registros
Materiales de empaque	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de cada empaque (primario/secundario/terciario) - Número de lote del empaque y proveedor
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad ingresada - Cantidad empacada - Cantidad rechazada - Motivos de rechazo

Descripción	Documentación/Información
Almacenamiento de producto terminado (si aplica)	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas por almacén - Temperatura - Humedad relativa - Estiba máxima permitida - Localización de registros de monitoreo de condiciones de almacén - Localización de registros de entradas y salidas - Localización de fechas de limpieza de las instalaciones de almacén y de control de plagas - Localización de registros de personal de almacén

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información del proceso de acondicionamiento y embalaje. Para cada cliente y producto debe ajustarse esta sección a las etapas y métodos de procesamiento.

Cuadro 26. Documentación para transporte a almacén

Información de identificación del productor	
Nombre del producto Código de lote o lotes a transportar Cantidad por lote Cantidad total para transportar	
Descripción	Documentación/Información
Información del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte propio o tercerizado (si es tercerizado colocar la empresa) - Número de placa - Tipo de transporte (simple o con condiciones controladas) - Localización del registro de personal de transporte - Tiempo promedio de viaje - Fecha y horario de viaje (hora de inicio y hora de llegada) - Estibas máximas permitidas
Condiciones del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas de transporte (si aplica) - Temperatura - Humedad relativa - Localización de registro de condiciones durante el transporte - Localización de registro de limpieza y de inspección del transporte - Localización del registro del producto transportado en los últimos 3 viajes

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información necesarios para el control del transporte, ya sea propio o tercerizado

Cuadro 27. Documentación para transporte para exportación

Transporte Terrestre	
Código de lote o lotes a transportar Cantidad por lote Cantidad total para transportar	
Descripción	Documentación/Información
Información del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte propio o tercerizado (si es tercerizado colocar la empresa) - Número de placa (las que apliquen por transbordo) - Tipo de transporte (simple o con condiciones controladas) - Identificación del contenedor (si aplica) - Localización del registro de personal de transporte - Tiempo promedio de viaje - Fecha y horario de viaje (hora de inicio y hora de llegada) - Estibas máximas permitidas
Condiciones del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas de transporte (si aplica) - Temperatura - Humedad relativa - Localización de registro de condiciones durante el transporte - Localización de registro de limpieza y de inspección del transporte - Localización del registro del producto transportado en los últimos 3 viajes
Transporte Aéreo	
Código de lote o lotes a transportar Cantidad por lote Cantidad total para transportar	
Descripción	Documentación/Información
Información del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte propio o tercerizado (si es tercerizado colocar la empresa) - Tipo de transporte (simple o con condiciones controladas) - Identificación del contenedor (si aplica) - Localización del registro de personal de transporte - Tiempo promedio de viaje - Fecha y horario de viaje (hora de inicio y hora de llegada) - Estibas máximas permitidas
Condiciones del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas de transporte (si aplica) - Temperatura - Humedad relativa - Localización de registro de condiciones durante el transporte - Localización de registro de limpieza y de inspección del transporte - Localización del registro del producto transportado en los últimos 3 viajes

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información necesarios para el control del transporte, ya se propio o tercerizado. Llenar para los transportes que apliquen.

Cuadro 28. Documentación para exportación

Descripción	Documentación/Información
Información del producto a exportar	<ul style="list-style-type: none">- Documentación del producto- Fecha de exportación- Documentación de calidad- Documentación de la autorización de salida de producto- Empresa encargada de la exportación- Transporte de exportación
Exportador	<ul style="list-style-type: none">- Tipo de empresa exportadora- Código de la empresa exportadora- Documentación tributaria- Certificado de origen- Declaración de exportación- Documento fitosanitario- Factura comercial- Listado del producto, descripción y cantidad (packing list)- Certificados de circulación de mercancías- Términos de acuerdo comercial de exportación (incoterms actualizados)- Documentación requerida el país destino- Puerto de salida- Puerto del destino- Documentación del transporte utilizado- Información de trazabilidad/rastreo del trayecto- Factura de servicios

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información necesarios para la exportación, están sujetos a cambios según los requerimientos y cambios del país extranjero o en el país de origen.

Cuadro 29. Documentación para el almacén y transporte del importador

Transporte Terrestre	
Código de lote o lotes a transportar Cantidad por lote Cantidad total importada	
Descripción	Documentación/Información
Información del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte propio o tercerizado (si es tercerizado colocar la empresa) - Número de placa - Tipo de transporte (simple o con condiciones controladas) - Localización del registro de personal de transporte - Tiempo promedio de viaje - Fecha y horario de viaje (hora de inicio y hora de llegada) <p style="text-align: center;">Estibas máximas permitidas</p>
Condiciones del transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones requeridas de transporte (si aplica) <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad relativa - Localización de registro de condiciones durante el transporte - Localización de registro de limpieza y de inspección del transporte - Localización del registro del producto transportado en los últimos 3 viajes
Almacén	
Código de lote o lotes a almacenar Cantidad por lote Cantidad total	
Descripción	Documentación/Información
Recepción del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha - Hora - Reporte de calidad - Razones de rechazo - Cantidad producto rechazado en kg - Cantidad de producto aceptado en kg
Condiciones del almacén	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación del almacén - Condiciones requeridas por almacén <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad relativa - Estiba máxima permitida - Localización de registros de monitoreo de condiciones de almacén - Localización de registros de entradas y salidas - Localización de fechas de limpieza de las instalaciones de almacén y de control de plagas - Localización de registros de personal de almacén

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información necesarios para el control del almacenamiento y transporte, ya se propio o tercerizado.

Cuadro 30. Documentación para el almacén del vendedor a detalle

Información de ingreso	
Empresa	
Código de lote	
Cantidad recibida	
Descripción	Documentación/Información
Recepción del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha - Hora - Reporte de calidad - Razones de rechazo - Cantidad producto rechazado en kg - Cantidad de producto aceptado en kg
Condiciones del almacén	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación del almacén - Condiciones requeridas por almacén <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad relativa - Estiba máxima permitida - Localización de registros de monitoreo de condiciones de almacén - Localización de registros de entradas y salidas - Localización de fechas de limpieza de las instalaciones de almacén y de control de plagas - Localización de registros de personal de almacén

Nota: En esta sección se describen los requisitos de información necesarios para el control del almacenamiento.

Cuadro 31. Documentación de compra por el consumidor

Información para el consumidor
País de origen
Empresa exportadora
Certificación de la empresa exportadora
Certificación de Global G.A.P. (si aplica)
Certificación de producto orgánico (USDA) (si aplica)
Condiciones de la cadena de suministro
Monitoreo del producto en la cadena de suministro

Nota: Esta información puede actualizarse según los requerimientos y exigencias de los consumidores

8. Conclusiones

1. Se evaluó el manejo postcosecha y la cadena de suministros de la mora *Rubus Ulmifolius* para exportación. Se identificó que la cadena de frío de este producto tiene oportunidades de mejora, por lo que, se desarrollaron propuestas de mejora con la finalidad de disminuir las pérdidas postcosecha.
2. Se determinaron puntos de control en la temperatura y en la información de trazabilidad correspondiente de la cadena de suministros, en efecto, ser utilizados para la mejora de calidad de producto, contar con un mejor control en todas las etapas del proceso, facilitar el proceso de exportación y disminuir el riesgo de pérdidas de producto.
3. Se propuso un nuevo proceso el cual involucra la implementación de un sistema de preenfriamiento por aire forzando, transporte terrestre con refrigeración y una exportación con temperatura controlada de 4.00°C. Permitiendo un control de la temperatura de la cadena de frío, una mejora en la productividad en el proceso de selección al disminuir de 1.15 horas, contribuyendo a conservación y calidad del producto.
4. Se determinó que la falta de control de una cadena de frío es causante del 32.00% de pérdida del producto y al contar con una cadena de frío con una temperatura controla la pérdida de producto disminuye a un 6.50%, permitiendo que los ingresos incrementen un 22.15%

9. Recomendaciones

1. Se recomienda realizar una auditoría de Global G.A.P en las diferentes instalaciones donde se procese y/o distribuye el producto, así como, la evaluación de cumplimiento con la legislación sobre inocuidad alimentaria e higiene apropiada. Realizar dicha auditoría permitirá realizar un mejor diagnóstico del exportador y cadena de la cadena de valor.
2. Dentro de las auditorías se recomienda evaluar las buenas prácticas agrícolas de los productores y cualquier otra actividad que pueda influir en la calidad de la fruta. Realizar dicha evaluación determinará si cumplen con las exigencias de la exportadora y calidad de la fruta.
3. Para la selección de un sistema de enfriamiento se recomienda tomar en cuenta, la forma de enfriar, el diseño del equipo, envases y embalajes, la cantidad de fruta a exportar, las instalaciones, espacio, recursos y equipos y/o áreas con las que se cuenta y si se deben realizar cambios previos a instalación del equipo de preenfriamiento. Estas consideraciones son de suma importancia, ya que de estas depende el tipo de túnel de enfriamiento para la fruta.
4. Se recomienda la revisión de la logística de recolección de fruta, evaluar rutas, tiempos, transporte y cualquier otra variable que pueda afectar a la fruta, incluyendo demoras, retrasos, holguras, entre otros. Evaluar la logística permitirá obtener las deficiencias de este y realizar propuestas de mejora para minimizar tiempo, minimizar costos, determinar la ruta más corta y contar con una planificación previo a la recolección.
5. Se recomienda realizar una evaluación de inversión de los equipos y recursos necesarios para la implementación de misma y realizar la proyección del tiempo del retorno de inversión.
6. Luego de realizar cualquier cambio tanto como en procesos y documentación se recomienda verificar su correcto funcionamiento y realizar otros cambios o ajustes según sea el caso.

10. Bibliografía

- Acosa, B. (2019). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Araña roja cómo eliminarla*: <https://www.ecologiaverde.com/arana-roja-como-eliminarla-2380.html>
- Agriculturers. (2014). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Manejo y control de Frankliniella occidentalis, el trips de las flores*: <http://agriculturers.com/manejo-y-control-de-frankliniella-occidentalis-el-trips-de-las-flores/>
- Agricultural Marketing Resource Center (AgMRC). (2019). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Blackberries Estados Unidos*: <https://www.agmrc.org/commodities-products/fruits/blackberries>
- Agrotterra. (2016). Recuperado el 23 de febrero de 2020, de *Top 10 productos contra la Botrytis*: <https://www.agrotterra.com/blog/descubrir/top-10-productos-contrala-botrytis/78960/>
- Alarcon, E. (2014) Recuperado el 25 de marzo de 2020, de *Diseño e implementación de un sistema de aseguramiento y control de calidad en la producción de pulpa de Rubus Ulmifolius (mora) y Sonlanun quitoense (naranja) en el laboratorio de porcesamiento de alimentos de la FCP*: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/3819/1/27T0253.pdf>
- Angelfire. (2011). Recuperado el 17 de mayo de 2020, de *Cultivo de mora. Mora de Castilla. Ingeniería agrícola*: http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm#_Toc461855372
- Arruda, M. (2015). *Efecto de la temperatura de almacenamiento en la conservación de la mora en el período de postcosecha*. Revista Scielo. Vol. 45. págs. 413-419. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S198340632015000400413&script=sci_abstract
- Ávila, F. (2011). *El Cultivo de la Zorzamora*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 44 págs. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5082/T18890%20%20%20AVILA%20FONSECA,%20FIDEL%20%20MEMORIA.pdf?sequence=1>
- Bohórquez, S. (2017). *Sistema de conservación para la mora Castilla en el departamento de Antioquia*. Universidad de San Buenaventura Colombia. Bello, Colombia. 81 págs. Disponible en: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4222/3/Sistema_Conseccion_Mora_Bohorquez_2017.pdf
- Briz, J. & de Felipe, I. (2010). Recuperado el 17 mayo de 2020, de *Seguridad Alimentaria y Trazabilidad*. Universidad Politécnica de Madrid: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/5063/britz.pdf>
- Cano, P., Martínez, J., Moreno, Y. & López, G. (2014). *Modelo de gestión logística para pequeños y medianas empresas en México*. Contaduría y Administración. Vol. 6. Issue 1. págs. 181-203. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104215721510>

- Coronado, M., García, M., Santiago, V., Córdova, Y. & Vásquez, R. (2014). *La zarzamora, un mercado potencial para los productores agropecuarios de la sierra de sonora*. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol.34. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México. págs. 784-794. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/141/14131514013.pdf>
- Corporación Z1. (2020). Recuperado el 10 de octubre de 2020, de *Recomendaciones para camiones refrigerados*: <http://www.z1.com.pe/refrigeracion-para-camiones-peru/recomendaciones-para-camiones-refrigerados/>
- Egea, L. (2015). *Desarrollo de una propuesta de mejoramiento de productividad y competitividad de cadenas hortofrutícolas a partir de la evaluación tecnológica a partir de la evaluación tecnológica de la cadena de frío. Caso de estudio: Mora de castilla y papa criolla*. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/51911/1/1032373447.2016.pdf>
- FAO. (2019). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *América Latina y el Caribe es responsable del 20% de la comida que se pierde a nivel mundial desde la postcosecha hasta el comercio minorista. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1238003/>
- FAO. (2017). Recuperado el 8 de abril de 2020, de *Food loss and waste in the food supply chain*: <http://www.fao.org/3/a-bt300e.pdf>
- FAO. (2012). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *Manual Técnico. Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*: <http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s02.pdf>
- FAO. (2016). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *Pérdida y desperdicio de Alimentos. Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>
- FAO. (2017). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: <http://www.fao.org/3/a-i7248s.pdf>
- FAO. (2020). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *Transporte de productos frescos*: <http://www.fao.org/3/x5056S/x5056S06.htm#3.%20Transporte%20de%20productos%20frescos>
- FDA. (2017). Recuperado el 10 de abril de 2020, de *Good Manufacturing Practices for the 21st Century for Food Processing Section 1: Current Food Good Manufacturing Practices*: <https://www.fda.gov/food/current-good-manufacturing-practices-cgmps-food-and-dietary-supplements/good-manufacturing-practices-21st-century-food-processing-2004-study-section-1-current-food-good>
- FDA. (2015). Recuperado el 10 de abril de 2020, de *Standards for the growing, harvesting, packing, and holding of produce for human consumption*: <https://www.federalregister.gov/documents/2015/11/27/2015-28159/standards->

for-the-growing-harvesting-packing-and-holding-of-produce-for-human-consumption

- Flórez, D. (2012). *Diseño de una metodología de análisis energético de la cadena de frío en cadenas productivas hortofrutícolas para evaluar la productividad y competitividad: caso de estudio mora de castilla*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. 160 págs. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/6961/1/822079-2012.pdf>
- FUNIBER. (2020). Recuperado el 10 de febrero de 2020, de *Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos: Mora*. Fundación Universitaria Iberoamericana: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/MORA-1>
- García, C. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y postcosecha de mora (Rubus Glaucus Benth) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha*. Universidad Nacional de Colombia. 147 págs. Disponible en: <https://es.slideshare.net/humbertoyesidhernand/manejo-poscosecha-mora>
- Gestión Calidad. (2016). Recuperado el 18 de mayo de 2020, de *Plan de trazabilidad APPCC. Seguridad Alimentaria*: <http://gestion-calidad.com/plan-de-trazabilidad-appcc>
- GLOBAL G.A.P. (2019). Recuperado el 10 de marzo de 2020, de *Add-on de la Regla sobre Seguridad de Productos de la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos. Reglas Generales*: https://www.globalgap.org/.content/.galleries/documents/190614_GG_FSMA_PSR_GR_V1_1_es.pdf
- GLOBAL G.A.P. (2019). Recuperado el 10 de marzo de 2020, de *Norma GLOBAL G.A.P. para Frutas y Hortalizas*: <https://www.globalgap.org/es/for-producers/globalg.a.p./integrated-farm-assurance-ifa/crops/FV/>
- Grupo Frigopacking. (2020). Recuperado el 10 de septiembre de 2020, de *Túneles Californianos*: <http://www.friopacking.pe/>
- Ibercontainer. (2020). Recuperado el 10 de octubre de 2020, de *Contenedor frigorífico de 20 pies*: <https://ibercontainer.com/producto/contenedor-maritimo-de-20-pies-reefer-nuevo/>
- IICA. (2007). Recuperado el 23 de abril de 2020, de *Guía práctica para la exportación a EE. UU Moras*: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/IICA2007Mora.pdf>
- ISO 22000: 2018. Recuperado el 9 de abril de 2020, de *GUÍA DE IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA*: <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20PDFs/NQA-ISO-22000-Guia-de-implantacion.pdf>
- Koppert. (2016). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Cenicilla*. Disponible en: <https://www.koppert.mx/retos/control-de-enfermedades/cenicilla/>

- Lawrence, B. Melgar, C. (2018). Recuperado el 25 de junio de 2020, de *Harvest, Handling, and Storage Recommendations for Improving Postharvest Quality of Blackberry Cultivars*: https://www.researchgate.net/publication/328618716_Harvest_Handling_and_Storage_Recommendations_for_Improving_Postharvest_Quality_of_Blackberry_Cultivars
- La Huertina. (2018). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Plagas y enfermedades del cultivo de la mora o zarzamora*: <https://www.lahuertinadetoni.es/plagas-y-enfermedades-del-cultivo-de-la-mora-o-zarzamora/>
- Leiva, L. (2011). Recuperado el 11 de marzo de 2020, de *Manejo fitosanitario del cultivo de la mora (Rubus glaucus benth): Medidas para la temporada invernal*. ICA. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-ebd3-4f80-9518-c771712405eb/-nbsp3bmanejo-fitosanitario-delcultivo-de-la-mora.aspx>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2014). Recuperado el 15 de marzo de 2020, de *Perfil Comercial Bayal. Gobierno de Guatemala*: <https://www.maga.gob.gt/download/Perfil%20bayas.pdf>
- Nieto, A. (2013). Recuperado el 29 de abril de 2020, de *Enfriamiento por aire forzado*: <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/06/enfriamiento-por-aire-forzado/>
- NOEGA Systems. (2016). Recuperado el 17 de mayo de 2020, de *Logística y cadena de suministro*: https://www.noegasystems.com/blog/logistica/logistica-y-cadena-de-suministro#Objetivos_de_la_logistica
- ORBCOMM. (2020). Recuperado el 8 de abril de 2020, de *Smart trailer telematics for small to midsize fletes*: https://www.orbcomm.com/?source=google&medium=cpc&creative=414578866260&term=orb%20comm&matchtype=e&network=g&device=c&utm_term=orb%20comm&utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjw7LX0BRBiEiwA__gNw1AGb8FxFUnCZbKiaoOIglywGQCIj_Ak9rSGYVKB4HchjjJXrf5TjaRoCWFgQAvD_BwE
- PAHO. (2015). Recuperado el 10 de octubre de 2020, de *Manual sobre Buenas Prácticas Higiénicas para el transporte de alimentos en el departamento de Maldonado. Organización Panamericana de la Salud*: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/cha-manual-buenas-practicas-transporte-alimentos.pdf>
- PAHO. (2015). Recuperado el 10 de octubre de 2020, de *Manual de buenas prácticas de transporte de alimentos*: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/cha-manual-buenas-practicas-transporte-alimentos.pdf>
- Planesa, S.A. (2020). Recuperado el 10 de febrero de 2020, de *Planesa productor y exportador de moras de Guatemala*: <http://www.planesa.com.gt/espanol/index-2.html>

- PROCOLOMBIA. (2014). Recuperado el 16 de abril de 2020, de *Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. Exportaciones Turismo Inversión Marca País*: https://procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf
- Quan, M. (2020). *Predicción de problemas de calidad en mora (Rubus Ulmifolius) por medio de la interrelación de factores clave que afectan sus características de calidad y vida útil*. Universidad del Valle de Guatemala.
- Romero, J. (2018). Recuperado el 18 de abril de 2020, de *Cold Chain Challenge: Meeting Increased Demand for Fresh and Frozen Food. Food Quality and Safety*: <https://www.foodqualityandsafety.com/article/cold-chain-challenge-demand-fresh-frozen-food/2/>
- Salazar, J. (2016). *Diseño de un cuarto frío para almacenar y conservar el producto terminado y plan de conservación de equipos de refrigeración en Importaciones Mundiales S.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala. 103 págs. Disponible: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3282/1/Joaquin%20Adolfo%20Salazar%20C%20ashaj.pdf>
- SAMBRAMEX. (2020). Recuperado el 1 de mayo de 2020, de *Embalajes para zarzamoras*: <https://www.sambramex.com.mx/productos/embalajes-para-berries/embalajes-para-zarzamoras/>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2019). Recuperado el 22 de febrero de 2020, de *Noncitrus Fruits and Nuts 2018 Summary. United States*: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/zs25x846c/0z7096330/7s75dp373/ncit0619.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2020). Recuperado el 8 de abril de 2020, de *Data by commodity – Imports and Exports*: https://data.ers.usda.gov/reports.aspx?programArea=fruit&stat_year=2009&top=5&HardCopy=True&RowsPerPage=25&groupName=Noncitrus&commodityName=Avocados&ID=17851#P7c62a11689a8444da7c8fcf925b572be_14_1180
- Thermal Pallet. (2020). Recuperado el 10 de octubre de 2020, de *Aislante térmico para Pallets*: <https://www.tm2.es/thermal-pallet-liner/>
- Testa. (2018). Recuperado el 9 de abril de 2020, de *Logística de los alimentos y la importancia del mantenimiento de la cadena de frío*: <https://www.testa.tv/easyblog/entry/logistica-de-los-alimentos-y-la-importancia-del-mantenimiento-de-la-cadena-de-frio.html>
- The Weather Channel. (2020). Recuperado el 25 de marzo de 2020, de *Tiempo mensual para San José Poaquíl, Chimaltenango*: <https://weather.com/es-GT/tiempo/mensual/1/bf23daf1a349dd53ce53b66f161da2dea20ea288f36a81220c242ec36c2bf8bc>

11. Anexos

Anexo 1. Entrevistas

Jefe de plantación

- ¿Cuántos productores le proveen mora? ¿Cuáles son las ubicaciones de las fincas de dichos productores?
- ¿Qué requisitos les solicitan a los proveedores para poder comprarle su producto?
- ¿Capacitan a los productores? Si es así ¿con qué frecuencia de capacitan?
- ¿Realizan inspecciones para asegurar que los productores cumplan con las documentación solicitada y buenas prácticas agrícolas?
- ¿Con cuánto tiempo de anticipación se solicita mora a los productores?
- ¿Cuál es el mínimo de flats que se le solicita a un productor?

Productores

- ¿Cuáles son los horarios de recolección de mora?
- ¿Cuál es el método de recolección de mora y cuáles son los cuidados?
- ¿Cuánto tiempo se tardan en cosechar la mora?
- ¿Cuentan con control de plagas? Si es así ¿qué tipo de pesticidas utilizan y su frecuencia?
- ¿Qué tipo de empaque utilizan?
- ¿Cuáles son las características de mora de exportación?
- ¿Cuáles son los defectos más comunes en la mora?
- ¿Cuáles son las razones de rechazo de la mora en su proceso de selección y empaque? ¿Cuál es porcentaje aproximado?
- ¿Cuáles son las razones de rechazo de la mora por parte de la exportadora?
- ¿Cuál es el empaque y cómo se acomodan las moras para que no se dañen?
- ¿Cuántas moras aproximadamente lleva cada clamshell?
- ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento de la mora en el centro de acopio?
- ¿Cuánto tiempo pasan las moras en el centro de acopio?
- ¿Capacita a sus trabajadores en buenas prácticas agrícolas y tareas específicas? Si es así ¿con qué frecuencia capacita?

Personal de transporte primario

- ¿Cuáles son las condiciones del camión? ¿Cuenta con refrigeración?
- ¿Cuál es el tiempo promedio de carga de producto al camión?
- ¿Cuál es el horario de inicio de ruta y horario de entrega del producto a planta?
- ¿Cuál es el tiempo promedio de viaje total?
- ¿Cuenta con una logística para la recolección de mora?
- ¿Cuántas fincas en promedio visita para recolectar mora?
- ¿Cómo se controla la trazabilidad del producto?

Jefe de planta

- ¿Cuáles son los procesos a los que se somete la mora? ¿Cuáles son las condiciones de temperatura y humedad relativa?
- ¿Cuál es el tiempo promedio de cada proceso al que se somete la mora?
- ¿Cuentan con puntos críticos de control en las instalaciones? Si es así ¿dónde están ubicados, ¿cómo se monitorea y qué registro se realizan?
- ¿Cuáles son las razones de rechazo de mora a los proveedores? ¿Cuál es el porcentaje promedio de cada rechazo?
- ¿Cuál es el precio promedio por flat que se le da al cliente en el extranjero?
- ¿Cuál es el material de embalaje que se utiliza para los pallets?
- ¿Cuáles son las especificaciones de los pallets de mora para exportación (dimensiones, peso, cantidad de flat)?
- ¿Cuál es el mínimo y máximo de pallets que exportan por semana?
- ¿Cuántas exportaciones realizan por semana?
- ¿Cómo es el proceso de exportación? ¿Contratan a una empresa de logística?
- ¿El transporte de la planta al aeropuerto es refrigerado? Si es así ¿se monitorea la temperatura, tienen registros de la temperatura?
- Cuando la mora llega al aeropuerto ¿cuál es el tiempo de espera previo al vuelo? ¿Mientras está en espera se deja en un almacén con refrigeración?
- ¿Durante el vuelo el producto cuenta con refrigeración?
- ¿Utilizan algún sistema o tecnología para la trazabilidad del producto? ¿Cómo se lleva el control de la trazabilidad del producto?
- ¿Según qué norma/certificación/reglamento cumplen con la información de trazabilidad?
- ¿Su responsabilidad termina cuando el cliente recibe el producto en el aeropuerto o utilizan otro transporte para llegar al cliente?
- ¿Cuáles son las razones de rechazo por parte del cliente? ¿cuál es el porcentaje de rechazo? ¿se les proporciona un reporte de calidad?
- ¿Cómo les afecta el porcentaje de rechazo por parte los clientes? ¿qué sucede con la merma?
- ¿Cuáles son las especificaciones de los pallets?
- ¿Cuántas exportaciones se realizan por semana? ¿Cuántos pallets se exportan?
- ¿Qué meses no se exportan o es temporada baja?

Anexo 2. Carga de enfriamiento de frutas

Producto	Temperatura promedio de congelación °F	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb. °F		Calor latente de fusión BTU/lb.	Calor de evolución BTU por (24 hrs.) (ton) a la temp. indicada	
			Arriba del punto de congelación	Abajo del punto de congelación		°F	BTU
Frambuesa	30.1	82	0.85	0.45	122	40	6800-8500
Fresas	29.9	90	0.92	0.47	129	80	18100-22300
Granadas	28	77	0.87	0.48	112		
Grosella	30.2	84.7	0.88	0.45	120		
Higo(fresco)	27.1	78	0.82	0.43	112		
Higo(seco)	24	24	0.39	0.27	34		
Limas	29	88	0.89	0.48	122	40	810
						60	2970
Limones	28.1	88.3	0.92	0.48	127	40	810
						60	2970
Mandarines	28	87.3	0.93	0.51	126	32	3285
						40	5865
Mangos	32	93	0.9	0.48	134		
Manzanas	28.4	84.1	0.86	0.45	121	32	830
						40	1435
Melones	29	92.7	0.94	0.48	132	40	2000
						60	8500
Melón dulce	20	92.6	0.84	0.48	132	40	1000
Membrillo	28.1	85.3	0.88	0.45	122		
Moras	28.9	85.3	0.88	0.48	122		
Naranjas	28	87.2	0.9	0.48	124	32	795

Fuente: (Salazar, 2016)

Anexo 3. Propiedades termofísicas del polietileno tereftalato

PET	
Formula Molecular	(C ₁₀ H ₈ O ₄) _n
Densidad amorfa	1.370 g/cm ³
Densidad cristalina	1.455 g/cm ³
Módulo de Young (E) (E)	2800–3100 MPa
Presión(σ)	55–75 MPa
Límite elástico	50–150%
notch test	3.6 kJ/m ²
Glass temperature	75 °C
Punto de fusión	260 °C
Vicat B	170 °C
Thermal conductivity	0.24 W/(m·K)
Coeficiente de dilatación lineal (α)	7×10 ⁻⁵ /K
Calor específico (c)	1.0 kJ/(kg·K)
Absorción de agua (ASTM)	0.16
Índice de refracción	1.5750

Source: A.K. van der Vegt & L.E. Govaert, Polymeren, van keten tot kunststof, ISBN 90-407-2388-5

Fuente: (Salazar, 2016)

Anexo 4. Capacidades caloríficas de materiales de embalaje

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO [kJ/kg °C]
Madera	2,09 ÷ 2,72
Cartón	1,26 ÷ 1,88
Caucho	2,01
Corcho	3,77
Papel	1,38
Vidrio	0,88
Metales:	
Aluminio	0,879
Cobre	0,398
Estaño	0,234
Níquel	0,460
Zinc	0,402
Hierro/Acero	0,477
Plomo	0,130


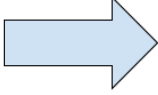


Fuente: (Salazar, 2016)

Anexo 5. Especificaciones del Túnel Californiano

Modelo	H5000CC		
Refrigerante	R404A		
Temperatura evaporación	-5.0 °C		
Temperatura condensación	48.0 °C		
Temperatura de referencia	Temperatura de rocío		
Temperatura de aspiración	20.0 °C		
Temp. salida evaporador	20.0 °C		
Subenfriamiento Líquido	0.0 K		
Tensión / fases / frecuencia	440-480 V / 3 / 60 Hz		
Cálculo de prestaciones			
	Condiciones estándar	Al evaporador	Al compresor
Potencia frigorífica	106200 W	106200 W	106200 W
Potencia absorbida	46.51 kW	46.51 kW	46.51 kW
Capacidad condensador	152.63 kW	152.63 kW	152.63 kW
COP	2.28	2.28	2.28
Caudal	3383.5 kg/h	3383.5 kg/h	3383.5 kg/h
Intensidad absorbida	65.6 A	65.6 A	65.6 A
Temperatura de descarga	84.2 °C	84.2 °C	84.2 °C
Intensidad máx. de funcionamiento	93.0 A	93.0 A	93.0 A
Intensidad rotor bloqueado	358.0 A	358.0 A	358.0 A

Fuente: (Grupo Frigopacking, 2020)

Anexo 6. Simbología del diagrama de análisis de procesos

Actividad	Simbolo
Operación	
Transporte	
Demora	
Inspección	
Almacenamiento	