



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
José Martí Pérez

Centro de Estudios Energéticos y Procesos Industriales (CEEPI)

Tesis en opción al Título Académico de
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO: MAPEO DEL FLUJO DE VALOR PARA EL
ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EN CADENAS DE
SUMINISTRO HORTOFRUTÍCOLAS

Autora: Ing. Yadira Rodríguez Fernández

Tutor: Dr.C. René Abreu Ledón

2019

RESUMEN

El análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro es un área de investigación en crecimiento, pero aún no se ha generalizado una herramienta que integre todas las dimensiones de la sostenibilidad para identificar y actuar sobre los aspectos que influyen en esta. Específicamente en el sector agro-alimentario es necesario estudiar el flujo de valor para exponer los desperdicios y emisiones que no agregan valor al producto final. Esta investigación propone una metodología basada en la herramienta Mapeo del flujo de valor para el análisis de sostenibilidad en cadena de suministro hortofrutícolas, en aras de definir oportunidades de mejora a través de la visualización en un mapa de los procesos, del flujo de materiales e información desde la concepción del producto hasta el cliente final, así como de las actividades que no añaden valor, los cuales influyen negativamente en la sostenibilidad de la cadena desde el punto de vista económico, ambiental y social. No obstante, no fue posible la concepción de un índice global de sostenibilidad dado que se considera que al depender este del uso de métodos multi-criterio, estaría influenciado por la opinión del autor. A partir de la implementación de la metodología propuesta en la cadena de suministro del Puré de frutas "Osito" sabor mango se encontró que existen emisiones de gases de efecto invernadero, desperdicios de insumos y pérdidas del valor energético que puede recibir el consumidor, que pueden ser evitadas si mejora el rendimiento productivo del proceso de obtención de la pulpa de mango.

ASBTRACT

Supply chains sustainability analysis is a growing area of research, nevertheless a tool that integrates all dimensions of sustainability to identify and act on the aspects that influence it has not yet been generalized. Specifically, in the agri-food sector, it is necessary to study the value stream to expose waste and emissions that do not add value to the final product. This research proposes a methodology based on Value Stream Mapping for sustainability analysis for fruits and vegetables supply chains, in order to identify opportunities for improvement through visualization on a map of the processes, of materials and information flows, from the conception of the product to the final client, as well as activities that do not add value, which negatively influence the supply chain sustainability from economic, environmental and social points of view. However, the conception of a global index of sustainability was not possible since it is considered that, since the latter depends on the use of multi-criteria methods, it would be influenced by the author's opinion. From the implementation of the proposed methodology in the supply chain of mango fruit compote "Osito", was found that there are greenhouse gases emissions, inputs waste and energy value losses which can be received by consumers, this may be avoided by improving mango pulp productive performance.

ÍNDICE:

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL.....	6
1.1. Gestión de cadenas de suministro de alimentos perecederos	6
1.1.1 Cadenas de suministro agro-alimentarias	7
1.1.2 Características de los alimentos perecederos	9
1.2. Situación mundial de la producción de alimentos	11
1.2.1. Producción de alimentos en Cuba	12
1.3. Implementación de prácticas sostenibles y reflejo en la agricultura	14
1.3.1. Evidencias de prácticas sostenibles en Cuba.....	17
1.4. Desarrollo sostenible.....	18
1.4.1. Dimensiones e indicadores de sostenibilidad	20
1.4.2. Análisis de sostenibilidad y herramientas utilizadas	21
1.5. Mapeo del flujo de valor	24
1.5.1. Mapeo del flujo de valor convencional	26
1.5.2. Uso de la simulación para el mapeo del flujo de valor	28
1.5.3. Evolución de la inclusión de métricas sostenibles en el VSM.....	30
1.6. Beneficios de la aplicación del VSM con enfoque de sostenibilidad en la cadena agro-alimentaria.....	34
CAPITULO 2: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD A TRAVÉS DEL MAPEO DEL FLUJO DE VALOR EN CADENAS DE SUMINISTRO HORTOFRUTÍCOLAS.	36
2.1. Justificación del diseño de la metodología para el análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro hortofrutícolas	36
2.2. Bases de la metodología para el análisis de sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas	37
2.3. Desarrollo de la metodología para el análisis de sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas basada en el VSM.....	39
Paso 1: Descripción de los procesos en la cadena de suministro a analizar	40
Paso 2: Definición de criterios e indicadores a analizar en cada proceso	42
Paso 3: Mapeo del flujo de valor del estado actual de la cadena.....	48
Paso 4: Evaluación de la sostenibilidad de la cadena.....	50
Paso 5: Mapeo del flujo de valor del estado futuro de la cadena	52

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE UNA CADENA DE SUMINISTRO HORTOFRUTÍCOLA. CASO DE ESTUDIO: PURÉ DE FRUTAS “OSITO”	54
3.1. Descripción de los procesos en la cadena de suministro a analizar	54
3.1.1. Identificación de los procesos y sus interrelaciones	55
3.1.2. Documentación de los procesos	55
3.2. Definición de criterios a analizar en cada proceso.....	55
3.2.1. Procesos que requieren grandes cantidades de insumos	56
3.2.2. Procesos que emiten grandes cantidades de salidas	60
3.2.3. Procesos que son más visible para los clientes	62
3.2.4. Procesos que presentan riesgos en el ambiente de trabajo.....	62
3.2.5. Procesos que con regularidad generan problemas	63
3.3. Mapeo del flujo de valor del estado actual de la cadena	64
3.3.1. Definición de información general.....	64
3.3.2. Definición de información específica	65
3.4. Evaluación de la sostenibilidad de la cadena	66
3.4.1. Definir el valor agregado	67
3.4.2. Determinación de las causas de problemas	69
3.5. Mapeo del flujo de valor del estado futuro de la cadena.....	69
3.5.1. Evaluación de alternativas de mejora	69
3.5.2. Definición del plan de mejora	69
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	98

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la actualidad la población mundial enfrenta una crisis alimentaria donde el 80% recibe y consume el 20% de los recursos disponibles en el planeta ([FAO, 2012](#)). Dicha situación, se ve influenciada por el cambio climático que afecta el ciclo de cultivo, la productividad y la calidad de las cosechas, lo cual daña de forma directa la planificación agrícola, produciendo picos de cosecha y pérdidas no deseadas, con afectaciones en el medio ambiente y en la rentabilidad empresarial ([Villarino Fernández; Martínez Varona y Campos Cuní, 2015](#)).

No solo la población se ve afectada por esta crisis, el medio ambiente también sufre los impactos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la sobreexplotación de recursos naturales como suelo y agua que ocasionan los picos de cosecha y las pérdidas no deseadas ([Lipinski y otros 2013](#)). El desperdicio de alimentos en todo su ciclo desde la producción-procesamiento-almacenamiento-comercialización, incide en el desequilibrio mundial de los ecosistemas ya que un 30% de los alimentos producidos son desperdiciados ([Montagut y Gascón, 2014](#)). Se estima que los productos hortofrutícolas son los más afectados, ya que representan el 44% de las pérdidas post cosecha totales según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ([Lipinski y otros 2013](#)).

En Cuba la canasta de alimentos a la que todos tienen acceso a través del consumo racionado no satisface completamente los requerimientos nutricionales ([Nova González, 2010](#)). Esta no incluye para todos los consumidores productos del segundo nivel de la pirámide alimenticia como las frutas y los vegetales, los cuales son según [Negi y Anand, \(2016\)](#) un grupo de alimentos muy importantes que se debe incorporar a la dieta alimentaria por su alto contenido de minerales y vitaminas. Por una parte, existen producciones de frutas y vegetales que al entrar en los picos de cosechas se pierden, pues las industrias no se encuentran preparadas con suficiente capacidad de recibo, mientras que existen pocas mini-industrias que puedan apoyar esta situación ([Villarino Fernández; Martínez Varona y Campos Cuní, 2015](#)). Por tanto, el acceso a este tipo de alimentos es principalmente a través de los mercados de oferta y demanda; pero la oferta es limitada y por ende, los precios son mayores de lo que la población puede permitirse ([García Ruiz y Figueroa Albelo, 2007](#)).

En general se plantea que la sostenibilidad de las cadenas de suministro hortofrutícolas se ve influenciada negativamente por la pérdida poscosecha de grandes cantidades de productos lo cual afecta:

- desde el punto de vista social, la salud humana, dado por el bajo nivel nutricional que provoca el limitado acceso de la población a este tipo de alimentos.
- desde el punto de vista económico, por la utilización ineficiente de valiosos insumos y horas de trabajo lo cual representa un incremento del nivel de importaciones.
- desde el punto de vista ambiental, por el incremento de la contaminación en áreas de acumulación de desperdicios y el ineficiente uso de los recursos naturales.

Según la literatura consultada, la evaluación de la sostenibilidad en la cadena de suministro se ha convertido en un área de investigación en crecimiento en la literatura académica ([Rebs; Brandenburg y Seuring, 2019](#)), no obstante, no existe un consenso respecto a la integración de los diferentes aspectos de la sostenibilidad ([Martínez-Jurado y Moyano-Fuentes, 2014a](#)). Las herramientas utilizadas con mayor frecuencia se centran principalmente en aspectos económicos y ambientales (Modelos de equilibrio, Modelos para la toma de decisiones multi-criterios y modelos basados en el Análisis del Ciclo de Vida) y en ocasiones están influenciados por el criterio de expertos (Proceso de Jerarquías Analíticas) ([Ahi y Searcy, 2015](#)).

Por tanto, se presenta como **situación problemática de la investigación**, la existencia de una brecha respecto a la integración de las tres dimensiones de sostenibilidad para evaluar las cadenas de suministro hortofrutícolas, por lo cual se desconocen los aspectos que pueden ser modificados en aras de influenciar positivamente su sostenibilidad. Por lo que se plantea el siguiente **problema científico**: ¿cómo identificar oportunidades de mejora para las cadenas de suministro hortofrutícolas que influyeran positivamente su sostenibilidad?

Según la revisión bibliográfica realizada, en el caso específico del sector agro-alimentario, es necesario definir el estado actual de la cadena y cuál es el estado deseado. Una de las herramientas diseñada para este tipo de análisis es el Mapeo de Flujo de Valor, la cual permite: analizar la agregación de valor y la disminución de desperdicios en los procesos, el flujo de materiales e información, lo cual ha permitido su aplicación en cadena de suministro de varios sectores para el análisis de aspectos

económicos, ambientales y sociales indistintamente ([Romero y Arce, 2017](#)). No obstante, sus implementaciones en el sector agro-alimentario ([Norton, 2007](#); [Norton y Fearne, 2009a](#); [Folinas y otros 2013a](#); [Folinas y otros 2013b](#); [Folinas y otros 2014](#)) se centran en aspectos ambientales.

Por tanto, se plantea la siguiente **hipótesis de la investigación**: El desarrollo de una metodología para la aplicación de mapeo del flujo de valor en cadenas de suministro hortofrutícolas de conjunto con indicadores que tengan en cuenta las dimensiones de sostenibilidad, permite la identificación de oportunidades de mejora sostenibles. Se definen como **variables de la investigación**:

- **Variable independiente:** metodología para la aplicación del mapeo del flujo de valor en cadenas de suministro hortofrutícolas.
- **Variables influyentes:** contexto (político, social y ambiental) de las cadenas de suministro locales en Cuba.
- **Variables contribuyentes:** herramientas para (1) el análisis del escenario actual de las cadenas de suministro hortofrutícolas, (2) la determinación de indicadores de las dimensiones de sostenibilidad y (3) la estimación de escenarios sostenibles.
- **Variable dependiente:** identificación de oportunidades de mejora sostenibles para las cadenas de suministro hortofrutícolas.

Para probar la hipótesis general planteada en la investigación, se seguirá una **estrategia de comprobación** basada en dos aspectos principales: (1) el estudio de casos en función de aportar evidencia empírica sobre la sostenibilidad de las cadenas de suministro hortofrutícolas, y (2) la estimación de la influencia en la sostenibilidad de posibles escenarios de la gestión de las cadenas de suministro hortofrutícolas.

Para guiar la investigación se plantea como **objetivo general**: desarrollar una metodología para el análisis de la sostenibilidad de las cadenas de suministro hortofrutícolas basado en el Mapeo del Flujo de Valor, que facilite la identificación de mejoras sostenibles. A dicho objetivo general se le dará cumplimiento a través de los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterizar la situación actual de las cadenas de suministro hortofrutícolas.

2. Identificar indicadores que representen las dimensiones de sostenibilidad para integrarlos a la herramienta de mapeo del flujo de valor.
3. Diseñar la metodología para la aplicación del mapeo del flujo de valor en cadenas de suministro hortofrutícolas.
4. Analizar la sostenibilidad de una cadena de suministro hortofrutícola a través de la metodología propuesta.

La investigación posee valor teórico, metodológico y práctico:

Valor teórico: la definición de conceptos relativos a la gestión sostenible de las cadenas de suministro hortofrutícolas (específicamente en las etapas poscosecha de la producción), así como el desarrollo de nuevas herramientas para la mejora de las cadenas de suministros y el análisis de su sostenibilidad.

Metodológico: se aporta un conjunto de pasos y herramientas para el mapeo de escenarios de la situación actual de las cadenas de suministro hortofrutícolas y la propuesta de alternativas de mejora a los métodos de gestión actuales. Estos podrán ser utilizados por otros investigadores que deseen estudiarlo para su uso o perfección.

Práctico: la aplicación de la metodología propuesta para el análisis de sostenibilidad en una cadena de suministro hortofrutícola, permitirá realizar la caracterización de su situación actual, así como la propuesta de alternativas de mejora a los métodos de gestión que influyeran positivamente su sostenibilidad.

La investigación se considera viable ya que no se necesita gran cantidad de recursos materiales, financieros o humanos para su desarrollo y además existe una marcada voluntad de fomentar estudios de este tipo en Cuba reflejado en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido: 84, 139, 173 al 208 ([PCC, 2011](#)).

Diseño Metodológico de la Investigación: Para dar solución al problema científico planteado en la presente investigación se acudió a diferentes métodos teóricos y empíricos, además de técnicas y herramientas de la investigación científica, que contribuyeron de una forma sinérgica a su desarrollo exitoso. Entre los métodos utilizados se encuentran los métodos teóricos relacionados con el análisis y síntesis de información obtenida en la literatura; el histórico-lógico para estudiar antecedentes, causas, la inducción para llegar de lo general a lo particular, de los hechos a las

causas; deducción para comparar las características comunes de las metodologías encontradas; así como los métodos empíricos de la observación para caracterizar el objeto de estudio. Se utilizaron además técnicas como la recopilación y análisis de datos, entrevistas y encuestas, herramientas matemáticas, tormenta de ideas, diagramas de causa efecto, de representación de procesos, entre otros.

Los **beneficios esperados** serán tangibles a corto plazo a través de la propuesta de alternativas de mejora de los métodos de gestión de las cadenas de suministro hortofrutícolas basado en el análisis de su sostenibilidad. Los **límites del alcance de la investigación** están dados por la cadena de suministro hortofrutícola que genera el producto Puré de frutas “Osito” destinado al consumo de los infantes a través de la canasta básica, como respuesta a demanda de soluciones realizada por el territorio.

Para su presentación, la investigación ha sido estructurada en tres capítulos principales: un primer capítulo donde se ofrecen los elementos básicos que permitieron construir el marco teórico referencial de la investigación, un segundo capítulo donde se describen los pasos y las herramientas incluidas en la metodología propuesta; y el capítulo tres muestra los resultados fundamentales de su aplicación. Seguidamente se muestran un conjunto de conclusiones y recomendaciones, y por último se expone un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar y facilitar la comprensión de aspectos tratados en la investigación.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL

En correspondencia con lo planteado en la introducción de esta investigación, en este capítulo se muestran los resultados de una extensa búsqueda bibliográfica de los temas mostrados en la figura 1.1, la cual se corresponde con el hilo conductor del marco teórico-referencial de la presente investigación. A continuación, se comentan los principales aspectos que incluye. Se expondrán entre otros, la gestión y diseño de las cadenas de suministros (CS), desarrollo sostenible (DS), herramientas para el análisis de sostenibilidad, así como la situación de la producción de alimentos en el mundo, y específicamente en Cuba.

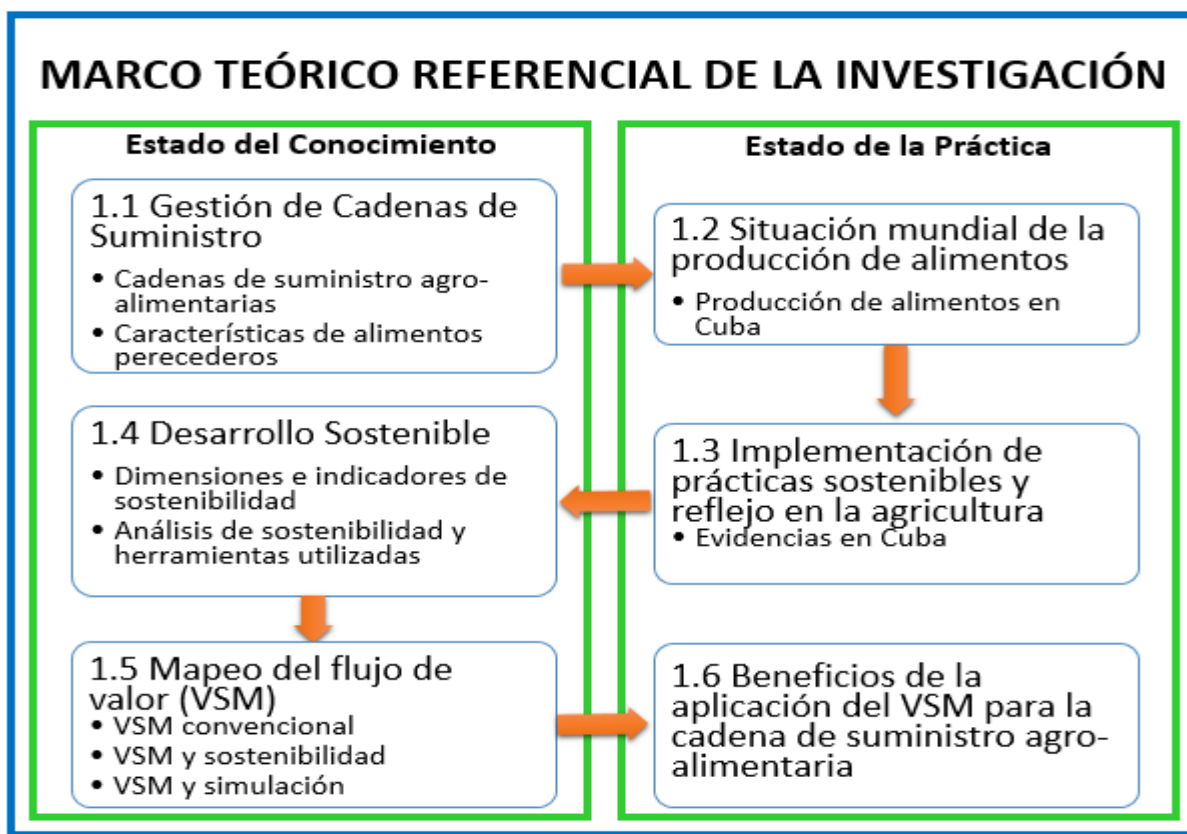


Figura 1.1: Estrategia para la construcción del Marco Teórico – Referencial de la investigación.

1.1. Gestión de cadenas de suministro de alimentos perecederos

Como consecuencia del incremento de la competitividad a nivel global, las organizaciones buscan la forma de alcanzar ventajas competitivas ([Ugochukwu; Engström y Langstrand, 2012](#)). La competitividad ha pasado de ser un principio

empresarial a ser una meta en la CS, por tanto, su mejora se ha convertido en una necesidad para la supervivencia ([Vonderembse y otros 2006](#)). Una CS, es una red de instalaciones y actividades que lleva a cabo funciones de desarrollo de productos, adquisición de materiales entre instalaciones, la fabricación de productos, y la distribución de artículos a clientes ([Beamon, 1998](#)). Por tanto, la CS incluye como miembros a proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes finales ([Stevens, 1989](#); [Taylor, 1997](#); [Beamon, 1998](#)).

[Chopra y Meindl, \(2007\)](#) señalan que *"cada etapa en la cadena de suministro está conectada a través del flujo de productos, la información, y las finanzas. Estos flujos ocurren a menudo en ambas direcciones y pueden ser gestionadas por una de las etapas o por un intermediario"*. Sobre esta base se puede resaltar que a medida que los productos físicos se mueven desde el inicio hasta el final de la cadena adquieren mayor valor y a la vez aumenta el costo en el que se incurre. A mayor costo incurrido, mayor precio tendrá el producto para el cliente y menor será la ganancia para la cadena de suministro, lo cual podía ser competitivamente perjudicial para una cadena de suministro orientada a los beneficios ([Folinas y otros 2013a](#)).

Por lo tanto, el rediseño de los procesos es vital para garantizar que las métricas clave del proceso se reduzcan cuando tienen una influencia positiva en el costo ([Agyapong-Kodua, 2009](#); [Agyapong-Kodua y otros 2012](#)). Investigaciones previas en la cadena de suministro sugieren que la calidad, el costo, la flexibilidad y la efectividad de la entrega se consideran temas de gran importancia ([Behrouzi y Wong, 2011](#); [Taj y Morosan, 2011](#); [Agus; Antony y Shukri Hajinoor, 2012](#)). En pos de alcanzar un mejor desempeño en las actividades identificadas anteriormente, los administradores y coordinadores de cadenas de suministro han adoptado diferentes enfoques para reducir costos, mejorar la eficiencia de las entregas, mejorar la calidad y aumentar la flexibilidad ([Ugochukwu; Engström y Langstrand, 2012](#)).

1.1.1 Cadenas de suministro agro-alimentarias

En el sector agro-alimentario, la cadena de suministro es un área que necesita desarrollar la competitividad ya que está desempeñando un rol vital en los esfuerzos de las organizaciones para alinear sus procesos desde el inicio hacia el final de la cadena, pues la población mundial está creciendo rápidamente ([Folinas y otros 2013a](#)).

Recientes estimaciones sugieren que el planeta alcanzará los 9 billones de habitantes en el año 2050 ([FAO, 2009a](#); [Defra, 2010](#); [Gerland y otros 2014](#)), por tanto constituye un problema de importancia la interrogante de cómo alimentar a esta población en crecimiento, y más esencial aún, cómo alimentarlos de forma sostenible.

Según [Matopoulos y otros \(2007\)](#), una cadena de suministro agro-alimentaria (CSA-A) típica es una red compleja de entidades interrelacionadas desde “la granja hasta la mesa” (granjeros, proveedores de insumos, cooperativas, empacadores, transportistas, exportadores, importadores, vendedores mayoristas, revendedores y clientes finales). Por su parte, la estructura de la industria agro-alimentaria puede ser muy compleja para algunos productos, se extiende a varias entidades y resulta en numerosas interrelaciones ([Folinas y otros 2013a](#)). Dicha complejidad, es una de las causas de la situación actual donde un tercio del total de alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia cada año ([Gustavson y otros 2012](#); [Tscharntke y otros 2012](#); [Lipinski y otros 2013](#)).

Lo anterior evidencia la necesidad de mejora en el sector, dado que el manejo ineficiente de los recursos afecta tanto al planeta, como a la economía. Por tanto, es necesario que la CSA-A se enfoque en aumentar la eficiencia del uso de los recursos y minimizar los desperdicios ([Gustavson y otros 2012](#)). A pesar de que minimizar el desperdicio es un buen punto de partida para alcanzar un DS, no es suficiente para ser realmente sostenible ([Sjögren, 2014](#)). Al respecto [Elkington, \(1997\)](#) plantea, que se alcanza la sostenibilidad cuando se obtiene igual nivel de consideración en aspectos económicos, ambientales y sociales. Esta meta se dificulta teniendo en cuenta que la CSAA tiene productos heterogéneos con perecebilidad variable, ciclos de producción irregulares y/o largos, así como una irregular demanda de los clientes en términos de frecuencia y volumen ([Taylor, 2005](#); [Dora y otros 2014](#)).

Por otra parte, la industria en general está caracterizada por la alta variabilidad de la calidad y volumen de las materias primas que depende de la estacionalidad ([Sjögren, 2014](#)). Adicionalmente, dado la corta vida de anaquel de la mayoría de los productos, la frecuencia de las ventas es alta y variable, incluso en base a una semana ([Jain y Lyons, 2009](#)). Por lo que resulta difícil encontrar un balance entre la irregularidad de la producción agrícola y el consumidor como la fuente de la demanda ([Dora y otros 2014](#)).

Lo anterior constituye una limitante para la gestión de las cadenas de suministro, pues la mayoría de los métodos de gestión se hacen más eficientes en ambientes con altos volúmenes de producción y demanda estable y predecible ([Cox y Chicksand, 2005](#)). Por lo que es necesario disminuir los inventarios y el desperdicio, sin olvidar que en el sector agro-alimentario justamente las grandes cantidades de alimentos son las que garantizan que los precios se mantengan bajos para el consumidor ([Sjögren, 2014](#)). Por tanto, los comercializadores deben escoger entre disminuir el desperdicio y asegurar la disponibilidad para mantener la satisfacción del cliente ([Dora y otros 2014](#)), por lo que la implementación de métodos de gestión eficientes en las cadenas de suministro agro-alimentarias ha sido más difícil debido a su complejidad y extensión ([Mollenkopf y otros 2010](#)).

Según [Smith, \(2008\)](#) que las cadenas de suministro agro-alimentarias locales son a menudo más sostenibles que las cadenas de suministro agro-alimentarias globales, ya que son más pequeñas y por tanto tiene menos emisiones de gases por motivos de transporte y menos externalidades. Por lo que es necesario hacer más eficiente y sostenible el uso de la tierra y de los recursos naturales, mejorar las técnicas de producción, almacenamiento, transformación y procesamiento de los alimentos, así como reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos para asegurar el acceso equitativo a los estos ([FAO y OPS, 2017](#)).

1.1.2 Características de los alimentos perecederos

Las pérdidas y el desperdicio de alimentos (PDA) impactan la sostenibilidad de los sistemas agro-alimentarios, reducen la disponibilidad local y mundial de comida, generan pérdidas de ingresos para los productores, aumentan los precios para los consumidores e impactan de manera negativa en su nutrición y salud, y afectan al medio ambiente debido a la utilización no sostenible de los recursos naturales ([FAO, 2014b](#)). Por tanto, el deterioro de los alimentos ocasionan grandes pérdidas, es costoso y puede influir negativamente en el comercio y en la confianza de los consumidores; lo cual afecta no solo a un país, sino que es un problema que se ha globalizado ([Hines y Taylor, 2000](#)).

Los alimentos perecederos son aquellos que comienzan una descomposición de forma sencilla: agentes como la temperatura, la humedad o la presión son determinantes

para que el alimento comience su deterioro, por otra parte, la mala planificación y la actuación inoportuna, así como la manipulación descuidada de los productos son también factores importantes, donde las frutas y hortalizas son los productos de mayor perecebilidad ([HLPE, 2014](#)). Las PDA hacen referencia a una disminución de la masa de alimentos destinados originalmente al consumo humano, independientemente de la causa y en todas las fases de la cadena alimentaria, desde la cosecha hasta el consumo ([HLPE, 2014](#)), los cuales son desechados o utilizados de forma alternativa (no alimentaria), ya sea por elección o porque se haya dejado que se estropeen o caduquen por negligencia ([FAO, 2015a](#)). Las **pérdidas** suceden principalmente durante la producción, poscosecha, almacenamiento y transporte, mientras que los **desperdicios** ocurren durante la distribución y consumo, en relación directa con el comportamiento de vendedores mayoristas y minoristas, servicios de venta de comida y consumidores que desechan alimentos que aún tienen valor ([FAO, 2015b](#)).

[Lemma; Kitaw y Gulelat, \(2014\)](#) realizan una revisión de la literatura sobre las pérdidas en la cadena de suministro de alimentos perecederos donde detectan que, en países en vías al desarrollo, la falta de capacitación en aspectos relacionados con las tecnologías de pre cosecha y poscosecha afectan la disponibilidad y la calidad de los productos. [Negi y Anand, \(2016\)](#) realizan un análisis de los factores que conllevan a las pérdidas y desperdicios de frutas y vegetales en cada una de las etapas de la cadena de suministro donde destacan que la mala manipulación de los productos, la ausencia de cadena de frío, el uso de envases de mala calidad y/o de elevados costos de adquisición para productos frescos y procesados. La situación anterior incrementa la contaminación microbiológica de los productos, todo lo anterior actúa en detrimento de su calidad ([Almeida-Castro y otros 2011](#)).

Estas características y la corta vida útil inherente de los productos frescos, representan el mayor obstáculo para su comercialización. Según [Xue; Zhang y Tang, \(2014\)](#), un componente primordial para disminuir la aparición de alimentos perecederos lo constituye la Seguridad Sanitaria Alimentaria (SSA), la cual se centra en las buenas prácticas de todo el ciclo de la cadena de producción, en especial el almacenamiento. Los elementos presentados en este epígrafe, demuestran la necesidad de emplear formas de gestión sostenibles en las cadenas de suministro agro-alimentarias, tema

que debe ser investigado desde un enfoque de sistema teniendo en cuenta no solo la gestión de las pérdidas y el desperdicio para la mejora de la sostenibilidad económica de las cadenas de suministro, sino también para la sostenibilidad ambiental y social.

1.2. Situación mundial de la producción de alimentos

La producción de alimentos en el mundo en los últimos 50 años ha aumentado de forma vertiginosa, aunque en el mundo todavía pasan hambre 830 millones de personas, aproximadamente una de cada siete (FAO, 2014a). La disponibilidad de alimentos y nutrición, y la equidad en el acceso a ellos, son cuestiones importantes en un mundo donde todavía hay mucha gente desnutrida. Por lo tanto, asegurar la disponibilidad y el acceso a una alimentación y nutrición adecuadas para una población creciente es un tema crítico para los gobiernos (FAO, 2009b). No obstante, el aumento de la producción de alimentos trae consigo altas cantidades de pérdidas y desperdicios en la agricultura, las que no se pueden disminuir sin prácticas adecuadas. Estimaciones de 2011 realizadas por la FAO, indican que los productos hortofrutícolas (frutas y vegetales) representan el 44% de las pérdidas totales de los productos alimentarios (figura 1.2), lo cual equivale a 0.572 billones de toneladas (FAO, 2011).

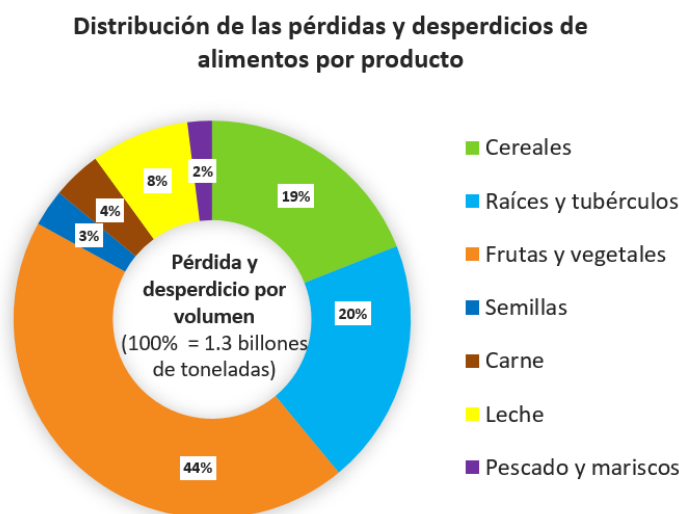


Figura 1.2: Distribución de las pérdidas y desperdicios de alimentos por producto a nivel mundial. Fuente: Adaptado de [Lipinski y otros \(2013\)](#).

De las pérdidas totales, el 45% tiene lugar en países en vías al desarrollo, concentrándose el 29% en las etapas de producción, manipulación y almacenamiento de la cadena de suministro (figura 1.3). Específicamente en Cuba, [Mundubat, \(2017\)](#)

estima que las pérdidas de cosecha y poscosecha alcanzan aproximadamente el 30% de la producción total de alimentos, mientras que las pérdidas en las fases de distribución a los mercados interiores y ciudades son del 27%.

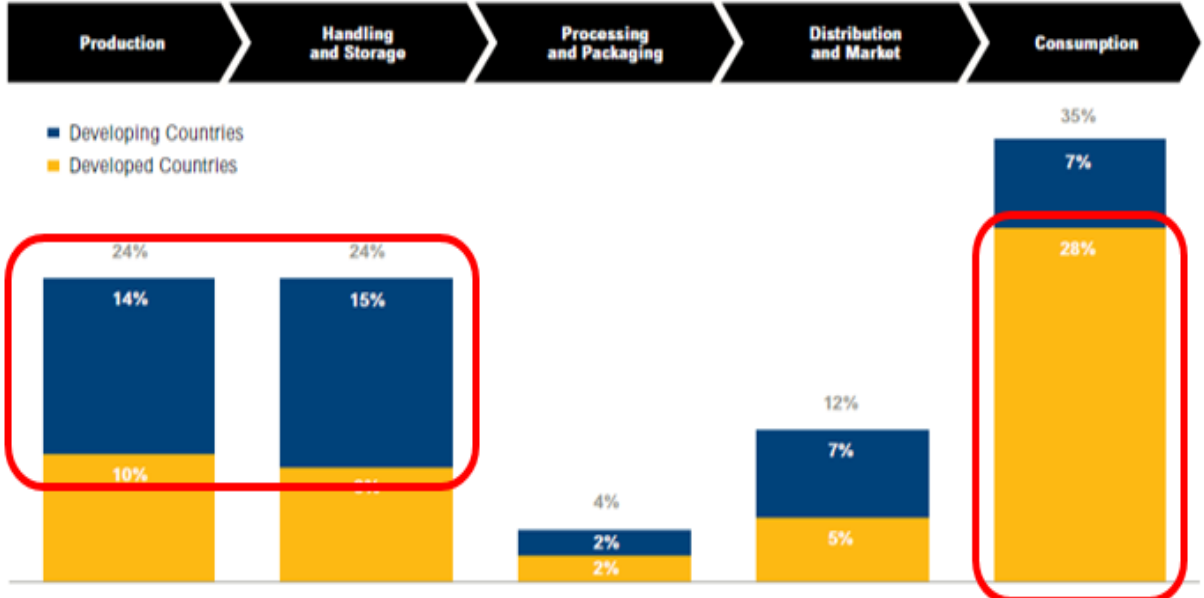


Figura 1.3: Distribución de las pérdidas y desperdicios de alimentos en países desarrollados y países en vías al desarrollo por etapa de la cadena de suministro. Fuente: [Lipinski y otros \(2013\)](#).

1.2.1. Producción de alimentos en Cuba

En Cuba, después de más de 20 años de desarrollo de una agricultura de altos insumos procedentes fundamentalmente de los países socialistas de Europa del Este, se procedió a la implementación de un nuevo modelo en la agricultura cubana ([Acosta, 1982](#)). En 1997 se crea el Programa de Agricultura Urbana que agrupó 28 subprogramas de producción de alimentos en condiciones agroecológicas ([Nova González, 2010](#)). Desde el 2007 hasta la actualidad se han implementado una serie de medidas encaminadas a la búsqueda de soluciones y lograr la reactivación de este importante sector que conduzcan a la sustitución de importaciones de alimentos y a la generación de excedentes para incrementar las exportaciones de bienes. En el caso del sector agrícola una de las producciones que se nota eficazmente su crecimiento son las frutas, en el periodo de 2009-2017 las mayores producciones fueron el mango, la guayaba y la fruta bomba como se evidencia en la figura 1.4 ([ONEI, 2015a; 2018a](#)).

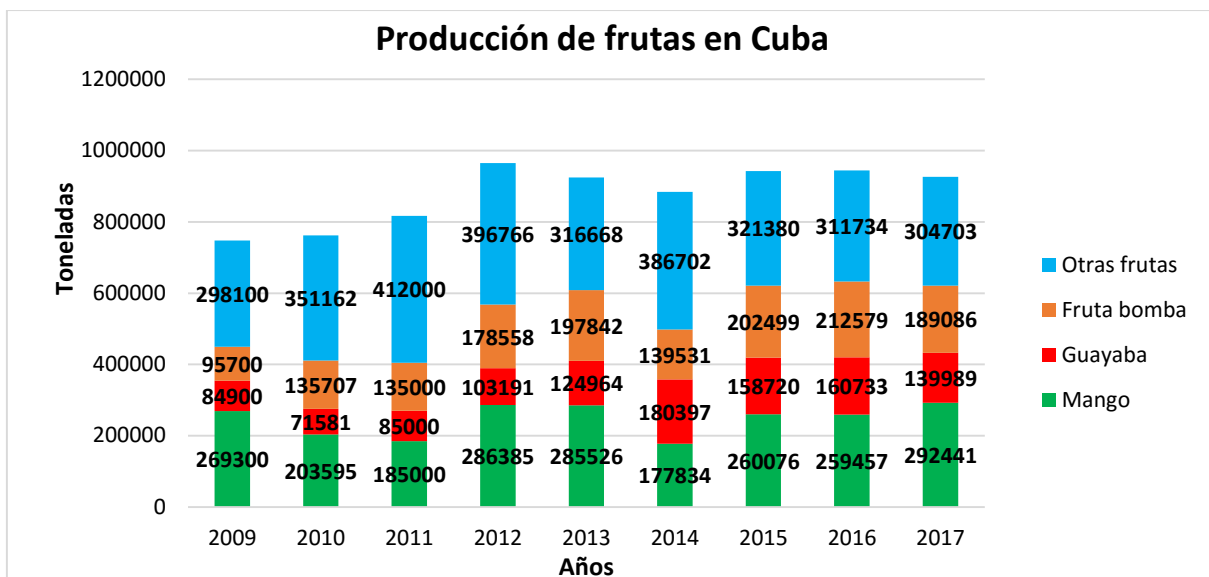


Figura 1.4: Producción de frutas en Cuba periodo 2009-2017. Fuente: elaborado a partir de los Anuarios Estadísticos de Cuba 2014 y 2017 ([ONEI, 2015a](#); [2018a](#)).

En el caso de la provincia de Sancti Spíritus, las producciones de frutas en el periodo de 2009-2016 tuvieron un incremento considerable (figura 1.5) excepto en el año 2017 con respecto al año anterior de forma general, aunque no así en la producción de mango y otras frutas.

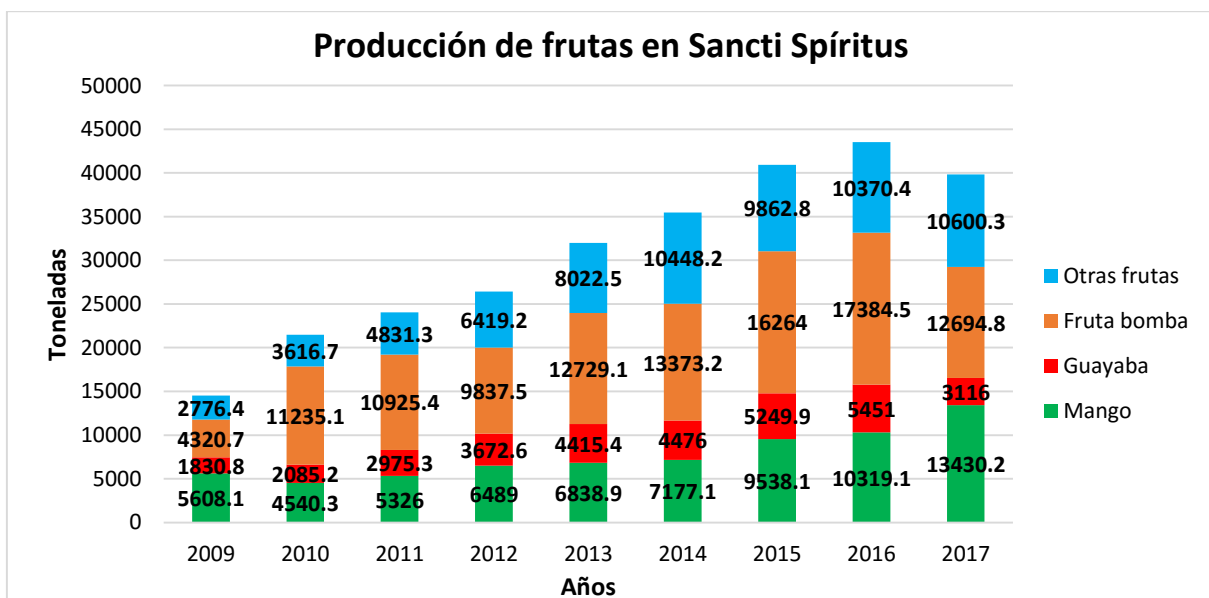


Figura 1.5: Producción de frutas en Sancti Spíritus periodo 2009-2017. Fuente: elaborado a partir de los Anuarios Estadísticos de Sancti Spíritus 2014 y 2017 ([ONEI, 2015b](#); [2018b](#)).

Se destaca el hecho de que se triplica la producción del año 2009 al 2016, con producciones respectivas de 14536 toneladas y 43525 toneladas para un índice de aumento de la producción de 2.994. Resulta aún más representativo el incremento en la producción de fruta bomba de 4320.7 toneladas en 2009 a 17384.5 toneladas en 2016, para un índice de aumento de la producción de 4.024. Por su parte, las producciones de mango y otras frutas mantuvieron el incremento hasta el 2017 con índices de 2.395 y 3.818 respectivamente, en relación al 2009 ([ONEI, 2015b](#); [2018b](#)).

A partir de los diagnósticos realizados para la evaluación intermedia del proyecto: “Articulación e Integración de la producción agropecuaria de bases campesinas y cooperativas, para mejorar la eficiencia de la cadena de valor y el abastecimiento de alimentos en Cuba”, publicado por [Mundubat, \(2017\)](#), se destaca como causas de las pérdidas de alimentos, la debilidad del entramado institucional cooperativo en el que se organiza la producción agropecuaria; la insuficiente apropiación de los principios cooperativos, la falta de instrumentos de planificación de la producción y una gestión poco integrada de cada una de las fases de la cadena agro-alimentaria en las que la cooperativa interviene. Se plantea, además, que los productos finales ofertados al consumo presentan baja calidad debido al deficiente procesamiento en las fases iniciales de cosecha, a los deteriorados sistemas de almacenamiento y la falta de experiencias en la incorporación de valor agregado a los productos primarios.

1.3. Implementación de prácticas sostenibles y reflejo en la agricultura

Es importante reconocer que hay varios factores que facilitan o dificultan el progreso hacia la sostenibilidad en el contexto de la cadena de suministro ([Ahi y Searcy, 2015](#)). Por ejemplo, los factores específicos de la organización pueden incluir el deseo de reducir los costos ([Green; Morton y New, 1996](#); [Handfield y otros 1997](#); [Carter y Dresner, 2001](#); [Walker; Di Sisto y McBain, 2008](#)), la gestión del riesgo ([Green; Morton y New, 1996](#); [Walker; Di Sisto y McBain, 2008](#)), el compromiso para mejorar la calidad ([Handfield y otros 1997](#); [Pil y Rothenberg, 2003](#)), el deseo de obtener la certificación ISO 14000 ([Montabon y otros 200](#)), el nivel de participación de los empleados ([Hanna; Newman y Johnson, 2000](#); [Carter y Dresner, 2001](#)), los valores de la organización ([Handfield y otros 1997](#); [Wycherley, 1999](#); [Walker; Di Sisto y McBain, 2008](#)). Claramente, las demandas de los clientes ([Carter y Dresner, 2001](#)), la colaboración

con los proveedores ([Klassen y Vachon, 2003](#)) [37] y la integración de la red de suministro ([Vachon y Klassen, 2006](#); [Walker; Di Sisto y McBain, 2008](#)) también desempeñarán funciones importantes. Muchos de los factores específicos de la organización y del entorno operativo podrían servir como facilitadores o como inhibidores de la sostenibilidad, dependiendo de cómo se maneja la cadena de suministro ([Ahi y Searcy, 2015](#)).

En el caso de las cadenas de suministro agro-alimentarias, se han aprobado planes de acción relacionados con la sostenibilidad, tales como el Plan de Acción de la CELAC para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre 2025 aprobado en enero de 2015 en Costa Rica en el marco de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños. En este se plantean medidas vinculadas a elementos contenidos en los enfoques de sostenibilidad encontrados en la literatura, en la tabla 1.1 se muestran algunos ejemplos.

Tabla 1.1: Evidencia de medidas vinculadas a elementos de la sostenibilidad. Elaborado a partir de [FAO, \(2014b\)](#).

Medidas propuestas:	Elementos de la sostenibilidad
Generar campañas de información y comunicación para la sensibilización de los actores de la cadena alimentaria y los consumidores, con relación a mejores prácticas para evitar las PDA.	<ul style="list-style-type: none"> • perspectiva del cliente • responsabilidad social • sostenibilidad ambiental • mejora continua
Desarrollar y capacitar en procesos y estrategias de conservación de los productos de la cosecha, en particular de la agricultura a pequeña escala destinados al autoconsumo o para la venta.	<ul style="list-style-type: none"> • mejora continua • sostenibilidad ambiental • sostenibilidad económica
Promover políticas y programas que fortalezcan la inocuidad y calidad de los alimentos provenientes de la agricultura familiar.	<ul style="list-style-type: none"> • perspectiva del cliente • responsabilidad social • mejora continua
Promover la mejora de las infraestructuras, particularmente el transporte, la energía y las instalaciones del mercado; generando acciones de concientización en estos sectores.	<ul style="list-style-type: none"> • mejora continua • sostenibilidad económica • sostenibilidad ambiental

Promover el desarrollo y facilitar el acceso al equipamiento y nuevas tecnologías que contribuyan a reducir las PDA en todas las etapas de la cadena.	<ul style="list-style-type: none"> • mejora continua • sostenibilidad económica • sostenibilidad ambiental
Incluir la temática de la seguridad alimentaria y nutrición así como la forma de evitar las PDA en todos los niveles educativos, especialmente aquellos relacionados directamente con los alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> • mejora continua • responsabilidad social • sostenibilidad ambiental

Las medidas anteriores van encaminadas a lograr la eficiencia de la CSA-A para de hacerla más sostenible. Otras de las agencias encargadas del tema (Programa Mundial de Alimentos y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), proponen una serie de soluciones para disminuir las pérdidas y desperdicios, los cuales afectan de manera directa la sostenibilidad de las CSA-A ([Montagut y Gascón, 2014](#); [FAO, 2015a](#)):

- Diálogo entre productores e intermediarios.
- Coordinación y planificación de la oferta en el mercado.
- Establecer préstamos financieros para evitar la recolección prematura.
- Mejoras en la planificación, selección y logística de la producción.
- Mejora de instalaciones de almacenamiento y mantenimiento de cadenas de frío.
- Formación en normas alimentarias.
- Buenas prácticas en seguridad alimentaria.

Desde una definición reduccionista del fenómeno del desperdicio de alimentos, las soluciones para su disminución que se proponen son técnico-científicas, logísticas y educativas (sensibilización) ([Mcgrath, 2013](#)). Con unas buenas prácticas de alimentos a nivel mundial se disminuiría significativamente, el desperdicio y las pérdidas de los alimentos, lo cual incidiría positivamente en la sostenibilidad. No obstante, la sostenibilidad de la CSA-A, no se limita al aseguramiento solo de la calidad, sino que también, implica la reducción de los residuos de alimentos que se generan de la industria, el deterioro de la calidad del producto y la falta de coordinación de la CS ([Viteri Sánchez, 2015](#)). Las propuestas anteriores están en correspondencia con las metas que se plantean en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.

1.3.1. Evidencias de prácticas sostenibles en Cuba

Cuba es un país que a lo largo del tiempo ha hecho grandes esfuerzos para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población y en muchas ocasiones se ha reconocido entre los que logró eliminar el hambre ([Melo, 2015](#)). La importancia de este hecho se refleja en el número dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que es precisamente alcanzar “Cero hambre” en el mundo ([Tassara, 2017](#)). Dicho objetivo implica que las personas tengan acceso a alimentos de calidad, que se elimine la desnutrición y que haya un aporte de alimentos por pequeños agricultores ([Melo, 2015](#)).

Como parte del proceso de transformaciones económicas en el país, han quedado recogidas en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución varios acuerdos evidencian la necesidad de disminuir las pérdidas y los desperdicios en el sector agrícola, así como de mejorar su sostenibilidad (84, 139, 173 al 208) ([PCC, 2011](#)). Al respecto, se han llevado a cabo un conjunto de proyectos (financiados por Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Unión Europea, OIKOS – cooperação e desenvolvimento, CARE France, entre otras organizaciones) ([Hernández y otros 2014](#)). De igual forma, existen grupos de trabajo a nivel nacional, provincial y municipal que supervisan sistemáticamente su implementación ([FAO, 2016](#)). Además, se ha elaborado una Política de Autoabastecimiento Municipal, donde el tema de PDA se ha enfocado hacia la consolidación de canales cortos de comercialización, la mejora del vínculo de productores con los mercados y el desarrollo de mini-industrias para la transformación de la producción primaria ([FAO, 2016](#)).

No obstante, aún no existe una amplia difusión de todo lo que implica elevar la competitividad del sector empresarial, así como su impacto en las dimensiones de la sostenibilidad. Sin embargo, resulta válido mencionar algunos conceptos que tienen puntos de contacto de forma directa o indirecta con las dimensiones de sostenibilidad. En la figura 1.6, se muestran los lineamientos están relacionados con la competitividad, efectividad, eficacia, eficiencia, red de valor, calidad, cooperación productividad, utilidad, valor agregado y ahorro.

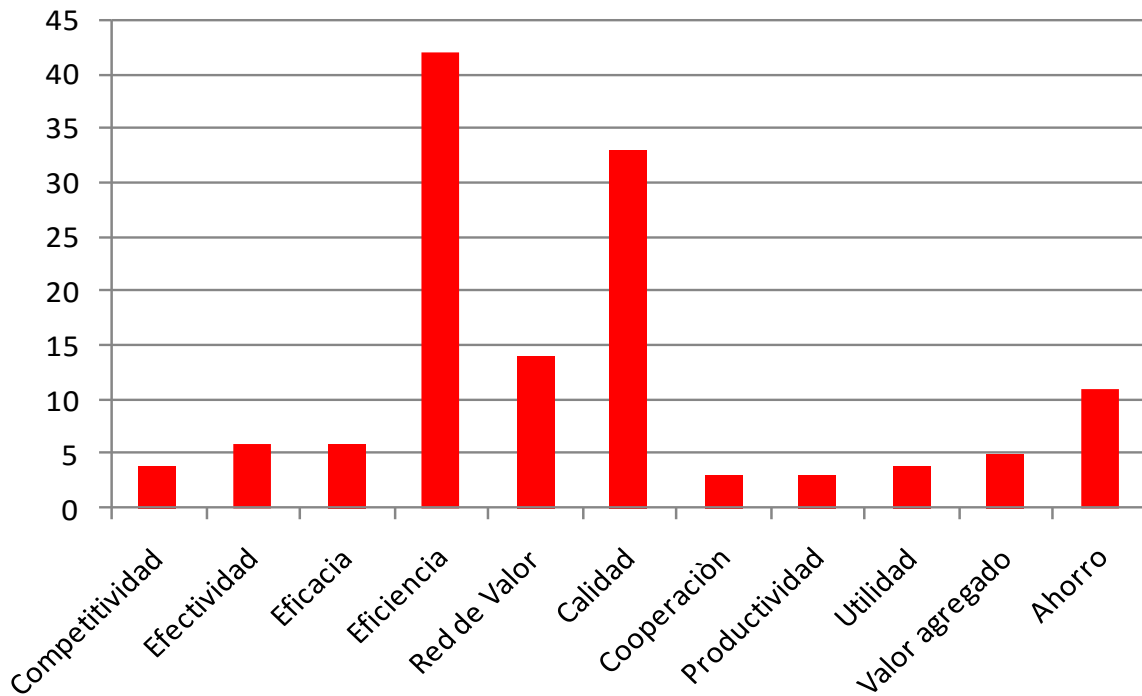


Figura 1.6: Conceptos empresariales y su presencia en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Fuente: [Faloh Bejerano, \(2012\)](#).

A pesar de que se han logrado buenos resultados a nivel nacional, reflejado en el incremento del Producto Interno Bruto del país, la adopción de las prácticas mencionadas anteriormente se ha realizado de forma aislada, en lugar de realizarse con un enfoque de sistema al cual se encuentran integradas.

1.4. Desarrollo sostenible

En los últimos treinta años, se ha avanzado considerablemente en el desarrollo sostenible en el mundo ([Quiroga Martínez, 2007](#)). Tal vez más lento de lo que se quisiera, pero hay avances que comprenden el desarrollo conceptual y científico, de institucionalidad, de diseño de políticas públicas, de educación y movimientos ciudadanos, de gestión ambiental, así como en los instrumentos de medición del progreso hacia el desarrollo sostenible ([Copresidentes, 2016](#)). No obstante, no existe un consenso colectivo sobre qué significa sostenibilidad y sobre qué constituye desarrollo sostenible ([Wilson; Tyedmers y Pelot, 2007](#)).

El concepto de desarrollo sostenible (DS) se describe como un “proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la

capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer las suyas” ([Organización de Naciones Unidas, 1987](#)). De ahí que la sostenibilidad haga referencia a factores de orden sociocultural, económicos, ambientales y político – institucionales ([Sepúlveda, 2008](#)). A los efectos de esta investigación, la gestión de una cadena de suministro sostenible se define como la administración del flujo material, informativo y financiero, así como la cooperación entre organizaciones a lo largo de la cadena de suministro, que tenga en cuenta las dimensiones del desarrollo sostenible (económica, ambiental y social) para satisfacer los requerimientos del cliente y de las partes interesadas ([Seuring y Müller, 2008](#)).

Por tanto, una producción sostenible es aquella donde se generan productos económicamente factibles mediante procesos que minimizan los impactos negativos al medio ambiente, conservan la energía y los recursos naturales, son seguros para los empleados, la comunidad y los consumidores ([Edtmayr; Sunk y Sihn, 2016](#)). En este sentido en la actualidad, resulta notable el incremento de la responsabilidad social corporativa ([Taubitz, 2010](#)). Por ejemplo, [Pagell y Wu, \(2009\)](#) utilizan un caso de estudio para analizar que hacen diferente las compañías sostenibles de las “compañías normales”. Los aspectos sociales encontrados por estos autores fueron que las compañías obligan a: 1. usar siempre la misma base de proveedores, 2. llevan a cabo la trazabilidad de todos los materiales usados y 3. realizan un análisis transparente de los precios.

Respecto a la sostenibilidad ambiental, se plantea que las tecnologías limpias pueden ser costosas de implementar, pero en la mayoría de los casos estas resultan en mayores beneficios económicos en el largo plazo ([Carter y Rogers, 2008](#); [Yang; Hong y Modi, 2011](#)). No obstante, el sistema financiero actual no está diseñado, por ejemplo, para incluir el “verdadero costo” del desperdicio y del exceso de inventarios ([Taylor, 2005](#)). Un reto para el desarrollo sostenible es la dificultad para medir y comparar el impacto de los cambios en el desempeño ambiental y social ([Kogg y Mont, 2012](#); [Styles; Schoenberger y Galvez-Martos, 2012](#)). La sostenibilidad es un tema complejo y multidimensional, que combina la eficiencia y la equidad inter e intra – generacional sobre una base ambiental, económica y social ([Ahi y Searcy, 2015](#)).

1.4.1. Dimensiones e indicadores de sostenibilidad

El Desarrollo Sostenible se anticipa a los nuevos criterios de organización global dominantes para el siglo XXI, en sus ámbitos económico, político, tecnológico, científico, social y cultural, considerando las organizaciones en todos los niveles ([Pérez, 2005](#)). Un concepto central que ha surgido para ayudar a operacionalizar la sostenibilidad es el enfoque de “Triple Resultado Final” (*Triple Bottom Line – TBL*, por sus siglas en inglés), donde el desempeño se evalúa en las dimensiones ambiental, económica y social de la sostenibilidad ([Elkington, 1997](#)). Según [Pérez, \(2005\)](#) y [Seuring, \(2013\)](#), los principales enfoques de su aplicación son:

- **Dimensión económica:** plantea la necesidad de encaminar la sociedad hacia el crecimiento económico, por lo que principalmente se analizan indicadores económicos, algunos autores se basan en el Análisis del Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment – LCA*), donde la situación económica actual representa una línea base para la evaluación de los impactos ambientales, ya sea a través del LCA, o del Método de Jerarquías Analíticas (*Analytical Hierarchy Process - AHP*).
- **Dimensión ambiental:** su fundamento reside en el mantenimiento de la integridad biológica, para lograr la productividad a largo plazo de los sistemas que mantienen la infraestructura ambiental y, por extensión, la vida en el planeta. Para ello se realizan estudios sobre la Análisis del Ciclo de Vida, la demanda de energía, emisiones de CO₂, y el impacto ambiental.
- **Dimensión social:** parte de la premisa equidad social e independiente de las comunidades humana, por lo que aborda temáticas relacionadas con la responsabilidad social corporativa, y se puede observar una medición voluntaria de las empresas, de la relación entre los negocios y la sociedad. Busca asegurar que las personas tengan educación y oportunidad de hacer contribuciones a la sociedad que sean productivas y justamente remuneradas. De igual manera, se exige la activa participación política de todos los actores sociales en la toma de decisiones.

En general la mayoría de los autores están de acuerdo con la tridimensionalidad del DS, no obstante, [Brundtland, \(2002\)](#), plantea que para lograr un desarrollo que sea sostenible es necesario tener en cuenta la salud humana, la implantación de procesos de producción y consumo sostenibles, la protección y administración de los recursos

naturales y la responsabilidad social, por lo que no se puede solo hablar de tres dimensiones, sino de cinco, añadiendo la ética y la salud. La ética es un elemento fundamental para aceptar los cambios que supone el DS (tecnológicos, científicos, culturales, políticos, ecológicos y económicos), los cuales indudablemente no resultan de fácil adopción, por lo que se hace necesario cambiar la actitud de las personas hacia una economía más racional, más humana ([Pérez, 2005](#)). Mientras que la salud constituye también un poderoso instrumento para alcanzar el desarrollo social y económico ([Brundtland, 2002](#)).

Otro enfoque es planteado por [Sepúlveda, \(2008\)](#), donde se menciona que el DS puede ser concebido en **cuatro** dimensiones: social, ambiental, económica, **político-institucional**, donde la última está referida al gasto público dirigido a mejorar las condiciones de vida de las comunidades agrícolas, como infraestructura, salud, vialidad, entre otras. Medir el nivel de sostenibilidad de las cadenas de suministro y monitorear su desempeño hacia la sostenibilidad en el tiempo, se está convirtiendo en un requisito esencial ([Ahi y Searcy, 2015](#)). Por tanto, todo conjunto de indicadores constituye un sistema de señales que puede orientar respecto del avance en la consecución de objetivos y metas determinados. Los indicadores de DS pueden interpretarse como signos que pueden robustecer la evaluación sobre el progreso de los países y regiones hacia el desarrollo sostenible ([Quiroga Martínez, 2007](#)).

El [Anexo 1](#) se muestran **indicadores de sostenibilidad** encontrados en las literaturas según diferentes autores. Sin embargo, los factores que facilitan o dificultan la sostenibilidad en una cadena de suministro son fundamentalmente dependientes del contexto ([Ahi y Searcy, 2015](#)), el desafío es definir los indicadores relevantes para cada dimensión y comprender cómo se comunican a sí para conseguir procesos realmente sostenibles ([Helleno; de Moraes y Simon, 2017](#)).

1.4.2. Análisis de sostenibilidad y herramientas utilizadas

Cuando se analiza la “sostenibilidad”, esta puede ser visualizada desde una posición filosófica intergeneracional, hacia un término multidimensional, como herramienta para la gestión empresarial ([Viteri Sánchez, 2015](#)). La sostenibilidad de las cadenas de suministro, se extiende más allá del concepto de gestión, para lograr la optimización de las operaciones considerando todo el sistema de producción y posproducción

([Matos y Hall, 2007](#)). La medición de la sostenibilidad en el contexto de una cadena de suministro es un área de creciente interés entre los investigadores y los profesionales en el campo ([Glock; Jaber y Searcy, 2012](#); [Brandenburg y otros 2014](#)). Sin embargo, la literatura sobre este tema todavía es relativamente limitada, varias organizaciones e investigadores describen indicadores de sostenibilidad, pero, aún no se ha publicado un estándar universal ([Ahi y Searcy, 2015](#)).

A partir de la revisión de múltiples artículos tanto [Martínez-Jurado y Moyano-Fuentes, \(2014b\)](#) como [Henao Arango; Sarache y Gomez, \(2016\)](#) concluyen que es necesario identificar indicadores claves del desempeño sostenible, por lo que se debe establecer una metodología para su evaluación en el contexto de una cadena de suministro. La sostenibilidad en etapas iniciales, tendían a centrarse en aspectos ambientales (por ejemplo: ([Hervani; Helms y Sarkis, 2005](#); [Tan y Khoo, 2005](#); [Pishvaei y Razmi, 2012](#); [Jaber; Glock y El Saadany, 2013](#))), sin embargo, con el paso del tiempo, se está adoptando cada vez más un enfoque de TBL ([Ahi y Searcy, 2015](#)). No obstante, el aspecto ambiental de la sostenibilidad constituye la base principal en la mayoría de los enfoques identificados ([Seuring, 2013](#); [Brandenburg y otros 2014](#)), aunque varias publicaciones abordan las dimensiones ambientales y económicas del desempeño de la cadena de suministro sostenible (por ejemplo: ([Heller y Keoleian, 2003](#); [Agyapong-Kodua y otros 2012](#); [Accorsi y otros 2014](#); [Posselt y otros 2014](#); [Ahi y Searcy, 2015](#); [Vimal; Vinodh y Muralidharan, 2015](#); [Alvandi y otros 2016](#))).

Según [Seuring, \(2013\)](#) y [Brandenburg y otros \(2014\)](#) el aspecto social falta casi por completo en varios estudios (por ejemplo: ([Srivastava, 2007](#); [Seuring y Müller, 2008](#); [Gold; Seuring y Beske, 2010](#)), a veces, se capta de una manera demasiado simplificada en los estudios de medición de la sostenibilidad. Sin embargo, algunos enfoques abordan explícitamente la dimensión social de la sostenibilidad (por ejemplo: ([Sparks y Badurdeen, 2014](#); [Campoy-Muñoz; Cardenete y Delgado, 2017](#); [Helleno; de Moraes y Simon, 2017](#); [D'Eusanio y otros 2018](#); [Morais y Silvestre, 2018](#); [Pashaei Kamali y otros 2018](#); [Popovic y otros 2018](#))). [Ahi y Searcy, \(2015\)](#) destacan la necesidad de identificar sistemáticamente los desafíos y oportunidades clave de la sostenibilidad en una cadena de suministro particular.

Sobre la cadena de suministro agro-alimentaria específicamente, varios enfoques han sido elaborados para medir la sostenibilidad, en especial para la dimensión ambiental. La valoración de la sostenibilidad ambiental tiene tradición de enfocar a investigadores y a responsables de la política en la agricultura ([Filson, 2005](#)), para desarrollar enfoques holísticos incluyendo etapas del procesamiento de alimentos, transporte y la venta al por menor de alimento en los marcos de valoración de cadenas de suministro de alimento ([Heller y Keoleian, 2003](#)). Evaluaciones específicas dentro del marco de desarrollo del sector incluyen presupuesto económico de la granja ([Pretty y otros 2005](#)), los impactos de la sostenibilidad que aborda el ciclo de vida ([Heller y Keoleian, 2003](#)), cantidad de comida ([Kemp y otros 2010](#)), la estimación de energía en el ciclo de vida del producto ([Carlsson-Kanyama; Ekström y Shanahan, 2003](#)), balance de masas ([Ortiz, 2008](#); [Ridoutt y otros 2010](#)), la huella ecológica ([Ridoutt y otros 2010](#)), y la sostenibilidad de los indicadores de la granja ([Rodrigues y otros 2010](#)).

A pesar de que la evaluación de la sostenibilidad en la cadena de suministro se ha convertido en un área de investigación en crecimiento en la literatura académica ([Rebs; Brandenburg y Seuring, 2019](#)), la mayoría no logran integrar los diferentes aspectos de la sostenibilidad de forma simultánea ([Martínez-Jurado y Moyano-Fuentes, 2014a](#)). Según [Seuring, \(2013\)](#) existe una clara brecha en la investigación con respecto a la integración general de las tres dimensiones de sostenibilidad, por tanto, es necesario desarrollar un marco integral que tengan en cuenta todas las características de sostenibilidad para evaluar el nivel de sostenibilidad de las cadenas de suministro ([Ahi y Searcy, 2015](#)).

De forma general, las herramientas más usadas para evaluar la sostenibilidad en una cadena de suministro han sido desarrolladas a través de modelos cuantitativos, los cuales pueden agruparse según los siguientes enfoques de modelado analítico: modelos basados en el LCA (por ejemplo: ([Heller y Keoleian, 2003](#); [Matos y Hall, 2007](#); [Roy y otros 2009](#); [Accorsi y otros 2014](#); [Vandermeersch y otros 2014](#); [Zhang y otros 2014](#))), aplicaciones del AHP (por ejemplo: ([Zhou; Cheng y Hua, 2000](#); [Marimin y otros 2014](#); [Zimmer y otros 2017](#); [Kolotzek y otros 2018](#))), Modelos de equilibrio (por ejemplo: ([González y otros 2014](#))), Modelos para la toma de decisiones multi-criterios (MCDM) (por ejemplo: ([Brandenburg y otros 2014](#))), Modelos basados en análisis de

entradas y salidas (IOA) (por ejemplo: ([El Saadany; Jaber y Bonney, 2011](#); [Bonney y Jaber, 2014](#))), Métricas compuestas (por ejemplo: ([Singh y otros 2009](#); [Zhou y otros 2012](#); [Ngai y otros 2014](#))) y Despliegue de la Función Calidad (por ejemplo: ([Ramezankhani; Torabi y Vahidi, 2018](#))).

Para el caso específico de las cadenas agro-alimentarias lo primero que se debe tener en cuenta es en dónde nos encontramos, cuál es nuestra situación y hacia dónde se quiere ir en un futuro, esto se facilita con la ayuda de un mapa ([Hines y Rich, 1997](#)). Por tanto, resulta un beneficio utilizar la herramienta de Mapeo de Flujo de Valor o *Value Stream Mapping* (VSM por sus siglas en inglés, término que se utilizará en lo adelante para referirse a dicha herramienta), diseñada precisamente para mapear los procesos, flujo de materiales e información desde la concepción del producto hasta el cliente final ([Hines y otros 2000](#); [Seth; Seth y Goel, 2008](#)).

1.5. Mapeo del flujo de valor

La mejora del desempeño de las cadenas de suministro no es una tarea fácil dada la naturaleza fragmentada de las industrias y la extrema especialización funcional de las organizaciones ([Arbulu y otros 2003](#)). Para ello es necesario estudiar el flujo del valor, siendo este la suma de todas las acciones (tanto las que **añaden valor** como las que **no añaden valor**) que son necesarias para obtener un producto a través del flujo productivo desde la materia prima hasta el cliente ([Rother y Shook, 1999](#)). A partir del análisis de un mapa de flujo de valor, es posible descubrir problemas cuya solución puede incidir en la obtención de mejores resultados ([Antonelli y Stadnicka, 2018](#)).



Figura 1.7: Tipos de actividades en un flujo de valor. Fuente: ([Cabrera Calva, 2011](#))

Según [Cabrera Calva, \(2011\)](#) las actividades que agregan valor son todas aquellas operaciones que transforman al producto por el que el Cliente paga para satisfacer su necesidad, mientras que las actividades que no agregan valor son todas aquellas operaciones donde la materia prima o el material en proceso no sufre transformación que busque el cliente y no le originan satisfacción.

El VSM es una herramienta que se enfoca sobre el diseño del sistema de producción para hacerlo cada vez más competitivo a partir de eliminar las actividades que no añaden valor, sean interrupciones o desperdicios, en aras de producir flujo constante y reducir los ciclos de producción (*lead times*) al mínimo ([Hines y Rich, 1997](#)). No obstante, el nivel táctico existente entre la planeación estratégica y los procesos operativos de la producción, se ha obviado en numerosas aplicaciones ([Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)). La implementación del VSM ha sido significativamente mayor en el sector de la manufactura al compararse con otros sectores ([Shou y otros 2017](#)).

Los **principales beneficios de su aplicación** son: un mayor entendimiento del costo del producto, un panorama claro del proceso de manufacturación, una reducción del trabajo en proceso (*Work in Process - WIP*), reducción del inventario, reducción en el tiempo de ciclo de producción, flexibilidad: una respuesta más rápida a los cambios de demanda, respuesta más rápida a los asuntos sobre calidad, un énfasis en halar (*pull*) desde el cliente, un incremento en la contribución de valor agregado y estandarización de los procesos de producción, mejora del liderazgo en la organización, así como priorizar la implementación de acciones para eliminar el desperdicio ([Emiliani y Stec, 2004](#); [Seth y Gupta, 2005](#); [Abdelmalek y Rajgopal, 2007](#); [Locher, 2008](#); [Sezen y Erdogan, 2009](#); [Singh; Garg y Sharma, 2011](#); [Andreadis; Garza-Reyes y Kumar, 2017](#); [Sunk y otros 2017](#); [Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)).

Dichos beneficios son respaldados además por [Andreadis; Garza-Reyes y Kumar, \(2017\)](#) a través del estudio empírico realizado con la participación de 155 expertos a nivel global, donde se obtuvo como consenso que el uso del VSM posibilita a una organización priorizar la implementación de acciones para eliminar el desperdicio. Por otra parte, adaptaciones de dicha herramienta facilita la identificación de la carga de trabajo laboral, así como buenas prácticas ergonómicas, lo cual resulta en impactos sociales positivos ([Martínez León y Calvo-Amodio, 2017](#)). Por tanto, el VSM es una

herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, además, permite detectar fuentes de ventaja competitiva, ayuda a establecer un lenguaje común entre todos sus usuarios y comunica ideas de mejora ([Cabrera Calva, 2011](#)), por lo cual un VSM puede ser el punto de partida de un plan de mejora estratégico ([Serrano Lasa; Castro y Laburu, 2009](#)).

No obstante, dicha herramienta aún enfrenta **desafíos y limitaciones en su implementación**, tales como: dificultad para medir la información de los procesos, las pocas habilidades del personal para aplicar la herramienta, baja integración entre los procesos, amplia gama de productos y flujos de producción que no están claramente definidos a través de procedimientos o necesitan ser demasiado flexibles para adaptarse a cambios constantes de la demanda o del producto ([Dal Forno y otros 2014](#)). Según [Shou y otros \(2017\)](#) pocos estudios se han centrado en reducir los defectos de los productos en aras de mejorar la efectividad del proceso, lo cual sugiere que el VSM tiende a entenderse como una herramienta solamente para visualizar el valor y el desperdicio en los procesos, en lugar de una filosofía de mejora más amplia para todo el sistema. En este caso se hace necesario tener en cuenta una gestión por procesos en aras de desarrollar un marco organizativo para de la mejora continua de los flujos de valor a todos los niveles de forma metódica ([Sunk y otros 2017](#)).

Otros autores identifican como principales **limitaciones en la implementación de las soluciones** resultantes luego de la aplicación del VSM: la falta de compromiso de la dirección, la no documentación o incorrecta definición de los procesos y la falta de entrenamiento de los empleados ([Andreadis; Garza-Reyes y Kumar, 2017](#)).

1.5.1. Mapeo del flujo de valor convencional

El VSM se ha convertido en un método de implementación popular en los últimos años en cual se basa en un conjunto de símbolos, los cuales se muestran en el [Anexo 2](#). Es una de las herramientas más usadas para identificar el flujo de valor dentro de un sistema a través de la visualización y comprensión del flujo material y de información para exponer las fuentes de desperdicio ([Thanki y Thakkar, 2016](#); [Shou y otros 2017](#)). En los VSM convencional, los procesos se caracterizan normalmente por tiempos de ciclo y tiempos de procesamiento constantes, basados en valores promedio o mediciones únicas ([Lian y Van Landeghem, 2007](#)). Esto facilita, por ejemplo, lograr

grandes reducciones en el consumo de tiempo al reducir el tiempo de espera de un trabajo durante el proceso de producción, a partir de la modificación de procedimientos o diseños para permitir que el producto fluya con más facilidad a través del proceso, por lo que aumenta la productividad ([Verma y Sharma, 2017](#)).

Cuando se crea un VSM para una familia de productos, solo se pueden usar valores promedio, dicha característica hace que el VSM sea perfectamente aplicable a los sistemas de producción en masa con poca variedad en la mezcla de productos, pero limita su aplicación en entornos de fabricación de alto volumen de mezcla y bajo volumen ([Gurumurthy y Kodali, 2011](#)). Esta deficiencia se aborda en algunos enfoques al modelar un flujo multi-productos ([Braglia; Carmignani y Zammori, 2006](#); [Agyapong-Kodua y otros 2012](#)). Sin embargo, al igual que los VSM convencionales, estos enfoques solo representan el flujo de valor de manera estática por lo que solo proporcionan una foto del flujo de producción ([Alvandi y otros 2016](#)).

Por otra parte, el tiempo de procesamiento y el enrutamiento a través del sistema de producción normalmente es específico del producto, lo que genera variaciones en los tiempos de espera y la utilización de recursos para diferentes tipos de productos ([Schönemann; Thiede y Herrmann, 2014](#)). Como resultado, el VSM convencional de un día de producción no es necesariamente una representación válida del comportamiento real del sistema ([Parthanadee y Buddhakulsomsiri, 2014](#)).

Un análisis de la literatura muestra que existe un número significativo de enfoques académicos para investigar el desarrollo basado en conceptos de VSM, surgido de las debilidades en los métodos o de la influencia de los desafíos actuales. ([Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)). Por ejemplo, [Agyapong-Kodua y otros \(2012\)](#) proponen un modelo para el análisis dinámico de flujo de múltiples productos, el cual resulta útil para demostraciones de impacto causal, análisis de costos dinámicos y análisis de valor, así como herramienta y modelos de casos específicos para la mejora y el rediseño de procesos. [Dadashnejad y Valmohammadi, \(2012\)](#) utilizan el método de modelación de ecuaciones estructurales para analizar los datos e hipótesis sobre posibles mejoras.

No obstante, los estudios anteriores presentan limitaciones tales como mucho consumo de tiempo, incapacidad para detallar el comportamiento dinámico de los procesos de producción y para abarcar su complejidad, las cuales han impulsado a los

investigadores a recurrir a la simulación ([Lian y Van Landeghem, 2007](#)). De igual forma, [Serrano; Ochoa y Vila, \(2008\)](#) señala que los softwares de simulación y modelación, están entre las principales herramientas implementadas para el rediseño de sistemas de manufactura e ingeniería.

1.5.2. Uso de la simulación para el mapeo del flujo de valor

El VSM es una herramienta ideal para exponer el desperdicio en un flujo de valor e identificar herramientas para mejorar ([Abdullah, 2003](#)), pero debido a que la mayoría de los VSM están "basados en papel y lápiz", el nivel de precisión es limitado y el número de versiones que se pueden manejar es bajo ([Braglia; Carmignani y Zammori, 2006](#); [Lian y Van Landeghem, 2007](#); [Agyapong-Kodua y otros 2012](#)). En general, se necesita de una herramienta complementaria al VSM que pueda cuantificar las ganancias durante las etapas iniciales de planificación y evaluación ([Rocha-Lona; Garza-Reyes y Kumar, 2013](#)).

Una herramienta obvia es la simulación, que es capaz de generar requisitos de recursos y estadísticas de rendimiento, se puede usar para manejar la incertidumbre y crear vistas dinámicas de los niveles de inventario, los plazos de entrega y la utilización de la máquina para diferentes mapas de estado futuros ([Abdelmalek y Rajgopal, 2007](#)). VSM combinado con simulación es una buena alternativa en la toma de decisiones para realizar cambios en el proceso de producción ([Andrade; Pereira y Del Conte, 2016](#)). La simulación es una herramienta que garantiza el ahorro de costos, dado que un modelo de simulación puede ayudar a los gerentes a ver los efectos antes de una gran implementación ([Lian y Van Landeghem, 2007](#)). Por lo tanto, muchos autores utilizan la simulación de eventos discretos junto con VSM en diferentes sectores y validan el éxito de este enfoque combinado ([Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)). Una de las primeras aplicaciones de la simulación fue realizada por [Donatelli y Harris, \(2004\)](#), quienes al combinar la asignación de flujo de valor y la simulación de eventos discretos, agregaron al mapa de flujo de valor una cuarta dimensión: el tiempo. Una vez simulado, el VSM ya no es solo una foto, sino que se convierte en una imagen en movimiento, que ofrece información que puede haberse perdido si se hubiera utilizado solo el VSM. Investigaciones posteriores proponen un método para implementar VSM "extendido" mediante simulación con Arena, donde el modelo simulado se alimenta

con información sobre los estados actuales y futuros de VSM, inicialmente para validar el modelado en relación con el estado actual y luego para analizar el impacto de las mejoras sugeridas, antes de su implementación real ([Lian y Van Landeghem, 2002](#); [McDonald; Van Aken y Rentes, 2002](#); [Lian y Van Landeghem, 2007](#)).

De igual forma, [Andrade; Pereira y Del Conte, \(2016\)](#) usan la simulación del VSM, en este caso mediante el software Promodel, para predecir modificaciones a una línea de producción a partir de los datos generados (como por ejemplo la utilización de los recursos en el estado futuro). Por otra parte, [Antonelli y Stadnicka, \(2018\)](#) definen tanto las variables de entrada necesarias para construir un modelo de VSM, como las variables de salida para un correcto análisis de las mejoras. Estos enfoques suponen que es posible simular potenciales estados futuros de flujos de valor (*Future Value Stream - FVS*) y probarlos antes de la implementación una vez que se haya completado el análisis convencional del flujo de valor actual (*Current Value Stream - CVS*) ([Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)). Por lo tanto, muchos autores utilizan la simulación de eventos discretos junto con VSM y establecen el uso de este enfoque combinado a través de estudios de casos en diferentes sectores ([Serrano; Ochoa y Vila, 2008](#)). Otros autores, llevan a cabo dos tipos de validación, a través de cuestionarios y validación estadística ([Vinodh; Arvind y Somanaathan, 2013](#)).

En cuanto al software para la simulación del VSM, [Agyapong-Kodua y otros \(2012\)](#) realizan un análisis y comparación de otras siete de las herramientas de modelado de simulación disponibles comercialmente (*Lean Modeller, Simul8, iThink / Stella, Lean Enterprise, Arena, Witness, Quest*). Llegaron a la conclusión de que diferentes herramientas de modelado de simulación de eventos continuos y discretos tienen fortalezas relativas, por lo que podrían usarse de manera conjunta para modelar aspectos de procesos tales como colas, flujos de productos, rutas de procesos, efectos causales, eventos estocásticos, utilización de recursos, tiempos de procesos, flujos de material e información, averías, etc. Finalmente proponen un método para su aplicación coherente según el uso previsto de cada uno de los modelos.

Por otra parte, [Paju y otros \(2010\)](#) analiza la inclusión de elementos ambientales tanto en el VSM como en softwares de simulación, por ejemplo “*Simul8 DES*” proporciona el monitoreo de carbono, mientras que “*Witness Power with Ease*” optimiza el uso de

energía. Además, SIMTER, es un método holístico utilizado para la toma de decisiones interdisciplinaria al realizar un análisis de elementos de sostenibilidad tales como: ergonomía humana, productividad y aspectos ambientales del sistema de producción, dado que está diseñada para ser utilizada por los ingenieros de diseño de sistemas de fabricación en pequeñas y medianas empresas ([Paju y otros 2010](#)).

Como resultado, las soluciones anteriores no son lo suficientemente amplias, se requiere un enfoque de gestión para pasar de la simple aplicación del método VSM a un proceso de gestión continua del flujo de valor. En este sentido ([Lugert; Völker y Winkler, 2018](#)), proponen un enfoque holístico que basado en los factores que tienen una influencia dinámica en el flujo de valor.

Al combinar la simulación con el poder visual de VSM, se busca una adopción más rápida y menos resistencia al cambio de parte de la fuerza laboral ([Lian y Van Landeghem, 2007](#)). No obstante, la preparación de un modelo para ser simulado requiere de mucho tiempo, por lo cual algunos autores cuestionan cuándo se debe simular y si es realmente necesario ([Antonelli y Stadnicka, 2018](#)).

1.5.3. Evolución de la inclusión de métricas sostenibles en el VSM

Evidentemente, VSM y el análisis ambiental también se han fusionado dichas aplicaciones. En este sentido, la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU., utiliza casos de estudio para ayudar a los usuarios a identificar fácilmente a eliminar los desperdicios, reducir las emisiones de CO₂, GEI y desechos sólidos, así como reducir el uso de sustancias nocivas en los procesos productivos, que puedan tener efectos adversos en las personas ([US EPA, 2007b](#); [2007a](#); [2011](#)), los cuales están destinados a la mejora del desempeño ambiental ([Hartini; Ciptomulyono y Anityasari, 2017](#)). Para dicho propósito también se utiliza el modelado de Sistemas Dinámicos (*System Dynamics* - SD) el cual tiene bien establecido el análisis de aspectos ambientales ([Rebs; Brandenburg y Seuring, 2019](#)), pero en cuanto a los aspectos sociales aún siguen considerándose en varios estudios como una consecuencia de la mejora de los aspectos ambientales, por lo que su análisis de forma independiente aún se considera un reto ([Seuring y Müller, 2008](#); [Edtmayr; Sunk y Sihm, 2016](#)).

Varios enfoques encontrados en la literatura ([Simons y Mason, 2002](#); [Erlach y Westkämper, 2009](#); [Torres y Gati, 2009](#); [Kuriger y Chen, 2010](#); [Paju y otros 2010](#); [Kuriger; Huang y Chen, 2011](#); [Dadashzadeh y Wharton, 2012](#); [Faulkner y Badurdeen, 2014](#)), de alguna manera consideran la sostenibilidad en el flujo de valor, pero solo de manera muy general y sin un modelo universal subyacente para el cálculo de los indicadores de sostenibilidad ([Sunk y otros 2017](#)). Un resumen detallado de la literatura consultada sobre los enfoques existentes para aplicación del VSM en la análisis de la sostenibilidad y sus dimensiones se muestra en el [Anexo 3](#). A continuación, se debaten los principales resultados encontrados.

En el primer enfoque se analiza el **Flujo de Valor y Energía** (*Energy Value Stream - EVS*) con el enfoque en el ahorro de energía, donde se examina cada paso de la producción para identificar y eliminar el desperdicio de energía ([Erlach y Westkämper, 2009](#); [Müller; Stock y Schillig, 2013](#); [Verma y Sharma, 2016](#)), o a través de la teoría de redes Bayesianas ([Keskin; Asan y Kayakutlu, 2013](#)).

Por otra parte, en el **VSM Ambiental (EVSM)** los investigadores ([Torres y Gati, 2009](#); [Ng; Low y Song, 2015](#); [Alvandi y otros 2016](#)) se enfocan en el consumo de agua ([Torres y Gati, 2009](#)), aunque la identificación visual del desperdicio no es muy clara. En otros casos se enfoca en la huella de carbono ([Ng; Low y Song, 2015](#)), utilizando en otros casos la modelación de sistemas multi-productos teniendo en cuenta la energía y las emisiones de carbono ([Alvandi y otros 2016](#)).

Una combinación de las herramientas anteriores se denomina **VSM de Energía y medio ambiente** (EE-VSM), la cual considera el consumo de energía, agua, uso de materiales y emisiones de CO₂ en el proceso, sin embargo, en algunos casos se descuida el uso de energía debido al transporte o almacenamiento ([Kuriger y Chen, 2010](#); [Kuriger; Huang y Chen, 2011](#)), no obstante esta herramienta ayuda a los decisores a alinear los beneficios financieros y los impactos ambientales al proporcionar un enfoque de análisis de emisiones de carbono. ([Li; Cao y Pan, 2012](#)). [Thanki y Thakkar, \(2016\)](#) proponen una herramienta similar para representar gráficamente el consumo de recursos, la agregación de valor y las oportunidades de mejora del rendimiento dentro del sistema de producción al integrar VSM, contabilidad de costos del flujo de materiales (MFCA) y metodología de Análisis Pinch.

El **Green VSM** (GVSM) hace énfasis en los indicadores de energía, agua, materiales, residuos, transporte, emisiones de CO₂ y biodiversidad en oficinas de tecnologías de la información, aunque la representación visual en este caso es limitada. ([Dadashzadeh y Wharton, 2012](#)). Otros estudios ([Folinas y otros 2013a](#); [Folinas y otros 2013b](#); [Folinas y otros 2014](#); [Folinas; Aidonis y Karayannakidis, 2015](#)), proponen un enfoque paso a paso a partir de VSM para determinar el desperdicio en la cadena de suministro de productos agro-alimentarios, y definen estrategias que requieren la entrega a tiempo de pequeños lotes, lo que a su vez conduce a un aumento en el transporte, el empaque y las actividades de manejo lo cual puede estar en contradicción con el enfoque “verde”. Mientras en otros estudios se identifican las áreas de mejora utilizando además el AHP ([Marimin y otros 2014](#)).

Una herramienta enfocada a la salud lo constituye el **Mapeo del flujo de valor ergonómico** (*Ergonomic Value Stream Mapping - ErgoVSM*), donde los resultados de su aplicación han sido comparados con el VSM en 2 casos de estudio respectivamente, en cada una de 3 organizaciones de salud ([Edwards y Winkel, 2013](#)). Dicha herramienta evalúa el tiempo de trabajo manual, las posturas, el esfuerzo físico, la variación de las posiciones de trabajo y el tiempo de recuperación en la manufactura de producciones plásticos ([Jarebrant y otros 2016](#)) y se propone además tener en cuenta en estudios futuros factores psicosociales.

Por otra parte, el **LCA integrado al VSM** considera los indicadores clásicos de sostenibilidad ambiental y además, al igual que el caso anterior, métricas sociales (por ejemplo: número de horas-hombre de trabajo, días de ausencia laboral, número de reclamaciones ([Paju y otros 2010](#)), el índice de carga física, nivel de ruido y riesgos potenciales en el entorno de trabajo ([Vinodh; Ben Ruben y Asokan, 2016](#)). Dichos indicadores son integrados con el VSM, el LCA ([Litos y otros 2017](#)) y estos dos a su vez con la Simulación de Eventos Discretos (DES) ([Paju y otros 2010](#)), para identificar posibles mejoras en bienes y servicios en forma de menores impactos ambientales en todas las etapas del ciclo de vida.

Finalmente, se encuentran el **Mapeo de Manufactura Sostenible (SMM) o VSM sostenible (SVSM)** los cuales buscan de forma general optimizar la cadena logística a través del análisis de elementos económicos, ambientales y sociales. Una de las

primeras menciones de este enfoque la realizan [Simons y Mason, \(2002\)](#), sin embargo, dicho estudio considera que los indicadores sociales se incorporan indirectamente a través de la mejora de la economía y del medio ambiente (en este caso: las emisiones de GEI y de CO₂). Posteriormente, ([Norton y Fearne, 2009a](#); [2009b](#)) combinan el SVSM propuesto por [Simons y Mason, \(2002\)](#) con métricas de sostenibilidad creadas por [Norton, \(2007\)](#) para crear un mapa de cadena de valor sostenible (SVCM) en aras de analizar las relaciones y los flujos de información entre los minoristas de alimentos y los fabricantes de alimentos.

[Faulkner y otros \(2012\)](#) seleccionan métricas clásicas de la sostenibilidad ambiental (consumo de agua de proceso, el uso de materia prima, el consumo de energía) y social (peligros potenciales relacionados con el entorno laboral y el trabajo físico) y crean los símbolos visuales necesarios para cada métrica propuesta en el Sus-VSM que permiten visualizar fácilmente áreas potenciales para la mejora continua. [Brown; Amundson y Badurdeen, \(2014\)](#) prueban la versatilidad del Sus-VSM en tres estudios de casos con diferentes variedades y volúmenes de productos teniendo en cuenta el consumo de energía, agua, las emisiones de GEI, los niveles de ruido y los residuos. [Faulkner y Badurdeen, \(2014\)](#) utilizan métricas similares y consideran además el uso de materias primas y el índice de carga de trabajo.

[Sparks y Badurdeen, \(2014\)](#) crean una matriz para calcular un **índice de sostenibilidad** a partir de métricas económicas y ambientales propuestas por [Faulkner y Badurdeen, \(2014\)](#), pero definen además, en el caso de las métricas sociales, la satisfacción del cliente con la calidad del producto, el índice de empleo, el índice de diversidad cultural de los empleados, así como el índice de accidentes y de riesgos químicos, utilizando para ello la simulación de eventos discretos y el diseño de experimentos (DOE). [Edtmayr; Sunk y Sihn, \(2016\)](#) establecen modelo basado en el ciclo de reutilización típico-ideal para evaluar la generación de residuos dentro de un flujo de valor. Mientras que [Sunk y otros \(2017\)](#) analizan las competencias de los sistemas y la Medición de los tiempos de trabajo, para realizar un diseño coordinado y por tanto la mejora del diseño del trabajo y los aspectos logísticos (de producción) en los sistemas de trabajo y sus métodos de trabajo, así como a lo largo de todo un flujo de valor. Por otra parte, el VSM se utiliza como base para la mejora de la eficiencia de

la trazabilidad de alimentos mediante un sistema ciber-físico y reconfigurable para el seguimiento de los procesos que más añaden valor ([Chen, 2017](#)).

[Helleno; de Moraes y Simon, \(2017\)](#) proponen una serie de indicadores clave de rendimiento (*Key Performance Indicators* - KPI) de sostenibilidad derivados de la metodología de VSM. Para ello analizan las métricas ambientales y económicas clásicas combinándolas para lograr un índice de sostenibilidad ambiental y un índice de sostenibilidad económica, tanto por operación como por proceso. De igual forma, propone un índice de nivel de sostenibilidad social a partir la sumatoria de indicadores seleccionados (ausentismo, accidentalidad, nivel de ruido, nivel de ingresos de los trabajadores, entre otras) ponderados según la satisfacción de los trabajadores con las condiciones de trabajo el cual incluye además la contribución de la producción de la organización a la producción nacional.

Las experiencias positivas recogidas con estas extensiones VSM conducen a nuevos desarrollos, por ejemplo, el flujo de valores de ergonomía y mantenimiento, una inmersión con las metodologías de estudio de tiempos de trabajo y la aplicación de la VSM en las fases iniciales del diseño del producto ([Sunk y otros 2017](#)).

1.6. Beneficios de la aplicación del VSM con enfoque de sostenibilidad en la cadena agro-alimentaria

Dado que el mapa del estado futuro presenta muchas mejoras importantes y se estima que optimiza la mayoría de las medidas de rendimiento ([Antonelli y Stadnicka, 2018](#)), el VSM se convierte en una herramienta de gran utilidad para el análisis de sostenibilidad en la cadena de suministro agro-alimentaria. Por ejemplo, [De Steur y otros \(2016\)](#) a partir de una amplia búsqueda filtran 24 artículos donde se emplea el VSM para la reducción de pérdidas y desperdicio de alimentos en al menos uno de los eslabones la CSA-A (siendo estos la mayoría, solo 5 estudios fueron realizados a nivel de la cadena de suministro), donde se reafirma que, por una parte, la simulación facilita la aceptación del VSM y por otra parte, los principales problemas en dichas cadenas son el exceso de defectos, de inventario, de producción y el procesamiento inadecuado (elementos en su mayoría de carácter económico).

En el caso de la CSA-A se debe tener en cuenta que, a diferencia de las métricas para la evaluación del desempeño económico, diferentes métricas ambientales y sociales podrían ser más relevantes. Por ejemplo, una línea de producción de alimentos puede requerir un conjunto diferente de métricas para evaluar las condiciones higiénicas y la seguridad alimentaria ([Faulkner y Badurdeen, 2014](#)).

Se evidencia entonces, es necesario combinar el VSM con el LCA en aras de considerar los indicadores clásicos de sostenibilidad ambiental ([Litos y otros 2017](#)), y además métricas sociales (número de horas-hombre de trabajo, días de ausencia laboral, número de reclamaciones ([Paju y otros 2010](#)), el índice de carga física, nivel de ruido y riesgos potenciales en el entorno de trabajo ([Vinodh; Ben Ruben y Asokan, 2016](#))), y estos a su vez con la Simulación de Eventos Discretos, para identificar posibles mejoras en bienes y servicios en forma de menores impactos en todas las etapas del ciclo de vida ([Paju y otros 2010](#)).

Por tanto, el VSM tiene el potencial para minimizar las pérdidas y desperdicios de alimentos lo cual constituye una vía para mejorar la seguridad nutricional y alimentaria y por tanto la sostenibilidad ([De Steur y otros 2016](#)), no obstante, debido a las limitaciones del VSM extendido para mejorar el sistema de sostenibilidad, la investigación futura sobre la extensión de la VSM utilizando métricas de sostenibilidad sigue siendo muy interesante ([Hartini; Ciptomulyono y Anityasari, 2017](#)).

CAPITULO 2: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD A TRAVÉS DEL MAPEO DEL FLUJO DE VALOR EN CADENAS DE SUMINISTRO HORTOFRUTÍCOLAS

En la actualidad, es una necesidad de las empresas cubanas gestionar los procesos a nivel de toda la cadena de suministro, siendo ésta la base para crear políticas y estrategias sólidas. Se requieren métodos que se basen en estudios de sostenibilidad ambientales, económicos y sociales, que al integrarse logren que las empresas integren sus cadenas productivas adecuadamente. Será posible entonces rediseñar y mejorar el flujo de trabajo, para hacerlo cada día más eficiente y adaptar la cadena a las necesidades de los clientes finales, logrando con ello su satisfacción total. Por esta razón, el presente capítulo tiene como objetivo dar solución a la problemática presentada en esta investigación mediante una metodología para el análisis de sostenibilidad, que facilite la propuesta de alternativas de mejora en la gestión poscosecha de las cadenas de suministro hortofrutícolas.

2.1. Justificación del diseño de la metodología para el análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro hortofrutícolas

Las cadenas de suministro hortofrutícolas son complejas pues se extienden a varias entidades. Es una red que consiste en un número de unidades interrelacionadas desde “la granja hasta la mesa”, como importadores, proveedores de insumos, productores agrícolas, cooperativas, empacadores, transportistas, exportadores, vendedores mayoristas, vendedores minoristas y clientes finales ([Matopoulos y otros 2007](#)). Esta situación constituye una debilidad que dificulta la adecuada gestión de este tipo de cadenas, por lo que resulta necesario conocer qué aspectos afectan su sostenibilidad y cómo pueden ser modificados en aras de influenciar positivamente la sostenibilidad. La valoración de la sostenibilidad en cadena de suministro agro-alimentarias ha involucrado históricamente a investigadores y responsables de la agricultura para desarrollar enfoques más amplios y por lo general se ha tenido en cuenta la reducción de los desperdicios en toda la cadena. Según la literatura consultada, las herramientas para evaluar la sostenibilidad a través de modelos cuantitativos en cadenas de suministro más utilizadas son: modelos basados en el Análisis del Ciclo de Vida y

Modelos para la toma de decisiones multi-criterios (analizan fundamentalmente aspectos ambientales), aplicaciones del Proceso de Jerarquías Analíticas (el análisis es influenciado por el criterio de los expertos) y Modelos de equilibrio (analiza fundamentalmente aspectos económicos y ambientales).

Recientemente se comienza a usar para este propósito la herramienta Mapeo de Flujo de Valor, que permite identificar visualmente de forma rápida en un mapa los procesos, el flujo de materiales e información desde la concepción del producto hasta el cliente final, el cual se ha aplicado indistintamente para analizar aspectos económicos (pérdidas en volumen o valor monetario, ganancias), aspectos ambientales (agua, energía y combustibles utilizados, emisiones de GEI) y aspectos sociales (salario medio, riesgos de seguridad y salud, nivel de satisfacción de los trabajadores con el ambiente laboral, nivel de servicio percibido por los clientes).

Por tanto, se propone realizar modificaciones a las metodologías que presentan mayores beneficios para el análisis de sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas encontradas en la literatura, para que se consideren indicadores que representen las tres dimensiones de la sostenibilidad con el objetivo de identificar oportunidades de mejora.

2.2. Bases de la metodología para el análisis de sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas

Los **objetivos de la metodología** son analizar la sostenibilidad (económico, social y ambiental) de las cadenas de suministro de hortofrutícolas e identificar alternativas de mejora sostenibles.

La metodología propuesta se sustenta en los **principios** siguientes:

- Consistencia lógica: A partir de la secuencia lógica, interrelación de aspectos y coherencia de contenidos, en correspondencia con la lógica de ejecución de este tipo de estudio.
- Trascendencia: las decisiones y acciones derivadas de su proceder tienen un impacto significativo en la seguridad alimentaria.
- Fiabilidad: capacidad de funcionar continuamente facilitando el proceso de toma de decisiones.

- Flexibilidad: la metodología tiene potencialidades para adaptarse con racionalidad a los cambios provenientes de un entorno muy dinámico, sin que se produzcan cambios significativos en su estructura, métodos y procedimientos de trabajo.
- Racionalidad: posibilidad de implementación con un presupuesto razonable, conduce a la obtención de beneficios de diversa índole y valor para la región que se analice.
- Perspectiva: posibilidad de adaptación y de hacer extensible su aplicación como instrumento metodológico a otros tipos de procesos e instalaciones productivas con diferentes tipos de materia prima con los ajustes pertinentes.
- Carácter participativo y creativo: Dado por su capacidad de desarrollar un ambiente participativo y colaborativo de trabajo en equipos multidisciplinarios de todos los implicados, de forma tal que propicie el despliegue de iniciativas.
- Mejoramiento sistemático: En función de su capacidad de mejorar progresiva y continuamente el nivel de conocimiento, que permita considerarlo un entrenamiento sistemático basado en la formación – acción.
- Transparencia: su estructuración, armonía entre los pasos y su consistencia lógica permite cumplir los objetivos para los cuales fue diseñada de forma relativamente sencilla, comprensible y práctica, respectivamente, permitiendo su asimilación rápida por parte de las personas que se inician en su explotación.

Las **entradas de la metodología** serán:

- Información de los procesos que permita la caracterización y descripción de la cadena de suministro a analizar.
- Información sobre insumos necesarios y consumidos.
- Información sobre las salidas de los procesos (desperdicios).
- Información sobre resultados productivos.

Las **salidas de la metodología** serán:

- Evaluación de utilización de recursos, así como del impacto social y ambiental de la cadena de suministro.
- Análisis de pérdidas poscosecha en el ciclo productivo, que permita la propuesta de alternativas de mejora.

2.3. Desarrollo de la metodología para el análisis de sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas basada en el VSM

La herramienta metodológica propuesta para el análisis de la sostenibilidad de las cadenas de suministro hortofrutícolas está basada en el Mapeo del Flujo de Valor (VSM). Esta se enfoca en identificar el flujo del sistema de producción y en eliminar tanto interrupciones como desperdicios, reducir los ciclos al mínimo y determinar posibles mejoras para aumentar la sostenibilidad de la cadena. En esta investigación se propone una metodología basada en los pasos e indicadores de sostenibilidad más comunes identificados en la literatura consultada para la aplicación del VSM ([Norton y Fearne, 2009a](#); [Edwards y Winkel, 2013](#); [Brown; Amundson y Badurdeen, 2014](#); [Faulkner y Badurdeen, 2014](#); [Schmidtke; Heiser y Hinrichsen, 2014](#); [Ali; Petersen y de França, 2015](#); [Andrade; Pereira y Del Conte, 2016](#); [Edtmayr; Sunk y Sihn, 2016](#); [Jarebrant y otros 2016](#)), se subrayan elementos modificados por la autora.

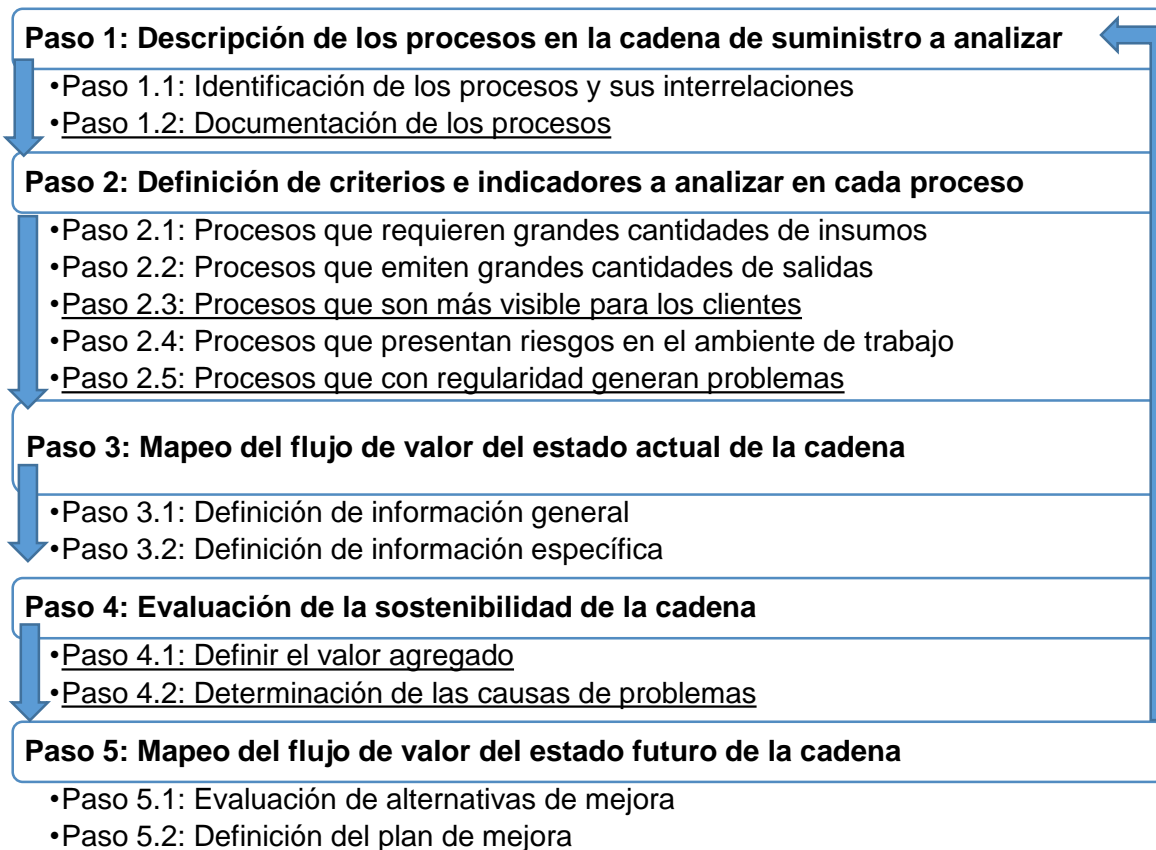


Figura 2.1: Metodología para analizar la sostenibilidad de cadenas de suministro hortofrutícolas basada en el VSM.

A continuación, se describen los pasos para el análisis de la sostenibilidad de una cadena de suministro hortofrutícola.

Paso 1: Descripción de los procesos en la cadena de suministro a analizar

La importancia de describir los procesos se basa en tener conocimiento de los eslabones que conforman la cadena (como se detalla en la tabla 2.1), así como de los indicadores a analizar.

Tabla 2.1: Eslabones de la cadena de suministro hortofrutícola y su función.

Eslabón	Función que desarrolla
Importadores	Encargados de conseguir los recursos que no se encuentran dentro del país.
Proveedores de insumos	Encargados de la mano de obra, maquinaria, equipo, instalaciones, tecnología en general.
Productores agrícolas	Encargados de la siembra y cosecha de los productos.
Cooperativas	Unidades donde se encuentran los productores y los productos.
Transportistas	Encargados de transportar todo tipo de recurso, para cualquier parte de la cadena.
Vendedores mayoristas	Compran un producto en grandes cantidades y venden en pequeñas cantidades a otro vendedor.
Industrias	Encargados de procesar y envasar a escala industrial grandes cantidades de producto para su venta a un vendedor mayorista.
Mini-industrias	Encargados de procesar y envasar a escala artesanal pequeñas cantidades de producto para su venta a un vendedor minorista o directamente al cliente final.
Exportadores	Encargados de sacar el producto terminado fuera de la cadena, hacia otro territorio.
Vendedores minoristas	Último eslabón del canal de distribución, el que está en contacto con el mercado.
Clientes finales	Son las personas que realmente consumen el producto.

Paso 1.1: Identificación de los procesos y sus interrelaciones

Con los procesos definidos y determinadas sus interrelaciones a través de un mapa de la cadena, se hace necesario establecer la documentación asociada a estos, para registrar de forma adecuada toda la información necesaria referida a la cadena.

Paso 1.2: Documentación de los procesos

La documentación de los procesos se puede realizar a través de fichas de proceso, las cuales se consideran un efectivo soporte de información pues tienen por objeto recoger todas las características relevantes para el control de las actividades reflejadas en el diagrama de representación de procesos (el cual debe ser anexado a dicha ficha). Esta una herramienta que contiene todos los elementos necesarios asociados a los procesos, para su correcto desarrollo y posterior análisis. Los elementos más representativos que integrarán esta ficha son:

- **Nombre del proceso:** debe ser representativo y lo más claro posible.
- **Tipo de proceso:** el tipo de proceso es un sistema de clasificación que ayudará a captar y entender el alcance y el contexto del proceso objeto de estudio. La clasificación recomendada es: procesos estratégicos, operativos y de apoyo.
- **Responsable del proceso:** responde por el desempeño del proceso, es responsable del control y de su mejora. Tiene la autoridad de gestionarlo a fin de cumplir con los requisitos establecidos en la documentación normativa asociada, lo cual incluye los recursos humanos, materiales y financieros asignados.
- **Alcance:** aunque debería estar definido por el propio diagrama de proceso, el alcance pretende establecer la primera actividad (inicio) y la última actividad (fin) del proceso, para tener noción de la extensión de las actividades en la propia ficha.
- **Entradas:** incluye todos los recursos necesarios para la realización de un proceso determinado (flujo de información, productos físicos, documentos).
- **Documentación utilizada:** se pueden referenciar en la ficha de proceso aquellos documentos o registros vinculados al proceso. En concreto, los registros permiten evidenciar la conformidad del proceso y de los productos con los requisitos.
- **Descripción:** en la descripción se debe definir dónde empieza y termina el proceso, y determinar qué actividades están incluidas y excluidas en el análisis. Para describir cada una de las actividades que posee el proceso se utilizará el

diagrama de representación de procesos OTIDA, que permitirá representar gráficamente el orden de actividades, trabajo e información. Al describirse las actividades concretas que deben realizarse en cada proceso, es necesario tener en cuenta las características de calidad que están asociadas a cada una de ellas, cuyo cumplimiento garantizará que se satisfagan las expectativas de los clientes internos y externos.

- **Control de la calidad por actividades:** para cada una de las actividades del proceso se debe definir la forma en que se controla y evalúa la calidad, así como el objetivo y responsable.

Paso 2: Definición de criterios e indicadores a analizar en cada proceso

Este paso incluye la definición de los procesos que serán investigados en profundidad en los próximos pasos.

Primeramente, ha de compararse la cantidad de materias primas recibidas ($MP_{recibida}$) con la cantidad de materias primas necesarias según las normas de consumo (ver [Anexo 4](#)) o regulaciones existentes para obtener el volumen de producto terminado real ($MP_{s/n} P_{real}$), esta diferencia representa la cantidad de materias primas perdida ($MP_{perdida}$) como se muestra en la expresión 2.1.

$$MP_{perdida}^{[1]} = MP_{recibida}^{[1]} - MP_{s/n} P_{real}^{[1]} \quad \text{Expresión (2.1)}$$

[1] toneladas

Para identificar estos procesos en las cadenas de suministro hortofrutícolas se pueden aplicar varios criterios, a partir del análisis realizado se proponen los mostrados a continuación en esta sección.

Paso 2.1 Procesos que requieren grandes cantidades de insumos

Los insumos pueden ser analizados para cada etapa de la cadena de suministro, lo cual resulta de gran importancia en específico para identificar el potencial de mejora en cuanto a la sostenibilidad de su uso. Para ello, se identifican los procesos que requieren grandes cantidades de insumos o recursos. En la tabla 2.2 se enumeran posibles criterios según la etapa de la cadena de suministro y posibles herramientas a utilizar para identificarlos.

Tabla 2.2: Posibles criterios para analizar los insumos de la cadena de suministro.

Criterios:	Herramientas:
<p><u>En la producción:</u> agua, químicos (fertilizantes, pesticidas, etc.), semillas, diésel (de equipos agrícolas empleados, etc.).</p> <p><u>En el transporte:</u> diésel, electricidad.</p> <p><u>En el almacenamiento:</u> materias primas (frutas o vegetales), químicos (aditivos).</p> <p><u>En el procesamiento:</u> materias primas (frutas o vegetales), agua (para lavado, etc.), químicos (aditivos), electricidad.</p> <p><u>En el envasado:</u> plásticos, cristal, metal, etc.</p> <p><u>En la distribución:</u> diésel, electricidad.</p> <p><u>En el consumo:</u> electricidad, agua, diésel, envases, etc.</p>	<p>Revisión de documentos y entrevistas</p>

A partir del análisis presentado en la expresión 2.1, se procede a identificar los insumos que no añaden valor al producto terminado y que por tanto constituyen desperdicios. Para ello se proponen los indicadores que se presentan en la tabla 2.3. En el [Anexo 4](#) se muestran los índices de consumo para cada tipo de insumo.

Tabla 2.3: Indicadores para el análisis de los insumos según la etapa de la CS.

Etapa CS	Indicadores	Expresión
Producción primaria	<p>Desperdicio de fertilizantes $i^{[2]} =$ <i>Fertilizantes necesarios</i> $i^{[3]} * MP_{perdida}^{[1]}$</p>	<p>(2.2) ^[2] kg ^[3] kg / t MP</p>
Transporte	<p>Desperdicio de combustible en el transporte^[4] $=$ Consumo de combustible en el transporte ^[5] $*$ Distancia recorrida con MP perdida ^[6]</p> <p>Donde: $Distancia\ recorrida\ con\ MP\ perdida^{[6]} =$ $km\ promedio\ recorridos * \frac{MP_{perdida}^{[1]}}{Volumen\ promedio\ carga^{[1]}}$</p>	<p>(2.3) ^[4] litros ^[5] litros / km recorrido ^[6] km</p>
Almacenamiento	<p>MP perdida en almacenamiento^[1] $= MP\ recibida^{[1]} - MP\ consumida^{[1]}$</p>	(2.4)
Procesamiento	<p>MP perdida en procesamiento^[1] $= MP\ consumida^{[1]} - MPs/n\ P_{real}^{[1]}$</p>	(2.5)

	$\text{Desperdicio de agua}^{[4]} =$ $\text{Agua necesaria}^{[7]} * \text{MP perdida en procesamiento}^{[1]}$	(2.6) [7] litros / t MP
	$\text{Desperdicio de energía}^{[8]} =$ $\text{Energía necesaria}^{[8]} * \text{MP perdida en procesamiento}^{[1]}$	(2.7) [8] KW-h
Envasado	$\text{Desperdicio de envases}^{[9]}$ $= \text{producto no conforme}^{[9]}$	(2.8) [9] unidades físicas

Paso 2.2: Procesos que emiten grandes cantidades de salidas

Es importante revisar para cada etapa de la CS los procesos que emiten grandes cantidades de salidas de productos, la cantidad de desechos generados, la cantidad de residuos sólidos generados, entre otros. En la tabla 2.4 se enumeran posibles criterios según la etapa de la CS y herramientas a utilizar para identificarlos.

Tabla 2.4: Posibles criterios para analizar las salidas de la cadena de suministro.

Criterios:	Herramientas:
<u>En la producción:</u> emisiones al agua (cloro, etc.), emisiones al aire (GEI), residuos sólidos, empaques. <u>En el transporte:</u> emisiones al aire (GEI). <u>En el almacenamiento:</u> residuos sólidos. <u>En el procesamiento:</u> emisiones al agua (cloro, etc.), emisiones al aire (GEI), residuos sólidos, empaques. <u>En el envasado:</u> productos no conforme, residuos sólidos. <u>En la distribución:</u> emisiones al aire (GEI). <u>En el consumo:</u> emisiones al agua (cloro, etc.), emisiones al aire (GEI), residuos sólidos, empaques.	Revisión de documentos y entrevistas

Para el análisis del desempeño de dichos criterios ha de compararse el valor real con el valor esperado según las normas o regulaciones existentes para su salida de la cadena, con el objetivo de identificar los excesos de emisiones correspondientes a la

ineficiencia del proceso, los cuales, por tanto, no añaden valor (NAV) al producto final. En el [Anexo 4](#) se muestran los factores de emisión correspondientes a las fuentes de la cadena de suministro hortofrutícola.

Tabla 2.5: Indicadores para el análisis de las salidas según la etapa de la CS.

Etapa	Indicadores	Expresión
Producción primaria	Emisiones de fertilizantes ^[10] = $\Sigma(\text{Consumo de fertilizantes}^{[2]} * \text{Factor de emisión fertilizante}^{[11]})$	(2.9) [10] kg CO ₂ eq [11] kg CO ₂ eq/kg
	Emisiones de fertilizantes (NAV) ^[10] = $\Sigma(\text{Desperdicio de fertilizantes}^{[2]} * \text{Factor de emisión fertilizante}^{[11]})$	(2.10)
Transporte	Emisiones del uso de combustible ^[10] = Consumo de combustible ^[4] * Factor de emisión combustible ^[12]	(2.11) [12] kg CO ₂ eq/litro
	Emisiones del uso de combustible (AV) ^[10] = Consumo de combustible ida ^[4] * Factor de emisión combustible ^[12]	(2.12)
	Emisiones del uso de combustible (NAV necesario) ^[10] = Consumo de combustible regreso ^[4] * Factor de emisión combustible ^[12]	(2.13)
	Emisiones del uso de combustible (NAV) ^[10] = Desperdicio de combustible ^[4] * Factor de emisión combustible ^[12]	(2.14)
Almacenamiento	Residuos sólidos (AV) ^[1] = $\frac{MP \text{ perdida en almacenamiento}^{[1]}}{\text{Norma de consumo}}$	(2.15)
	Residuos sólidos (NAV) ^[1] = MP perdida en almacenamiento ^[1] – Residuos sólidos (AV) ^[1]	(2.16)
Procesamiento	Producción real ^[1] Según registros	(2.17)

	$\text{Producción esperada}^{[1]} = \frac{MP_{\text{consumida}}^{[1]}}{\text{Norma de consumo}}$	(2.18)
	$\text{Pulpa perdida}^{[1]} = \text{Producción esperada}^{[1]} - \text{Producción real}^{[1]}$	(2.19)
	$\text{Residuos sólidos (NAV necesarios)}^{[1]} = MP_{\text{consumida}}^{[1]} - \frac{MP_{\text{consumida}}^{[1]}}{\text{Norma de consumo}}$	(2.20)
	$\text{Residuos sólidos (AV)}^{[1]} = \frac{MP_{\text{perdida procesamiento}}^{[1]}}{\text{Norma de consumo}}$	(2.21)
	$\text{Residuos sólidos (NAV)}^{[1]} = MP_{\text{perdida procesamiento}}^{[1]} - \text{Residuos sólidos (AV)}^{[1]}$	(2.22)
	$\text{Emisiones del uso de energía}^{[10]} = \text{Consumo de energía}^{[8]} * \text{Factor de emisión generación energía}^{[13]}$	(2.23) [13]kg CO ₂ eq/kW-h
	$\text{Emisiones del uso de energía (NAV)}^{[10]} = \text{Desperdicio de energía}^{[8]} * \text{Factor de emisión generación energía}^{[13]}$	(2.24)
	$\text{Emisiones del uso de energía (NAV necesaria)}^{[10]} = \text{Emisiones del uso de energía}^{[10]} - \text{Emisiones del uso de energía (NAV)}^{[10]}$	(2.25)
Envasado	$\text{Producto terminado obtenido}^{[1]} = \frac{\text{Producción real}^{[1]}}{\text{Índice de consumo puré}} * (1 - \% \text{ pérdida envasado})$	(2.26)
	$\text{Producto perdido}^{[1]} = \frac{\text{Pulpa perdida}^{[1]}}{\text{Índice de consumo puré}} * (1 - \% \text{ pérdida envasado})$	(2.27)

Paso 2.3: Procesos que son más visible para los clientes

Finalmente, se deben analizar los procesos que tienen un impacto importante o que son más visible para los clientes. Para ello se propone utilizar el indicador siguiente, que representa las calorías no consumidas por el cliente final.

Valor energético perdido ^[14]	Expresión (2.28)
= <i>Producto perdido</i> ^[1]	^[14] kcal
* <i>Valor energético del producto</i> ^[15] * 1000	^[15] kcal / kg de producto

Paso 2.4: Procesos que presentan riesgos en el ambiente de trabajo

La salud de los trabajadores y el nivel satisfacción de la demanda de clientes internos y externos pueden verse afectados por los riesgos existentes en el ambiente de trabajo, por la sobrecarga de trabajo físico o por la sobrecarga mental del trabajador. Para las posibles incidencias en este tipo de criterios se propone utilizar en un primer momento las herramientas que se presentan en los [Anexos 5, 6 y 7](#).

Paso 2.5: Procesos que con regularidad generan problemas

En el proceso se deben analizar los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno), así como determinar de qué forma estos influyen en el producto resultante. Para ello se puede realizar un análisis de riesgos en los procesos para lo cual se puede utilizar como herramienta de análisis el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) de proceso, su estructura se muestra en el [Anexo 8](#) y a continuación se describen sus etapas según [Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, \(2009\)](#).

Etapa 1: Aclarar las prestaciones o funciones del proceso. En la primera columna se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Etapa 2: Determinar los Modos Potenciales de Fallos. Un Modo Potencial de Fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él, o sea es la forma en que es posible que un proceso falle.

Etapa 3: Determinar los Efectos Potenciales de Fallos. Es la consecuencia que pueda traer consigo la ocurrencia de un modo de fallo, tal y como las experimentaría el cliente. O sea, los efectos corresponden a los síntomas.

Etapa 4: Determinar las Causas Potenciales de Fallos. La Causa Potencial de Fallo se define como indicio de una debilidad del proceso cuya consecuencia es el modo de

fallo. Para cada modo de fallo se identificarán todas las Causas Potenciales de Fallos ya sean indirectas o directas.

Etapa 5: Identificar sistemas de control actuales. En esta columna se reflejarán todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Etapa 6: Determinar los índices de evaluación para cada modo de fallo. Existen tres índices de evaluación:

- Índice de Severidad (S): Evalúa la severidad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el proceso. El criterio de evaluación de la severidad del efecto de la falla se muestra en el [Anexo 8](#).
- Índice de Ocurrencia (O): Evalúa la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. El criterio de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla se muestra en el [Anexo 8](#).
- Índice de Detección (D): Evalúa la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. El criterio de evaluación de probabilidad de detección de los modos de falla se muestra en el [Anexo 8](#).

Etapa 7: Calcular para cada Modo de Fallo Potencial el Nivel de Prioridad del Riesgo (NPR), como se muestra en la expresión siguiente.

$$NPR = S * O * D \qquad \text{Expresión (2.29)}$$

El NPR debe ser calculado para todas las causas de fallo. Este es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctivas.

Etapa 8: Proponer Acciones de Mejora, este paso incluye una descripción breve de la acción correctiva recomendada.

Paso 3: Mapeo del flujo de valor del estado actual de la cadena

Este mapa muestra gráficamente cómo funcionan los procesos seleccionados en el tiempo. Por lo tanto, puede ser considerado como una foto de las prácticas actuales y los niveles de materiales usados para estos procesos. Adicionalmente, este mapa aspira a recolectar y registrar la información respecto a dónde ocurren los impactos a la sostenibilidad en la cadena de suministro. A través de este paso se pueden obtener

datos tanto cualitativos como cuantitativos para la identificación del desperdicio. Los datos se categorizan en dos grupos:

Paso 3.1: Definición de información general



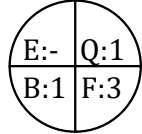

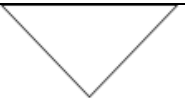
La información general incluye, por ejemplo, el tiempo de ciclo, los cambios a lo largo del tiempo, tiempo de procesamiento para cada una de las tareas de logísticas, confiabilidad del equipo usado y disponibilidad de materiales para el embalaje, las horas que transcurren entre cada operación, cantidad de trabajadores etc.

Paso 3.2: Definición de información específica

El objetivo de este paso es tener datos de las actividades y procesos que añaden valor, del uso de recursos (naturales y materiales), así como del desperdicio en una misma imagen para determinar oportunidades de mejorar el estado de los procesos de forma que aumente la eficiencia y la sostenibilidad de la cadena.

La información específica que incluye, por ejemplo, libras de materias primas usadas, litros de agua usados y desperdiciados, cantidad de energía necesaria y desperdiciada, libras de desperdicio sólido generado, cantidad de residuos líquidos generados y emisiones contaminantes al ambiente, etc. En la tabla 2.6 se proponen símbolos para las métricas adicionales que se incluyen en esta investigación.

Tabla 2.6: Representación de métricas propuestas en la investigación.

Carácter de la métrica	Indicador	Simbología propuesta
Ambiental	Emisiones GEI totales	
Ambiental	Emisiones GEI evitables	
Social	Riesgos laborales E: eléctricos B: biológicos Q: químicos F: físicos	
Social	Valor energético aportado	
Social	Valor energético perdido	

Paso 4: Evaluación de la sostenibilidad de la cadena

La evaluación de la sostenibilidad de la cadena se realiza a partir del análisis de la situación actual de la cadena. Para ello se definen como métricas de la sostenibilidad las siguientes:

Dimensión Económica:

- Tiempo (h)
- Fertilizantes (t)
- Materias Primas (t)
- Combustible (litros)
- Energía (MW-h)

Dimensión Ambiental

- Agua (t)
- Emisiones (t CO2 eq)

Dimensión Social

- Riesgos laborales
- Valor energético (1000 Kcal)

Paso 4.1: Definir el valor agregado

Para analizar cada una de estas métricas se deben identificar primeramente las actividades que añaden valor agregado real (aquellas que el cliente está dispuesto a pagar, las cuales está esperando para satisfacer sus requerimientos y resolver su necesidad). Por otra parte, hay actividades que se requieren en el flujo de producción ya que son necesarias para su funcionamiento, pero que no agregan valor desde el punto de vista de las ventajas para el cliente, por tanto, estas actividades se deben reducir al máximo sin afectar la habilidad para obtener el producto.

Existen actividades que no son necesarias pero que pueden añadir valor, por tanto, se debe crear la necesidad en los clientes para venderla a estos. Sin embargo, existen otras actividades que no agregan valor alguno al cliente, ni son esenciales al flujo de producción y son un verdadero desperdicio de recursos, estas se deben eliminar a la

brevidad. Para facilitar la toma de decisiones al respecto se puede seguir la lógica de la ventana de valor agregado, la cual se muestra en la figura 2.2.

		¿LA ACTIVIDAD AGREGA VALOR ?	
		SI	NO
¿NECESARIA?	SI	MAXIMIZAR	MINIMIZAR
	NO	CREAR LA NECESIDAD PARA VENDERLA AL CLIENTE	ELIMINAR

Figura 2.2: Ventana de valor agregado. Fuente: [Cabrera Calva, \(2011\)](#).

Para el análisis de cada elemento se propone la clasificación siguiente a partir de la decisión requerida por la ventana del valor:

- Si se debe maximizar: positivo.
- Si se debe minimizar: negativo.
- Si se debe eliminar: negativo.
- Si se puede crear la necesidad para venderla al cliente: positivo.

Finalmente, para la evaluación de cada una de las métricas se propone:

- Si no existen elementos negativos en la métrica, se evalúa su desempeño general como positivo.
- Si existe un elemento negativo en la métrica, se evalúa su desempeño general como negativo.
- Si existen dos elementos negativos en la métrica, se evalúa su desempeño general como muy negativo.

Paso 4.2: Determinación de las causas de problemas

Este paso incluye determinar las causas que provocan que la cadena de suministro no sea del todo sostenible a través del diagrama de causa y efecto. Lo cual representa el

punto de partida para la propuesta de alternativas de mejora. Las preguntas específicas siguientes pueden ser de ayuda para su identificación:

- ¿Cuál es el consumo de energía de cada proceso? ¿Cuál es el consumo de energía de cada actividad logística (transportación, distribución y almacenaje)? Se pretende además identificar los procesos adicionales que no añaden valor (como transportes innecesarios), por lo que al eliminar estos, la energía desperdiciada también será eliminada, al ser energía que no añade valor.
- ¿Cuán a menudo se generan las órdenes de producción? Esta pregunta está relacionada con la demanda para este producto y tiene por objetivo comprender la carga de trabajo en relación con el tiempo disponible e identificar ¿cuáles son las restricciones en las operaciones anteriores?
- Cualquiera que sea mayor que el tiempo de producción se considera una limitante potencial, para ello se puede realizar la pregunta siguiente: ¿Existen demoras significativas en varias etapas de la cadena de suministro?

El uso de esta pregunta es para enfocar la toma de decisiones en formas de minimizar o eliminar completamente las demoras y el desperdicio de productos.

Paso 5: Mapeo del flujo de valor del estado futuro de la cadena

Este paso incluye el rediseño del flujo de valor basado en el mapeo del estado deseado futuro.

Paso 5.1: Evaluación de alternativas de mejora

A partir de la información obtenida en los pasos anteriores sobre los procesos logísticos analizados y las causas de las afectaciones en los procesos, se evalúan cada una de las alternativas de mejora para la eliminación de actividades que no añaden valor en orden de reducir su duración dentro del flujo de valor, lo cual, consecuentemente, contribuirá a la reducción total del tiempo de ciclo de los procesos, del consumo de insumos, de la cantidad de desperdicios y del estrés del trabajador, así como al aumento de la satisfacción del cliente final.

Paso 5.2: Definición del plan de mejora

Este paso incluye el diseño de un plan de mejora para el flujo de valor basado la evaluación de las diferentes alternativas, el cual incluye la siguiente información:

- Actividad de la cadena afectada.
- Descripción del plan.
- Metas y objetivos.
- Responsables.
- Fecha de cumplimiento.
- Frecuencia de control.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE UNA CADENA DE SUMINISTRO HORTOFRUTÍCOLA. CASO DE ESTUDIO: PURÉ DE FRUTAS “OSITO”

El objetivo de este capítulo es la aplicación de la metodología para el análisis de sostenibilidad de la cadena de suministro hortofrutícola en Sancti Spíritus que es responsable del producto Puré de frutas “Osito” sabor mango, destinado a sectores priorizados en el país. Para realizar el análisis de la sostenibilidad de esta cadena de suministro, se debe tener en cuenta todo el ciclo de vida del producto y su relación con las dimensiones (económicas, ambientales y sociales) de la sostenibilidad. A continuación, se desarrolla la aplicación de la metodología propuesta.

3.1. Descripción de los procesos en la cadena de suministro a analizar

La producción primaria del mango para el Puré de frutas “Osito” se realiza en diferentes Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). A continuación, se relaciona su ubicación y por ciento de materias primas aportados por grupos en los últimos 3 años: La Sierpe (3.16%), Cabaiguán (5.21%), Sancti Spíritus (7.91%), Jatibonico (1.07%), Taguasco (9.34%), Yaguajay (3.74%), Fomento (1.46%), Banao (43.99%) y Trinidad (24.13%).

El transporte de las MP hasta la UEB Conserva de Vegetales Sancti Spíritus (UEB-CVSS) se realiza por los proveedores, por lo que se asume que se realiza en viajes desde el proveedor hasta la UEB-CVSS con carga y de regreso desde la UEB-CVSS hasta el proveedor sin carga. El proceso tecnológico de elaboración de pulpa se realiza en la UEB-CVSS a partir de lo establecido en la norma NEIAL 11988-11.

Luego se realiza la producción del Puré de frutas “Osito” en la Planta Sancti Spíritus de Alimentos y Bebidas La Estancia S.A. (SS-La Estancia), siguiendo los requisitos para la manipulación de alimentos y sus materias primas (NC-455/06), para el almacenamiento de alimentos y materias primas (NC-492/07) y para la transportación de alimentos y materias primas (NC-454/06), entre otras. La comercialización del producto terminado es realizada por la UEB-CVSS.

3.1.1. Identificación de los procesos y sus interrelaciones

A partir de la descripción anterior se identifican los procesos de producción de pulpa de frutas y de producción del Puré de frutas “Osito” para un análisis de las pérdidas poscosecha que afectan la sostenibilidad de la cadena de suministro objeto de estudio. Dada su interrelación con la producción primaria de las materias primas y con los consumidores finales del producto, se analizarán elementos relacionados a los últimos. En la figura 3.1 se representa la estructura de la cadena de suministro objeto de estudio, los procesos identificados, así como sus interrelaciones.

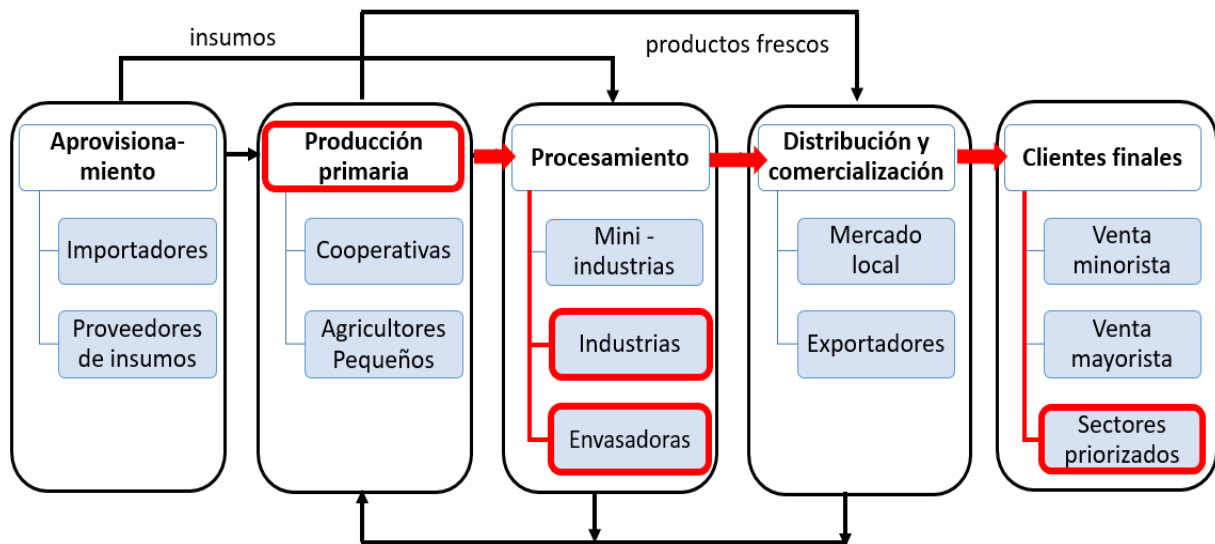


Figura 3.1: Estructura de la cadena de suministro hortofrutícola objeto de estudio, procesos que afectan la sostenibilidad identificados e interrelación entre estos.

3.1.2. Documentación de los procesos

Para llevar a cabo la documentación de los procesos principales objeto de estudio (producción de la pulpa de frutas y del Puré de frutas “Osito”) se utilizaron las fichas de procesos ([Anexos 9 y 11](#)) y los diagramas de flujo ([Anexos 10 y 12](#)), los cuales posibilitaron registrar la información necesaria con gran precisión y representar el flujo productivo para su mejor entendimiento.

3.2. Definición de criterios a analizar en cada proceso

A partir de los indicadores diseñados en el Capítulo 2 de la presente investigación, se realizó su análisis desde el punto de vista de las entradas, las salidas, los riesgos en el proceso productivo y en el ambiente de trabajo, así como los resultados que percibe

el cliente final, en aras de observar su desempeño y tendencia en el periodo 2016 – 2018, partiendo del análisis de la pérdida total de MP la cual asciende a 897.09 toneladas (considerando la norma de consumo para la producción de pulpa de mango de 2.009), como se muestra en la figura 3.2, para determinar sus consecuencias económicas, ambientales y sociales.

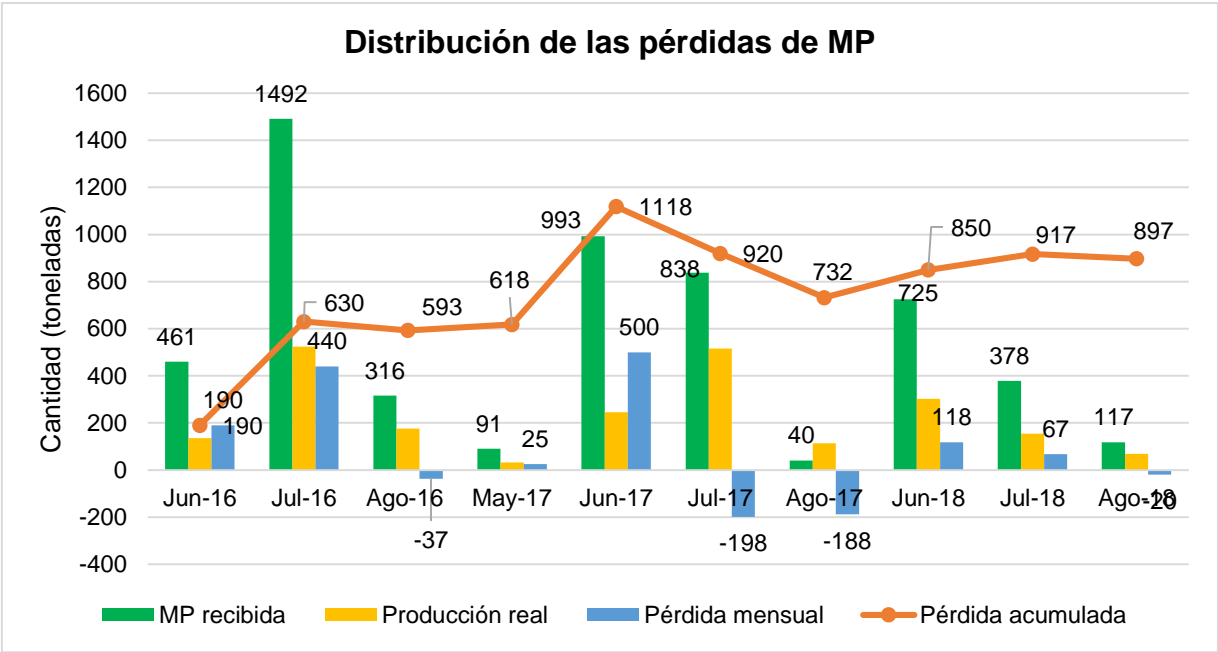


Figura 3.2: Distribución de las pérdidas de MP en las campañas del mango en el período 2016 al 2017.

3.2.1. Procesos que requieren grandes cantidades de insumos

A partir del volumen de pérdidas identificadas anteriormente, se procede a determinar los insumos desperdiciados en la producción primaria, transporte de materias primas, almacenamiento, procesamiento y envasado del producto Puré de frutas “Osito” sabor mango.

Producción primaria:

- Se estima que el consumo total de fertilizantes correspondientes a las materias primas recolectadas en el periodo analizado (2016 – 2018) fue de 91.59 toneladas de Nitrógeno (N), 25.62 toneladas de Fósforo (P) y 89.41 toneladas de Potasio (K), mientras que los desperdicios por concepto de pérdida hacia adelante en la cadena fueron de 15.07 toneladas de N, 4.22 toneladas de P y 14.71 toneladas de K, como

se muestra en la figura 3.3, según las necesidades mínimas establecidas en el [Anexo 4](#).

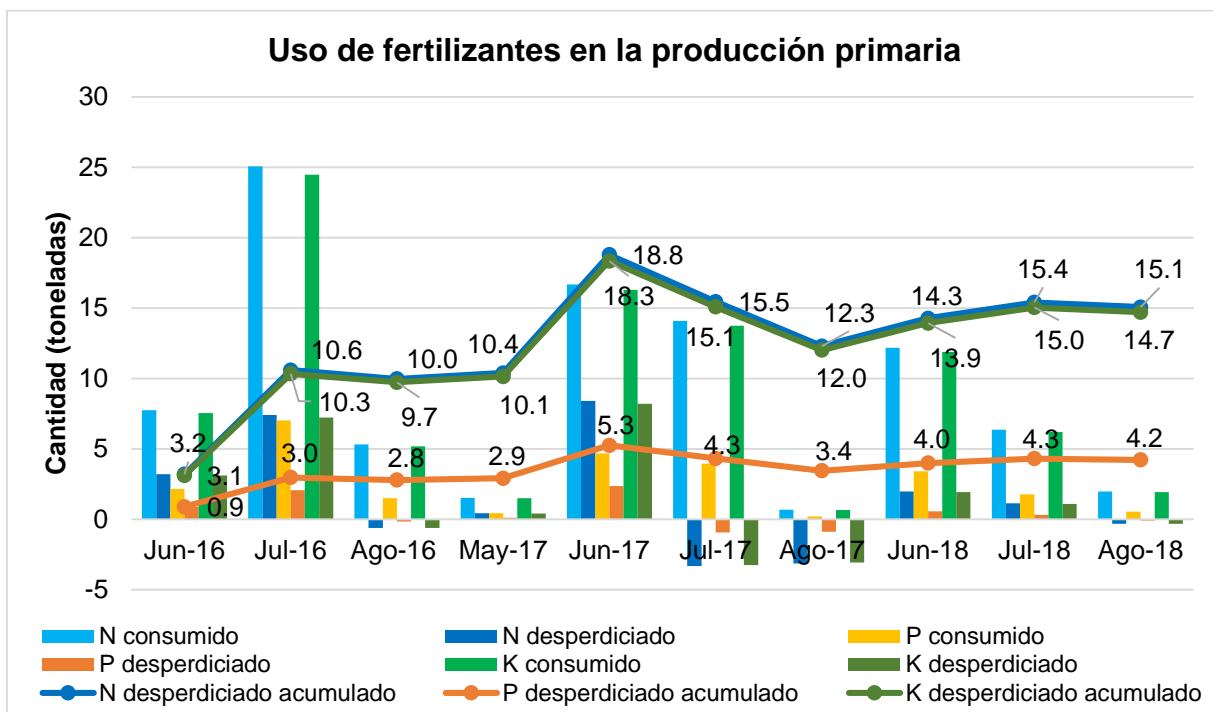


Figura 3.3: Uso de fertilizantes en la producción primaria del mango recolectado en el periodo 2016 – 2018.

Transporte:

- En el periodo analizado se realizaron un total de 963 viajes de materias primas desde el campo hasta la industria, con cargas promedio de 5.67 toneladas/viaje para un recorrido total estimado de 78 602 kilómetros (se incluye el regreso al campo). Si se asume un consumo de 5 km/litro (transporte agrícola) se puede estimar que consumo total de combustible fue de 15 720 litros, de ellos solo 6 567 litros que agregaron valor. A partir de que el 16.45% de las MP fueron perdidas hacia adelante en la cadena, se estima que los desperdicios en el uso de combustibles fueron de 2 586.69 litros.

Almacenamiento:

- Se determinó que, del total de pérdidas identificadas en el periodo analizado, 113.11 toneladas de mango fresco se perdieron en la etapa de almacenamiento, como se muestra en la figura 3.4.

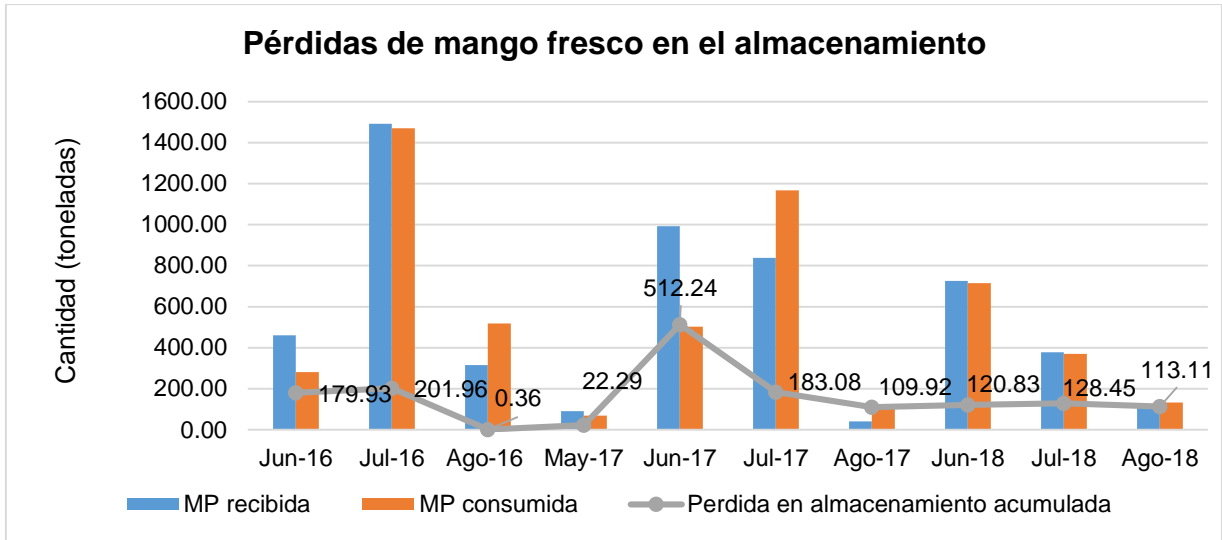


Figura 3.4: Pérdida de mango fresco en la etapa de almacenamiento previa a la obtención de la pulpa en el periodo 2016 – 2018.

Procesamiento:

- Se determinó que la pérdida de MP en el procesamiento fue de 783.98 toneladas, las cuales fueron consumidas por encima del volumen necesario para lograr el volumen de pulpa real obtenido, como se muestra en la figura 3.5.

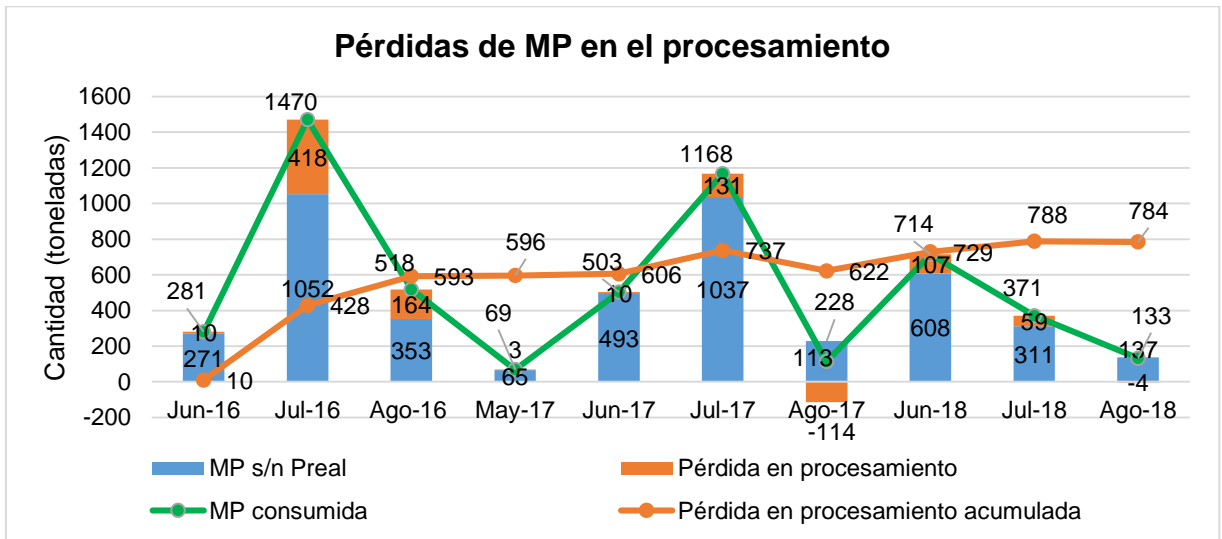


Figura 3.5: Pérdidas de materias primas en el procesamiento del mango para la obtención de la pulpa, en el periodo 2016 – 2018.

- Se estimó que el consumo total de agua fue 93.24 toneladas, a partir de que el índice de consumo promedio en el periodo analizado fue de 17.46 m³/tonelada de

MP. Por tanto, se estimó que los desperdicios de agua en el procesamiento del mango para la obtención de la pulpa fueron de 26.85 toneladas como se muestra en la figura 3.6. De estas, 13.16 toneladas fueron por sobreconsumo de agua, teniendo en cuenta que la norma de consumo es de 15 m³/tonelada de MP, mientras que las 13.692 toneladas restantes corresponden al nivel de MP perdida en el procesamiento para la obtención de la pulpa.

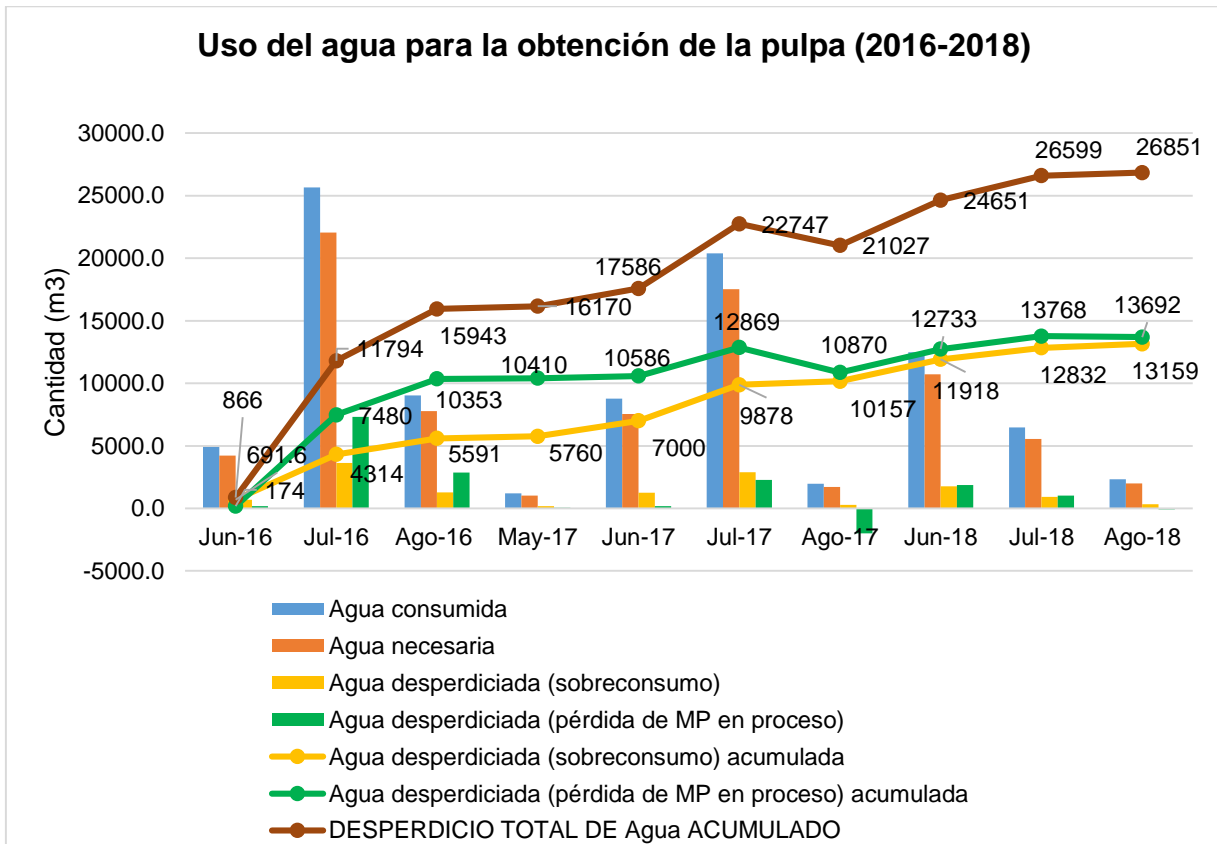


Figura 3.6: Uso de agua en el procesamiento del mango para la obtención de la pulpa, en el periodo 2016 – 2018.

- Se estima que el consumo total de energía en el procesamiento del mango para la obtención de la pulpa fue de 226.05 MW-h, mientras que los desperdicios de energía a partir de las pérdidas de en el procesamiento fueron de 33.194 MW-h como se muestra en la figura 3.7, dado que el consumo promedio en el periodo analizado fue de 0.0423 MW-h por tonelada de pulpa.

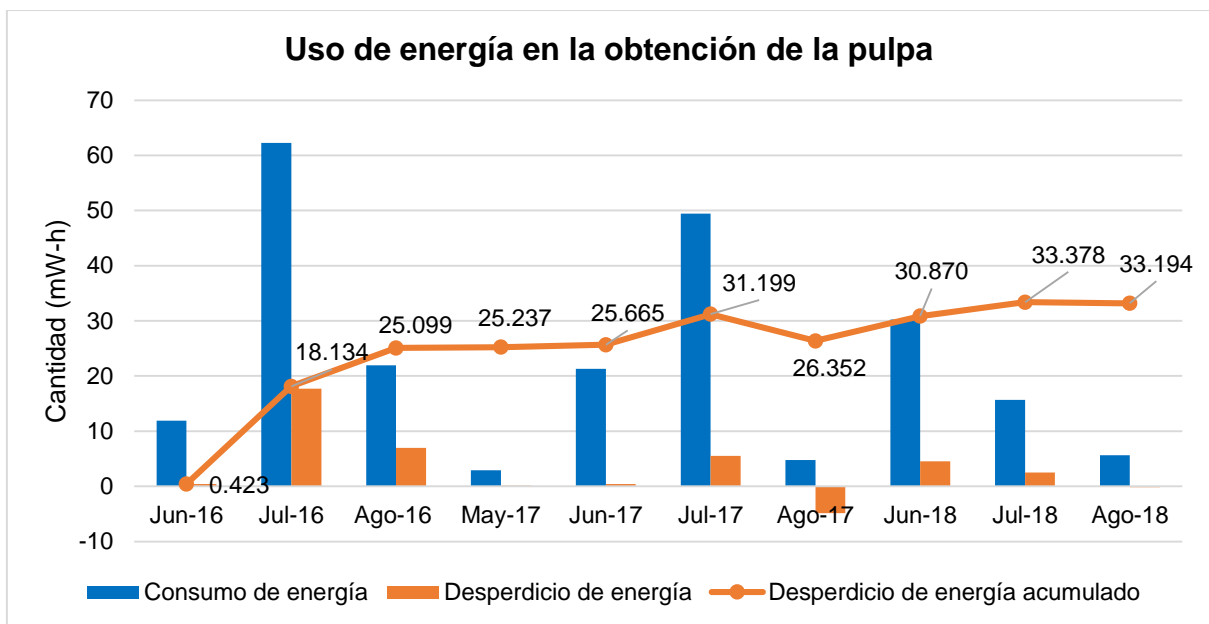


Figura 3.7: Uso de energía en el procesamiento del mango para la obtención de la pulpa, en el periodo 2016 – 2018.

En resumen, en el periodo analizado se perdió el 16.45% de la MP recibida, lo cual incidió por una parte en el desperdicio de fertilizantes en la producción primaria, de ellos 15.07 toneladas de Nitrógeno, 4.22 toneladas de Fósforo y 14.71 toneladas de Potasio, y por otra parte de 2 586.69 litros de combustible en la transportación de las MP hacia la industria. Del total de pérdidas de materias primas el 2.07% tuvo lugar en la etapa de almacenamiento previa al procesamiento para obtención de la pulpa de mango, de ellas el 2.05% tuvo lugar en el año 2017. Por otra parte, el 14.68% de la materia prima consumida (14.38% de la MP recibida), fue perdida durante el procesamiento (de ellas el 66.08% en el año 2016), lo cual incidió en la pérdida de 13.69 toneladas de agua (de ellas el 59.38% en el 2016) y 33.19 MW-h de energía (de ellos el 75.61% en el 2016). Se aclara que, hasta este momento no se cuenta con la información sobre el destino de los residuos sólidos generados por el proceso.

3.2.2. Procesos que emiten grandes cantidades de salidas

Producción primaria:

- A partir del uso de fertilizantes correspondientes a las materias primas recolectadas en el periodo analizado (2016 – 2018) y de los coeficientes de emisiones reflejados en el [Anexo 4](#), se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero totales

fueron de 380.02 toneladas de CO₂ equivalente, de ellas 317.49 toneladas de CO₂ equivalente que no aportan valor pero que fueron necesarias y 62.53 toneladas de CO₂ equivalente que no aportan valor y que se consideran desperdicios (49.89 de CO₂ equivalente por el uso de Nitrógeno, 4.26 toneladas de CO₂ equivalente por el uso de Fósforo y 8.39 toneladas de CO₂ equivalente por el uso de Potasio).

Transporte:

- A partir del consumo de combustible correspondientes al traslado de MP desde el campo hasta la industria se estima que las emisiones totales fueron de 49.36 toneladas de CO₂ equivalente, de ellas 20.62 toneladas de CO₂ equivalente que añadieron valor por concepto de traslado de MP hasta la industria, 20.62 toneladas de CO₂ equivalente que no añadieron valor, pero fueron necesarias (regreso de los vehículos al campo) y 8.12 toneladas de CO₂ equivalente que no añadieron valor y eran evitables ya que corresponden al volumen de pérdidas de MP.

Almacenamiento:

- A partir de las pérdidas de mango fresco en el almacenamiento era posible generar según la norma de consumo reflejada en el [Anexo 4](#), 56.30 toneladas de pulpa, por tanto, este volumen corresponde a las MP que añadían valor al producto final. El resto, 56.81 toneladas, constituían desperdicios sólidos, las cuales corresponden a MP que no añadían valor al producto final.

Procesamiento:

- En el periodo analizado se generaron 2 266.69 toneladas de pulpa y 2 738.90 toneladas de desperdicios sólidos. A partir de las pérdidas de MP en el procesamiento era posible generar según la norma de consumo reflejada en el [Anexo 4](#), 390.14 toneladas de pulpa adicionales, por tanto, este volumen corresponde a las MP que añadían valor al producto final. El resto, 393.85 toneladas, constituían desperdicios sólidos, las cuales corresponden a MP que no añadían valor al producto final.
- A partir del consumo de energía y del factor de emisión de su generación reflejado en el [Anexo 4](#) se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero fueron de 238.71 toneladas de CO₂ equivalentes, de ellas 203.66 toneladas de CO₂ equivalentes no agregaron valor, pero fueron necesarias y 35.05 toneladas de CO₂

equivalentes no agregaron valor y eran evitables por corresponder al volumen de pérdidas en el procesamiento.

Envasado:

- A partir del nivel de pulpas obtenido de 2 266.69 toneladas de pulpa y según la norma de consumo del Puré de frutas “Osito” mostrada en el [Anexo 4](#), fue posible obtener 3 900.73 toneladas de Puré de frutas “Osito” (considerando un nivel de pérdidas en el proceso de envasado de 3.63%). Dado que se dejaron de producir 446.43 toneladas de pulpa no fue posible obtener 768.25 toneladas de Puré de frutas “Osito” adicionales.

En resumen, en el periodo analizado se obtuvieron 3 900.73 toneladas de puré de frutas “Osito” lo cual generó emisiones de GEI de 1389.3 toneladas de CO₂ equivalente y se dejaron de obtener 696.67 toneladas de Puré de frutas “Osito” adicionales, lo cual ya había generado emisiones de 126.3 toneladas de CO₂ equivalente, correspondientes a la producción primaria, transportación y procesamiento de MP las cuales eran evitables ya que no añadieron valor al producto final.

3.2.3. Procesos que son más visible para los clientes

El aporte energético a partir del volumen de puré de frutas “Osito” obtenido sería de aproximadamente 3 900 726 648 kilocalorías, el cual corresponde a un total de 19 503 633 envases de 200 mililitros. Por otra parte, la pérdida energética a partir del volumen de puré de frutas “Osito” que no posible obtener fue de 768 249 770 kilocalorías, la cual corresponde a 3 841 249 envases de 200 mililitros.

3.2.4. Procesos que presentan riesgos en el ambiente de trabajo

A partir de las encuestas y listas de chequeo aplicadas, se identificaron los riesgos siguientes en el ambiente de trabajo:

- Exposición a deficiente iluminación.
- Filtraciones.
- Poca de capacidad de almacenamiento.
- Exposición a deficiente ventilación.
- Deficiencias de reactivo químicos.
- Pisos en mal estado.

- Problemas con el tendido eléctrico.
- Falta de una meseta para el lavado de las manos y útiles de trabajo.
- Salidero de agua por la pila.
- No hay bebedero.

En el [Anexo 13](#) se muestran las medidas propuestas para cada uno de los riesgos mencionados anteriormente.

3.2.5. Procesos que con regularidad generan problemas

A partir de la aplicación de la herramienta AMFE ([Anexo 14](#)), se obtuvo que los principales problemas en el proceso son los mostrados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Principales problemas en la obtención de la pulpa de mango.

Función del proceso	Modo de falla potencial	Efecto(s) de la falla potencial	Causa de la falla potencial	NPR
Almacenamiento del mango fresco	Crecimiento microbiano	Pérdida de la materia prima	Exposición a temperatura ambiente	448
Deshuesado	Mezcla de la pulpa con residuos	Pérdida de la pulpa	Desajuste mecánico	432
Almacenamiento del producto terminado	Humedad en el área del producto terminado	Deterioro de las características de calidad del producto	Mal estado de los techos	336
Concentración	Pérdidas de vapor	No se logra la concentración del producto	Roturas en las tuberías de entrada de vapor	320
Esterilización del producto	Salideros de agua por la pila	Contaminación de la pulpa	Falta de mantenimiento	294
Repasado y refinado	Mala textura de la pulpa	Pérdida de las características de calidad del producto final	Falta de malla para la refinadora	288

3.3. Mapeo del flujo de valor del estado actual de la cadena

A partir de la información disponible y los indicadores propuestos se procede al mapeo del flujo de valor actual de la cadena de suministro objeto de estudio. Para ello se define la información general y específica siguiente.

3.3.1. Definición de información general

A continuación, se recoge la información general disponible sobre el desempeño de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango.

Tabla 3.2: Información general del desempeño de los procesos en la cadena de suministro objeto de estudio.

Proceso	Capacidad	Tiempo de ciclo	Norma de consumo	Trabajadores
Procesamiento	3.125 t/hora	0.64 hora	2.009504 t MP / t pulpa	11 operarios / turno
Envasado	7.500 t/hora	0.077 hora	0.559637 t pulpa / t puré	8 operarios / turno

Tabla 3.3: Información general del desempeño de las actividades logísticas en la cadena de suministro objeto de estudio.

Actividad	Entradas diarias	Cantidad promedio	Medios de manipulación / unitarización
Transportación	3.21 entregas	5.67 ton/viaje	Camión 14 ton/paleta caja
Descarga	Según volumen de producción	1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja
Almacenamiento	-	18.2007 ton	Paleta caja
Traslado al proceso	Según volumen de producción	1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja
Traslado al almacén		1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja
Traslado al envasado		1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja
Traslado al envasado		1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja
Traslado al almacén		1 ton/viaje	1 montacarga / paleta caja

3.3.2. Definición de información específica

A continuación, se recoge la información específica disponible sobre el desempeño de la producción primaria (PP), la transportación (TRANSP), el almacenamiento (ALM), el procesamiento (PROC) y el envasado (ENV) en la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango.

En el caso que no se cuente con información disponible sobre el elemento que se analiza se señalará con una “X”.

Tabla 3.4: Información específica del desempeño de las actividades en la cadena de suministro objeto de estudio.

Actividades	PP	TRANSP	ALM	PROC	ENV
Tiempo empleado (horas)	X	X	X	X	X
Tiempo necesario NAV (horas)	X	X	X	858	35
Tiempo perdido NAV (horas)	X	X	X	125	X
Tiempo necesario AV (horas)	X	X	X	725	929
Consumo de fertilizantes (ton)	206.63	0	0	0	0
Desperdicio de fertilizantes NAV (ton)	X	0	0	0	0
Fertilizantes AV (ton)	144.10	0	0	0	0
Fertilizantes AV perdidos (ton)	62.5	0	0	0	0
Consumo de combustible (litros)	X	15720	X	X	X
Desperdicio de combustible NAV (litros)	X	7860	X	X	X
Combustible AV (litros)	X	5274	X	X	X
Combustible AV perdido (litros)	X	2587	X	X	X
Consumo de agua (ton)	X	0	0	93.2	1408.9
Desperdicio de agua NAV (ton)	X	0	0	13.2	0.0
Agua AV (ton)	X	0	0	66.4	1408.9

Agua AV perdida (ton)	X	0	0	13.7	X
Consumo de energía (MW-h)	X	0	0	226.1	682.9
Desperdicio de energía NAV (MW-h)	X	0	0	X	X
Energía AV (MW-h)	X	0	0	192.9	658.1
Energía AV perdida (MW-h)	X	0	0	33.2	24.8
Entradas producto (ton)	0	5452.0	5452.0	5338.9	2266.7
Salidas desperdicio NAV (ton)	X	X	56.8	2682.1	82.3
Salidas producto AV (ton)	5452.0	5452.0	5338.9	2266.7	3900.7
Pérdidas producto AV (ton)	X	X	56.3	390.1	X
Emisiones totales (t CO ₂ eq)	380.0	49.4	X	238.7	721.2
Emisiones NAV evitables (t CO ₂ eq)	62.5	28.7	X	35.1	26.2
Emisiones NAV necesarias (t CO ₂ eq)	317.5	20.6	X	203.7	695.0
Valor energético AV (1000 Kcal)	6322951	6322951	4744331	4047657	3900727
Valor energético NAV (1000Kcal)	1478107	1478107	1478107	1478107	1478107
Valor energético perdido (1000 Kcal)	X	X	100514	696674	146930

A partir de la información anterior se realiza el mapa del flujo de valor actual de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango el cual se muestra en el Anexo 15.

3.4. Evaluación de la sostenibilidad de la cadena

Para la evaluación de la sostenibilidad de la cadena se definen las métricas económicas, ambientales y sociales de interés en la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango (tabla 3.5), partiendo del mapa actual del flujo de valor en la cadena.

3.4.1. Definir el valor agregado

A continuación, se discuten los principales resultados obtenidos:

- Por una parte, se observa que existen insumos que agregan valor al producto final tales como los fertilizantes, el combustible, el agua y la energía, pero cuyo consumo no conviene maximizar, por lo que se debe observar su consumo para que no se incurra en sobreconsumos innecesarios (como sucede en el caso del agua).
- En cuanto al uso de combustible que no añaden valor pero que es necesario (para el regreso de los medios de transporte al campo), se debe investigar si existen necesidades que se puedan aprovechar, como, por ejemplo, la transportación de insumos o productos hacia las comunidades cercanas a las fuentes de suministros.
- Además, es necesario minimizar las pérdidas de MP para maximizar la cantidad de estas que agrega valor y maximizar el valor energético que llega al cliente final. En caso de que sean MP que no añaden valor pero que su desperdicio es inevitable desde el punto de vista de la cadena objeto de estudio, por lo que se debe aprovechar la necesidad de otro tipo de clientes para su empleo, por ejemplo, como alimento animal, generación de energía eléctrica y de fertilizantes orgánicos, lo cual reduciría el tiempo que no añade valor.
- A partir de la minimización de pérdidas de MP, se reducirían las pérdidas de los insumos antes mencionados y parte de las emisiones innecesarias se convertirían en emisiones necesarias (las cuales deben ser observadas y estudiar la posibilidad de mejorar la eficiencia de las actividades productivas y logísticas).
- Además, se deben eliminar los riesgos laborales existentes.

De forma general, se observa que la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango tiene afectaciones negativas a su sostenibilidad ya que todos los elementos están evaluados de negativo o muy negativo (tres y seis respectivamente). Se aclara que en el caso del uso de fertilizantes y energía solo se conocen los consumos estimados por lo que no se ha podido determinar si existe consumo de estos que no agreguen valor.

Tabla 3.5: Métricas económicas, ambientales y sociales para la evaluación de la sostenibilidad de la cadena de suministro objeto de estudio.

	Métrica	Añade Valor	Acción	No Añade Valor	Necesaria	Acción	Pérdida	Acción	Evaluación
Económica	Tiempo (h)	1654.1	maximizar	893.2	si	crear necesidad	124.8	minimizar	(-) negativo
	Fertilizantes (t)	144.1	observar	X	--	--	62.5	minimizar	(-) negativo
	Materias Primas (t)	2266.7	maximizar	2779.85	si	crear necesidad	446.4	minimizar	(-) negativo
	Combustible (litros)	5273.5	observar	7860.2	si	crear necesidad	2586.7	minimizar	(-) negativo
	Energía (MW-h)	851.0	observar	X	--	--	58.0	minimizar	(-) negativo
Ambiental	Agua (t)	1528.4	observar	13.2	no	eliminar	13.7	minimizar	(- -) muy negativo
	Emisiones (t CO2 eq)	0	--	1236.8	si	observar	153	minimizar	(-) muy negativo
Social	Riesgos laborales	--	--	2	si	observar	0	--	(-) negativo
				18	no	eliminar			
	Valor energético (1000 Kcal)	3900727	maximizar	1478107	si	minimizar	944118	minimizar	(-) negativo

3.4.2. Determinación de las causas de problemas

Las causas de las afectaciones a la sostenibilidad de la cadena de suministro objeto de estudio se recogen en el Anexo 16. A continuación, se enumeran las principales:

- Deficiente mantenimiento de la línea de procesamiento.
- Insuficiencia de materiales de trabajo y piezas de repuesto.
- Exposición de la MP a temperaturas elevadas.
- Filtraciones en el almacén de producto terminado.
- Riesgos ergonómicos que afectan la salud de los trabajadores.

3.5. Mapeo del flujo de valor del estado futuro de la cadena

A partir de las principales insuficiencias identificadas anteriormente se propone el rediseño del flujo de valor basado en el mapeo del estado deseado futuro, el cual se muestra en el Anexo 17.

3.5.1. Evaluación de alternativas de mejora

A partir de la reducción de las pérdidas poscosecha en la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango, aumenta el aprovechamiento del tiempo de trabajo a 593 horas anuales, aumenta el valor agregado de las MP a 940.4 toneladas anuales, así como el de los insumos utilizados a 68.7 toneladas anuales para los fertilizantes, 2620 litros anuales para los combustibles, 514 toneladas anuales para el agua y 294.7 MW-h anuales para la energía, mientras que se elimina el valor no agregado innecesario de las emisiones de GEI. Desde el punto de vista del cliente se aumenta la disponibilidad de productos en 8 074 740 envases de 200 mililitros anuales, lo cual corresponde a 1 614 948 miles de Kcal anuales.

3.5.2. Definición del plan de mejora

A continuación, se propone el plan de mejora para el flujo actual de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango.

Tabla 3.7: Propuesta del plan de mejora para la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango

Actividad de la cadena afectada	Descripción del plan	Metas	Objetivos	Responsables	Frecuencia de control
Producción primaria	Verificar la cantidad de fertilizantes utilizados	Mejorar la sostenibilidad ambiental	Reducir las emisiones de GEI necesarias	J. Producción	Semanal
Transporte	Investigar si existen necesidades que se puedan aprovechar en el regreso a las fuentes de MP	Mejorar la sostenibilidad ambiental	Reducir las emisiones de GEI innecesarias	J. Cooperativa	Diario
Almacenamiento	Construcción de almacén para la MP	Reducir las pérdidas de MP	Mejorar las condiciones de almacenamiento	J. Dpto. Técnico - Productivo	Mensual
	Reparación de techos y pintar el área de almacén	Conservar la calidad del producto terminado	Mejorar las condiciones de almacenamiento	J. Dpto. Técnico - Productivo	Mensual
Procesamiento	Reparación de las tuberías de entrada de vapor	Lograr mejor concentración de la pulpa	Reducir las pérdidas de vapor en el proceso	J. Dpto. Técnico - Productivo	Mensual
	Mantenimiento sistemático de máquina deshuesadora	Reducir las pérdidas de producción en proceso	Evitar que se mezcle la pulpa con residuos	J. Dpto. Técnico - Productivo	Semanal

	Reparar los salideros de agua	Reducir las pérdidas de producción en proceso	Evitar la contaminación de la pulpa	J. Técnico Productivo	Dpto. -	Semanal
	Comprar herramientas y materiales de trabajo	Reducir las pérdidas de producción en proceso	Mejorar la textura de la pulpa	J. Técnico Productivo	Dpto. -	Mensual
	Comprar inmobiliario necesario para el área de selección	Mejorar las condiciones laborales	Reducir el Agotamiento físico y cansancio extremo del trabajador	J. Recursos Humanos	Dpto.	Mensual
	Investigar las necesidades de posibles nuevos clientes para la reutilización de los desperdicios del proceso (alimento animal, generación de energía eléctrica y de fertilizantes orgánicos)	Mejorar la sostenibilidad económica	Minimizar la cantidad de tiempo de trabajo que no añade valor	J. Técnico Productivo	Dpto. -	Semanal

CONCLUSIONES

1. A pesar de que la literatura académica respecto al análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro ha evolucionado desde la introducción de métricas económicas hasta incluir métricas ambientales y sociales, aún no se ha generalizado una herramienta que integre todas las dimensiones y sea aplicable a todo tipo de cadena de suministro dadas sus marcadas diferencias. Específicamente en el sector agro-alimentario, es necesario definir qué aspectos de la cadena de suministro pueden ser modificados en aras de influenciar positivamente su sostenibilidad, lo cual constituye una brecha en el conocimiento que se aborda en la presente investigación. Al respecto, se encontró que el Mapeo de Flujo de Valor ha sido aplicado en varios sectores, incluyendo cadenas de suministro agro-alimentarias, para identificar la agregación de valor y la disminución de los desperdicios como vía para la mejora de la sostenibilidad.
2. Para el análisis de cadenas de suministro hortofrutícolas a través del Mapeo del Flujo de Valor se debe tener en cuenta, que además de las métricas para la evaluación del desempeño económico de los procesos, existen diferentes métricas ambientales (emisiones del uso de fertilizantes, combustibles, energía, etc.) y sociales (valor energético y nutricional que aporta el producto al consumidor final) que podrían ser más relevantes desde el punto de vista de la sostenibilidad. Por tanto, se debe realizar una evaluación de alternativas de mejora que permita visualizar el flujo de valor actual y exponer los desperdicios y emisiones que afectan la sostenibilidad incurrir en gastos innecesarios o modificaciones permanentes.
3. La metodología propuesta permite identificar visualmente de forma rápida en un mapa los procesos, el flujo de materiales e información desde la concepción del producto hasta el cliente final, así como las actividades que no añaden valor desde el punto de vista económico (pérdidas en volumen), ambiental (sobreconsumo de agua, energía y combustibles, emisiones adicionales de GEI) y sociales (riesgos de seguridad y salud, nivel de satisfacción de los trabajadores con el ambiente laboral, valor energético que se pierde y no llega al consumidor) con el objetivo de identificar los elementos que influyen negativamente en la sostenibilidad de la cadena y definir oportunidades de mejora.

4. A partir de la aplicación de la metodología propuesta en la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango, que está formada por los productores de la provincia de Sancti Spíritus, la UEB Conserva de Vegetales y la Planta La Estancia; se encontró que en el periodo 2016 – 2018 existieron afectaciones negativas a su sostenibilidad a partir de la existencia de un 16.45% de pérdidas poscosecha, lo cual influyó en el desperdicio de los insumos utilizados a lo largo de la cadena, los cuales, a su vez, se convirtieron en emisiones de GEI innecesarias (152.5 toneladas de CO₂ equivalentes). Desde la perspectiva del cliente final, dichas pérdidas influyeron en la no producción de 3 356 923 envases de 200 ml de puré de frutas, el cual tendría un aporte energético de 146 930 miles de Kcal.
5. El empleo de herramientas como el Análisis Modal de Fallos y Efectos, Diagramas de Causa y Efecto, así como encuestas y entrevistas sobre riesgos en el ambiente de trabajo, permitió la identificación de las causas de la pérdida poscosecha de MP y por ende de las afectaciones negativas a su sostenibilidad, por lo que se proponen una serie de medidas dirigidas a minimizar las pérdidas para maximizar el valor agregado. A partir del análisis del flujo de valor se identificó que existen desperdicios que no agregan valor al producto final, pero que son necesarios para el funcionamiento de la cadena, por lo que se propone identificar nuevas necesidades de otros clientes con vistas a maximizar la agregación de valor en la cadena.

RECOMENDACIONES

1. Extender el análisis de sostenibilidad propuesto en esta investigación a los demás productos de las cadenas de suministro hortofrutícolas.
2. Continuar con la búsqueda de indicadores económicos, ambientales y sociales para el análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro hortofrutícolas, así como la concepción de un índice global de sostenibilidad mediante la utilización de métodos multi-criterios.
3. Identificar prácticas sostenibles para la gestión de las cadenas de suministro hortofrutícolas que permita la reducción de los desperdicios y la implementación de nuevos métodos de agregación de valor al producto final.
4. Diseñar un modelo matemático que permita la optimización del diseño de las cadenas de suministro hortofrutícolas, a partir del análisis del flujo de valor actual de las cadenas y la reducción de los desperdicios como vía para mejorar su sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abdelmalek, Fawaz y Rajgopal, Jayant. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, vol. 107 (1), pp. 223-236. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
2. Abdullah, Fawaz. (2003). *Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), University of Pittsburgh, Pittsburgh. Recuperado de <https://http://d-scholarship.pitt.edu/7968/>
3. Accorsi, Riccardo; Cascini, Alessandro; Cholette, Susan; Manzini, Riccardo y otros (2014). Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics*, vol. 152, pp. 88-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.014>
4. Acosta, J. (1982). *Teoría y Práctica de los Mecanismos de Dirección de la Economía en Cuba* (Editorial de Ciencias Sociales ed.). La Habana.
5. Aguado, S; Alvarez, R y Domingo, R. (2013). Model of efficient and sustainable improvements in an lean production system through processes of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, vol. (47), pp. 141-148.
6. Agus, Arawati; Antony, Jiju y Shukri Hajinoor, Mohd. (2012). Lean production supply chain management as driver towards enhancing product quality and business performance: Case study of manufacturing companies in Malaysia. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 29 (1), pp. 92-121.
7. Agyapong-Kodua, K. (2009). *Multi-product cost and value stream modelling in support of business process analysis*. (Doctor of Philosophy), Loughborough University, Leicestershire, UK. Recuperado de <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/5585>
8. Agyapong-Kodua, K.; Ajaefobi, J. O.; Weston, R. H. y Ratchev, S. (2012). Development of a multi-product cost and value stream modelling methodology. *International Journal of Production Research*, vol. 50 (22), pp. 6431-6456. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2011.648777>
9. Ahi, Payman y Searcy, Cory. (2015). Assessing sustainability in the supply chain: A triple bottom line approach. *Applied Mathematical Modelling*, vol. 39 (10–11), pp. 2882-2896. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.10.055>
10. Ali, Nauman Bin; Petersen, Kai y de França, Breno Bernard Nicolau. (2015). Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for software product development: Two

- industrial cases. *Information and Software Technology*, vol. 68, pp. 45-61.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.08.005>
11. Almeida-Castro, Alessandra ; Reis-Pimentel, Jane Delane; Santos-Souza, Danilo ; Vieira de Oliveira, Thaciana y otros (2011). Estudio de la conservación de la papaya (Carica papaya L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. vol. Recuperado de: <http://ri.ufs.br:8080/handle/123456789/719>
 12. Alvandi, S.; Li, W.; Schönemann, M.; Kara, S. y otros (2016). Economic and environmental value stream map (E2VSM) simulation for multi-product manufacturing systems. *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 9 (6), pp. 354-362.
doi:<https://doi.org/10.1080/19397038.2016.1161095>
 13. Andrade, P. F.; Pereira, V. G. y Del Conte, E. G. (2016). Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 85 (1), pp. 547-555.
doi:<https://doi.org/10.1007/s00170-015-7972-7>
 14. Andreadis, Eleftherios; Garza-Reyes, Jose Arturo y Kumar, Vikas. (2017). Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*, vol. 55 (23), pp. 7073-7095. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1347302>
 15. Antonelli, Dario y Stadnicka, Dorota. (2018). *Combining factory simulation with value stream mapping: a critical discussion*. Ponencia presentada en 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, CIRP ICME '17. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117311137>
 16. Arbulu, Roberto; Tommelein, Iris; Walsh, Kenneth y Hershauer, James. (2003). Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain. *Building Research & Information*, vol. 31 (2), pp. 161-171. doi:<https://doi.org/10.1080/09613210301993>
 17. Beamon, Benita M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, vol. 55 (3), pp. 281-294.
 18. Behrouzi, Farzad y Wong, Kuan Yew. (2011). An investigation and identification of lean supply chain performance measures in the automotive SMEs. *Scientific Research and Essays*, vol. 6 (24), pp. 5239-5252.
 19. Bonney, M. y Jaber, M.Y. (2014). Deriving research agendas for manufacturing and logistics systems: a methodology. *International Journal of Production Economics*, vol. 157, pp. 49-61.

20. Braglia, M.; Carmignani, G. y Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, vol. 44 (18-19), pp. 3929-3952. doi:<https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
21. Brandenburg, Marcus; Govindan, Kannan; Sarkis, J. y Seuring, Stefan. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: developments and directions. *European Journal of Operational Research*, vol. 233 (2), pp. 299–312. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0295](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0295)
22. Brown, Adam; Amundson, Joseph y Badurdeen, Fazleena. (2014). Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 164-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.101>
23. Brundtland, Gro Harlem. (2002). Salud y desarrollo sostenible. *Información Comercial Española*, vol. (800), pp. 173-180.
24. Cabrera Calva, Rafael Carlos. (2011). *VSM: Mapeo del Flujo de Valor. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro*.
25. Campoy-Muñoz, P.; Cardenete, M. A. y Delgado, M. C. (2017). Economic impact assessment of food waste reduction on European countries through social accounting matrices. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 122, pp. 202-209. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.010>
26. Carlsson-Kanyama, Annika; Ekström, Marianne Pipping y Shanahan, Helena. (2003). Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. *Ecological economics*, vol. 44 (2), pp. 293-307. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800902002616>
27. Carter, Craig y Dresner, Martin. (2001). *Purchasing's Role in Environmental Management: Cross-Functional Development of Grounded Theory* (Vol. 37).
28. Carter, Craig R y Rogers, Dale S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 38 (5), pp. 360-387. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/09600030810882816>
29. Chen, Rui-Yang. (2017). An intelligent value stream-based approach to collaboration of food traceability cyber physical system by fog computing. *Food Control*, vol. 71, pp. 124-136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.042>

30. Chopra, Sunil y Meindl, Peter. (2007). Supply chain management. Strategy, planning & operation. *Das summa summarum des management*, vol., pp. 265-275.
31. Colectivo de Autores. (2011a). Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. vol.
32. Colectivo de Autores. (2011b). Instructivo técnico para el cultivo de la papaya. vol.
33. Colectivo de Autores. (2011c). Instructivo técnico para el cultivo del mango. vol.
34. Copresidentes. (2016). *Sistemas alimentarios para un futuro sostenible: Vínculos entre la diversidad biológica y la agricultura* en 8va Conferencia de Trondheim sobre la Diversidad Biológica Recuperado de: http://www.miljodirektoratet.no/Global/English/Arrangements/TK8/TC8%20Co-Chairs%20Report%20%28FINAL%29_ESP.pdf
35. Cox, Andrew y Chicksand, Dan. (2005). The Limits of Lean Management Thinking: Multiple Retailers and Food and Farming Supply Chains. *European Management Journal*, vol. 23 (6), pp. 648-662. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2005.10.010>
36. D'Eusanio, Manuela; Serreli, Monica; Zamagni, Alessandra y Petti, Luigia. (2018). Assessment of social dimension of a jar of honey: A methodological outline. *Journal of Cleaner Production*, vol. 199, pp. 503-517. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.157>
37. Dadashnejad, Ali-Asghar y Valmohammadi, Changiz. (2012). Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: a case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 16 (3), pp. 478-500. doi:<https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2017-0123>
38. Dadashzadeh, Mohammad y Wharton, T. J. (2012). A Value Stream Approach for Greening the IT Department. *International Journal of Management & Information Systems*, vol. 16 (2), pp. 125-136. doi:<https://doi.org/10.19030/ijmis.v16i2.6912>
39. Dal Forno, Ana Julia; Pereira, Fernando Augusto; Forcellini, Fernando Antonio y Kipper, Liane M. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 72 (5-8), pp. 779-790. doi:<https://doi.org/10.1007/s00170-014-5712-z>
40. De Steur, H.; Wesana, J.; Dora, M. K.; Pearce, D. y otros (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. *Waste Management*, vol. 58, pp. 359-368. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>

41. Defra. (2010). *Defra Policy Narrative on Global Food Security and Sustainable Agriculture* en Recuperado de: <http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCoQFjAB&url=http%3A%2F%2Farchive.defra.gov.uk%2Ffoodfarm%2Ffood%2Fpdf%2Fdefra-dfid1003.pdf&ei=IG5U42IAu7o7Abd64CgCg&usg=AFQjCNFfLeRvnGhWFJi2dGzbAr uXwz9PJQ&sig2=Qo9Aikhyqe7YpMW1VO1SDQ>
42. Donatelli, Anthony J. y Harris, Gregory A. (2004). *Combining Value Stream Mapping and Discrete Event Simulation*. Ponencia presentada en Huntsville Simulation Conference, Society for Modeling and Simulation International, San Diego, CA. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/249832360>
43. Dora, Manoj; Van Goubergen, Dirk; Kumar, Maneesh; Molnar, Adrienn y otros (2014). Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises. *British Food Journal*, vol. 116 (1), pp. 125-141. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/BFJ-05-2012-0107>
44. Edtmayr, Thomas; Sunk, Alexander y Sihn, Wilfried. (2016). *An Approach to Integrate Parameters and Indicators of Sustainability Management into Value Stream Mapping*. Ponencia presentada en 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115008884>
45. Edwards, Kasper y Winkel, Jørgen. (2013). *Ergonomic Value stream Mapping (ErgoVSM) – potential for integrating work environment issues in a Lean rationalization process at a Danish hospital*. Ponencia presentada en 7th Novo Symposium: a Nordic Model for Sustainable Systems in the Health Care Sector, Tampere, Finland. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/24848377.pdf>
46. El Saadany, A.M.A.; Jaber, M.Y. y Bonney, M. (2011). Environmental performance measures for supply chains. *Management Research Reviews*, vol. 34, pp. 1202–1221. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0485](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0485)
47. Elkington, John. (1997). Cannibals with forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business, Capstone. *The triple bottom line of 21st century*, vol.
48. Emiliani, M. L. y Stec, D. J. (2004). Using value-stream maps to improve leadership. *Leadership & Organization Development Journal*, vol. 25 (8), pp. 622-645. doi:<https://doi.org/10.1108/01437730410564979>
49. Erlach, K. y Westkämper, E. (2009). *Energiewertstrom – Der Weg zur energieeffizienten Fabrik*. Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag. Recuperado de:

- <https://www.google.com/url?sa=t&rct=i&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJx7T-3qDjAhWs1VkJHdoYDpAQFjADegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.zvab.com%2Fferstausgabe%2Fenergiewertstrom-Weg-energie-effizienten-Fabrik-Klaus-ErlachEngelbert%2F9369532328%2Fbd&usg=AOvVaw1Z48PcF4xXczRvC0vU-8bM>
50. Faloh Bejerano, R. (2012). Tipos de organizaciones y directivos para escenarios exigentes. *Nueva Empresa*, vol. 8 (2), pp. 22-28.
 51. FAO. (2009a). Global agriculture towards 2050, High Level Expert Forum – How to Feed the World in 2050. Recuperado de: http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=i&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffileadmin%2Ftemplates%2Fwsfs%2Fdocs%2Fissues_papers%2FHLEF2050_Global_Agriculture.pdf&ei=C3-5U6-3HMrA7AatvYG4Dw&usg=AFQjCNHtDyGyHJOGPeDtN19r_W21HJEIpw&sig2=Ubl-RvMTg5M_YPDFVryfw
 52. FAO. (2009b). La agricultura mundial en la perspectiva del 2050. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf
 53. FAO. (2011). *Global Food Losses and Food Waste—extent, causes and prevention* en Rome. Recuperado de:
 54. FAO. (2012). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/017/i3027s/i3027s00.htm>
 55. FAO. (2014a). *El estado del inseguridad alimentaria en el mundo. Fortalecimiento de u entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición* Recuperado de: www.fao.org/3/a-i4030s.pdf
 56. FAO. (2014b). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe* en Recuperado de:
 57. FAO. (2015a). *Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*. vol.
 58. FAO. (2015b). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe* en Recuperado de:
 59. FAO. (2016). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe* en Recuperado de:
 60. FAO y OPS. (2017). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe* en Santiago de Chile. Recuperado de:

61. Faulkner, William y Badurdeen, Fazleena. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>
62. Faulkner, William; Templeton, William; Gullett, David y Badurdeen, Fazleena. (2012, 07/3-6). *Visualizing Sustainability Performance of Manufacturing Systems using Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM)*. Ponencia presentada en International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey.
63. Filson, Glen C. (2005). *Intensive agriculture and sustainability: a farming systems analysis*: UBC Press.
64. Folinas, Dimitrios; Aidonis, Dimitrios y Karayannakidis, Panayotis. (2015). Greening the canned peach production. *Journal of Agricultural Informatics*, vol. 6, pp. 24-39. doi:<https://doi.org/10.17700/jai.2015.6.1.154>
65. Folinas, Dimitrios; Aidonis, Dimitrios; Malindretos, Giorgos; Voulgarakis, Nikolaos y otros (2014). Greening the agrifood supply chain with lean thinking practices. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, vol. 10 (2), pp. 129-145. doi:<https://doi.org/10.1504/IJARGE.2014.063580>
66. Folinas, Dimitrios; Aidonis, Dimitrios; Triantafyllou, Dimitrios y Malindretos, Giorgos. (2013a). *Exploring the greening of the food supply chain with lean thinking techniques*. Ponencia presentada en 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2013), Greece. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.054>
67. Folinas, Dimitrios; Aidonis, Dimitrios; Voulgarakis, Nikos y Triantafyllou, Dimitrios. (2013b, 11/28-30). *Applying Lean Thinking Techniques in the Agrifood Supply Chain*. Ponencia presentada en 1st Logistics International Conference, Belgrade, Serbia. Recuperado de: <http://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/Papers/ID-42.pdf>
68. García Ruiz, Jaime y Figueroa Albelo, Víctor. (2007). *El mercado agropecuario de alimentos en la transición al socialismo en Cuba*. Santa Clara, Cuba: Editorial Feijóo, Universidad Central de Las Villas.
69. Gerland, Patrick; Raftery, Adrian E; Ševčíková, Hana; Li, Nan y otros (2014). World population stabilization unlikely this century. *Science*, vol. 346 (6206), pp. 234-237.
70. Glock, C.H.; Jaber, Mohamad Y. y Searcy, Cory. (2012). Sustainability strategies in an EPQ model with price- and quality-sensitive demand. *International Journal of Logistics*

- Management*, vol. 23 (3), pp. 340–359. Recuperado de:
[http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0335](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0335)
71. Gold, S.; Seuring, Stefan y Beske, P. (2010). The constructs of sustainable supply chain management: a content analysis based on published case studies. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, vol. 7 (2), pp. 114–137. Recuperado de:
[http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0605](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0605)
72. González, Pablo; Villar, José; Díaz, Cristian A. y Campos, Fco Alberto. (2014). Joint energy and reserve markets: Current implementations and modeling trends. *Electric Power Systems Research*, vol. 109, pp. 101-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2013.12.013>
73. Green, Ken; Morton, Barbara y New, Steve. (1996). *Purchasing and Environmental Management: Interactions, Policies and Opportunities” Business Strategy and the Environment*, Vol. 5, 188-197 (Vol. 5). Recuperado de:
[http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0140](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0140)
74. Gurumurthy, Anand y Kodali, Rambabu. (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 22 (4), pp. 444-473. doi:<https://doi.org/10.1108/17410381111126409>
75. Gustavson, Jenny ; Sonneson, Ulf; Cederberg, Christel ; Van Otterdijk, R y otros (2012). *Perdida y desperdicio de alimentos en el mundo: Alcance, causas y prevencion en* Recuperado de:
76. Gutiérrez Pulido, Humberto y De la Vara Salazar, Roman. (2009). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (2da Edición ed.). México: México, McGraw-Hill.
77. Hajmohammad, S; Vachon, S; Klassen, R, S y I, Gavronski. (2012). Lean management and supply management: their role in green practices and performance. . *Journal of Cleaner Production*, vol. (39), pp. 312-320.
78. Handfield, Robert B.; Walton, Steve V.; Seegers, Lisa K. y Melnyk, Steven A. (1997). ‘Green’ value chain practices in the furniture industry. *Journal of Operations Management*, vol. 15 (4), pp. 293-315. doi:[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)00004-1](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(97)00004-1)
79. Hanna, M.D.; Newman, W.R. y Johnson, P. (2000). Linking operational and environmental improvement through employee involvement. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 20 (2), pp. 148–165. Recuperado de:
[http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0170](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0170)

80. Hartini, Sri; Ciptomulyono, Udisubakti y Anityasari, Maria. (2017, 11/07). *Extended value stream mapping to enhance sustainability: A literature review*. Ponencia presentada en 3rd International Materials, Industrial and Manufacturing Engineering Conference (MIMEC2017). Recuperado de: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5010647>
81. Helleno, André Luís; de Moraes, Aroldo José Isaias y Simon, Alexandre Tadeu. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 153, pp. 405-416. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.072>
82. Heller, Martin C y Keoleian, Gregory A. (2003). Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems*, vol. 76 (3), pp. 1007-1041. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X02000276>
83. Henao Arango, Rafael ; Sarache, William Ariel y Gomez, Ivan. (2016, September 6-10th). *Lean Manufacturing and Sustainable Performance: Trends and Future Challenges*. Ponencia presentada en 5th World Conference on Production and Operations Management, Habana, Cuba.
84. Hernández Matías, Juan Carlos y Vizán Idoipe, Antonio. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación EOI. Recuperado de: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnica-e-implantacion>
85. Hernández, Rodolfo; Crettaz, Marylaure; Posas, Ana y Pereira, José Luis. (2014). Innovación agropecuaria y desarrollo territorial *Avances temáticos en el proceso de intercambio e interaprendizaje: Resultados del proceso del Grupo de Innovación de Cuba*. La Habana, Cuba: Grupo Nacional de Innovación de Cuba.
86. Hervani, A.A.; Helms, M.M. y Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, vol. 12 (4), pp. 330–353. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0730](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0730)
87. Hines, Peter; Lamming, Richard; Jones, Dan; Cousins, Paul y otros (2000). *Value stream management: Strategy and excellence in the supply chain*. Financial Times Prentice Hall. Recuperado de: <https://eprints.soton.ac.uk/36496/>
88. Hines, Peter y Rich, Nick. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 17 (1), pp. 46-64. doi:<https://doi.org/10.1108/01443579710157989>

89. Hines, Peter y Taylor, David. (2000). *Going lean*. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School.
90. HLPE. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles* en Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma. Recuperado de:
91. Jabbour, Charbel Jose Chiappetta y Gavindan, K. (2012). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, vol. (47), pp. 129-140.
92. Jaber, M.Y.; Glock, C.H. y El Saadany, A.M.A. (2013). Supply chain coordination with emission reduction incentives. *International Journal of Production Research*, vol. 51 (1), pp. 69–82. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0560](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0560)
93. Jain, Rakesh y Lyons, AC. (2009). The implementation of lean manufacturing in the UK food and drink industry. *International Journal of Services and Operations Management*, vol. 5 (4), pp. 548-573.
94. Jarebrant, Caroline; Winkel, Jørgen; Johansson Hanse, Jan; Mathiassen, Svend Erik y otros (2016). ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, vol. 26 (2), pp. 191-204. doi:<https://doi.org/10.1002/hfm.20622>
95. Junquera, B; Brio, J, A y Fernandes, E. (2012). Client is involvement in environmental issues and organizational performance in businesses: an empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, vol. (37), pp. 288-298.
96. Kemp, Katherine; Insch, Andrea; Holdsworth, David K y Knight, John G. (2010). Food miles: Do UK consumers actually care? *Food policy*, vol. 35 (6), pp. 504-513. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919210000722>
97. Keskin, Cem; Asan, Umut y Kayakutlu, Gulgun. (2013). Value Stream Maps for Industrial Energy Efficiency. En Fausto Cavallaro (Ed.), *Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems: Theory and Applications* (pp. 357-379). London: Springer London. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4471-5143-2_17

98. Klassen, Robert y Vachon, Stephan. (2003). *Collaboration and Evaluation in the Supply Chain: The Impact On Plant-Level Environmental Investment* (Vol. 12).
99. Kogg, Beatrice y Mont, Oksana. (2012). Environmental and social responsibility in supply chains: The practise of choice and inter-organisational management. *Ecological economics*, vol. 83, pp. 154-163. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.023>
100. Kolotzek, Christoph; Helbig, Christoph; Thorenz, Andrea; Reller, Armin y otros (2018). A company-oriented model for the assessment of raw material supply risks, environmental impact and social implications. *Journal of Cleaner Production*, vol. 176, pp. 566-580. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.162>
101. Kuriger, G. y Chen, F. F. (2010). *Lean and green: A current state view*. Ponencia presentada en Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference, Cancún, México.
102. Kuriger, G.; Huang, Y. y Chen, F. (2011). *A lean sustainable production assessment tool*. Ponencia presentada en Proceedings of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Madison, Wisconsin.
103. Lee J, Y; Kang H, K y Noh S, D. (2014). MAS 2: an integrated modeling and simulation-based life cycle evaluation approach for sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, vol. (66), pp. 146-163.
104. Leiva-Mas, Jorge; Rodríguez-Rico, Iván y Quintana-Pérez, Cándido. (2011). Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. *Tecnología Química*, vol. 31, pp. 60-67. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000100006&nrm=iso
105. Lemma, Yared ; Kitaw, Daniel y Gulelat, Gatew. (2014). Loss in Perishable Food Supply Chain: An Optimization Approach Literature Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 5 (5).
106. Li, Hongcheng; Cao, Huajun y Pan, Xiaoyong. (2012). A carbon emission analysis model for electronics manufacturing process based on value-stream mapping and sensitivity analysis. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 25 (12), pp. 1102-1110. doi:<https://doi.org/10.1080/0951192X.2012.684715>
107. Lian, Yang-Hua y Van Landeghem, Hendrik. (2002). *An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing*. Ponencia presentada en 14th European Simulation Symposium.

108. Lian, Yang-Hua y Van Landeghem, Hendrik. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, vol. 45 (13), pp. 3037-3058. doi:<https://doi.org/10.1080/00207540600791590>
109. Lipinski, Brian; Hanson, Craig; Lomax, James; Kitinoja, Lisa y otros (2013). *Reducing food loss and waste*. Working Paper. Washington.
110. Litos, Lampros; Borzillo, Fiammetta; Patsavellas, John; Cockhead, David y otros (2017). *Management Tool Design for Eco-efficiency Improvements in Manufacturing – A Case Study*. Ponencia presentada en 27th CIRP Design Conference. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117300653>
111. Locher, Drew A. (2008). *Value stream mapping for lean development: A how-to guide for streamlining time to market* (Primera ed.): CRC Press. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=i&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwixqr3pKHjAhVFnlkKHYzzBeoQFjADegQIBxAB&url=https%3A%2F%2Fepdf.pub%2Fvalue-stream-mapping-for-lean-development-a-how-to-guide-for-streamlining-time-t76628.html&usq=AOvVaw1ICVcUwkdeGU883DWdp-ly>
112. Lugert, Andreas; Völker, Kevin y Winkler, Herwig. (2018). *Dynamization of Value Stream Management by technical and managerial approach*. Ponencia presentada en 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118304633>
113. Marimin; Darmawan, Muhammad Arif; Machfud; Islam Fajar Putra, Muhammad Panji y otros (2014). Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study. *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 201-211. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.098>
114. Martínez-Jurado, P. J. y Moyano-Fuentes, J. (2014a). Lean management and supply chain management: Interrelationships in the aerospace sector *Handbook of Research on Design and Management of Lean Production Systems* (pp. 304-337): IGI Global. doi:<https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5039-8.ch015>
115. Martínez-Jurado, P. J. y Moyano-Fuentes, J. (2014b). Lean management, supply chain management and sustainability: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 134-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.042>
116. Martínez León, Hilda C. y Calvo-Amodio, Javier. (2017). Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability

- from a systems thinking perspective. *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, pp. 4384-4402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.132>
117. Matopoulos, A; Doukidis, Georgios I; Vlachopoulou, M; Manthou, V y otros (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry. *Supply Chain Management: an international journal*, vol. 12 (3), pp. 177-186. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/13598540710742491>
118. Matos, Stelvia y Hall, Jeremy. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of Operations Management*, vol. 25 (6), pp. 1083-1102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.013>
119. McDonald, Thomas; Van Aken, Eileen M. y Rentes, Antonio F. (2002). Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 5 (2), pp. 213-232. doi:<https://doi.org/10.1080/13675560210148696>
120. Mcgrath, M. (2013). UK supermarkets reject 'wasted food' report claims. *BBC News*, vol. Recuperado de: <http://www.bbc.com/news/uk-20968076>
121. Melo, Laura. (2015) *PMA en Cuba: la alimentación sobre la mesa/Entrevistado por: María del Carmen Ramón*. Cubahora, Centro de Información para la Prensa, La Habana, Cuba.
122. Mollenkopf, Diane; Halldórsson, Árni; Kovács, Gyöngyi; Stolze, Hannah y otros (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 40 (1/2), pp. 14-41.
123. Montabon, Frank; Melnyk, Steven; Sroufe, Robert y Calantone, Roger. (200). *ISO 14000: Assessing Its Perceived Impact on Corporate Performance* (Vol. 36).
124. Montagut, Xavier y Gascón, Jordi. (2014). *Alimentos desperdiciados*. Barcelona, España: Icaria editorial, s.a.
125. Morais, Dafne O. C. y Silvestre, Bruno S. (2018). Advancing social sustainability in supply chain management: Lessons from multiple case studies in an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, vol. 199, pp. 222-235. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.097>
126. Müller, Egon; Stock, Timo y Schillig, Rainer. (2013). *Dual Energy Signatures Enable Energy Value-Stream Mapping*. Ponencia presentada en *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*, Heidelberg. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-00557-7_129

127. Müller, Egon; Stock, Timo y Schillig, Rainer. (2014). *Energy Value-Stream Mapping - A Method to Optimize Value-Streams in Respect of Time and Energy Consumption*. Ponencia presentada en 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2013), Cham. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02054-9_48
128. Mundubat. (2017). *Evaluación Intermedia del proyecto: "Articulación e Integración de la producción agropecuaria de bases campesinas y cooperativas, para mejorar la eficiencia de la cadena de valor y el abastecimiento de alimentos en Cuba"* en Convenios AECID Convocatoria 2014. Cuba. Recuperado de:
129. Muñoz-Villamizar, Andrés; Santos, Javier; Garcia-Sabater, Julio J.; Lleo, Alvaro y otros (2019). Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 68 (3), pp. 608-625. doi:<https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2018-0216>
130. Negi, Saurav y Anand, Neeraj (2016). Factors Leading to Losses and Wastage in the Supply Chain of Fruits and Vegetables Sector in India. *Energy, Infrastructure and Transportation Challenges and Way Forward*, vol. I, pp. 80-105.
131. Ng, Ruisheng; Low, Jonathan Sze Choong y Song, Bin. (2015). Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production*, vol. 95, pp. 242-255. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.043>
132. Ngai, E. W. T.; Chau, Dorothy C. K.; Lo, C. W. H. y Lei, Chun Fong. (2014). Design and development of a corporate sustainability index platform for corporate sustainability performance analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 34, pp. 63-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.08.001>
133. Norton, A. (2007). *Sustainable Value Stream Mapping as a Technique for Analysing and Reducing Waste in the UK Chilled Food Sector*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), University of London, Imperial College, London, UK.
134. Norton, A. y Fearn, Andrew. (2009a). Sustainable value stream mapping in the food industry. En Keith Waldron (Ed.), *Handbook of Waste Management and Co-product Recovery in Food Processing* (2da ed., pp. 3-22). Cambridge: Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845697051.1.3>

135. Norton, A. y Fearne, Andrew. (2009b). *Sustainable Value Stream Mapping: A Practical Aid to Sustainable Production*.
136. Nova González, Dr. Armando. (2010). *La agricultura cubana medidas implementadas: para lograr incrementos en la producción de alimentos. Análisis y valoración*. Ponencia presentada en Seminario Científico del Centro de Estudio de la Economía Cubana (CEEC) La Habana.
137. ONEI. (2015a). *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca 2014* en Anuario Estadístico de Cuba 2014. La Habana, Cuba. Recuperado de:
138. ONEI. (2015b). *Anuario Estadístico de Sancti Spíritus 2014* en La Habana, Cuba. Recuperado de: <http://www.one.cu/aed2016/28Sancti%20Spiritus/Municipios/07%20Sancti%20Sp%C3%ADritus.pdf>
139. ONEI. (2018a). *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca 2017* en Anuario Estadístico de Cuba 2017. La Habana, Cuba. Recuperado de:
140. ONEI. (2018b). *Anuario Estadístico de Sancti Spíritus 2017* en La Habana, Cuba. Recuperado de: <http://www.one.cu/aed2016/28Sancti%20Spiritus/Municipios/07%20Sancti%20Sp%C3%ADritus.pdf>
141. Organización de Naciones Unidas, ONU. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Nueva York. EEUU.
142. Ortiz, Marco. (2008). Mass balanced and dynamic simulations of trophic models of kelp ecosystems near the Mejillones Peninsula of northern Chile (SE Pacific): comparative network structure and assessment of harvest strategies. *Ecological Modelling*, vol. 216 (1), pp. 31-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.04.006>
143. Pagell, Mark y Wu, Zhaohui. (2009). Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. *Journal of Supply Chain Management*, vol. 45 (2), pp. 37-56.
144. Paju, Marja ; Heilala, Juhani ; Hentula, Markku ; Heikkil, Antti y otros (2010). *Framework and indicators for a sustainable manufacturing mapping methodology*. Ponencia presentada en Winter Simulation Conference, Baltimore, Maryland. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5679031/>
145. Panmpañelli, A, B; Found, P y Bernardes, A, M. (2014). A Lean against Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, vol. (85), pp. 19-30.

146. Parthanadee, Parthana y Buddhakulsomsiri, Jirachai. (2014). Production efficiency improvement in batch production system using value stream mapping and simulation: a case study of the roasted and ground coffee industry. *Production Planning & Control*, vol. 25 (5), pp. 425-446. doi:<https://doi.org/10.1080/09537287.2012.702866>
147. Pashaei Kamali, Farahnaz; Borges, João Augusto Rossi; Osseweijer, Patricia y Posada, John A. (2018). Towards social sustainability: Screening potential social and governance issues for biojet fuel supply chains in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 50-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.078>
148. PCC. (2011). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.
149. Pérez, Juan José. (2005). Dimensión ética del desarrollo sostenible de la agricultura. *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 11 (2).
150. Pil, Frits y Rothenberg, Sandra. (2003). *Environmental Performance as a Driver of Superior Quality* (Vol. 12).
151. Pishvaei, M.S. y Razmi, J. (2012). Environmental supply chain network design using multi-objective fuzzy mathematical programming. *Applied Mathematical Modelling*, vol. 36 (8), pp. 3433–3446. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0360](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0360)
152. Norma de Control del Proceso Purés de Frutas, Pno-Pt05 (2017). Planta Sancti Spíritus Alimentos y Bebidas La Estancia S.A.
153. Popovic, Tamara; Barbosa-Póvoa, Ana; Kraslawski, Andrzej y Carvalho, Ana. (2018). Quantitative indicators for social sustainability assessment of supply chains. *Journal of Cleaner Production*, vol. 180, pp. 748-768. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.142>
154. Posselt, G.; Fischer, J.; Heinemann, T.; Thiede, S. y otros (2014). *Extending Energy Value Stream Models by the TBS Dimension – Applied on a Multi Product Process Chain in the Railway Industry*. Ponencia presentada en Procedia CIRP. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114004909>
155. Pretty, Jules N; Ball, Andy S; Lang, Tim y Morison, James IL. (2005). Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. *Food policy*, vol. 30 (1), pp. 1-19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2005.02.001>
156. Quiroga Martínez, Rayén. (2007). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe* (Segunda ed.). Santiago de Chile, Chile: CEPAL. Recuperado de:

- https://www.google.com/url?sa=t&rct=i&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi0s6nE4qDjAhXPPfKkHSPQAZEQFjABeqQIABAC&url=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F11362%2F5498%2F1%2FS0700589_es.pdf&usq=AOvVaw0HwJvsf3a_sRbeTbkVxT6q
157. Ramezankhani, M. J.; Torabi, S. Ali y Vahidi, F. (2018). Supply chain performance measurement and evaluation: A mixed sustainability and resilience approach. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 126, pp. 531-548. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.054>
158. Rebs, Tobias; Brandenburg, Marcus y Seuring, Stefan. (2019). System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach. *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, pp. 1265-1280. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.100>
159. Reinosá-Valladares, Mirtha; Canciano-Fernández, Janet; Hernández-Garcés, Anel; Ordoñez-Sánchez, Yan Carlos y otros (2018). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *Tecnología Química*, vol. 38, pp. 437-445. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200020&nrm=iso
160. Ridoutt, BG; Juliano, P; Sanguansri, P y Sellahewa, J. (2010). The water footprint of food waste: case study of fresh mango in Australia. *Journal of Cleaner Production*, vol. 18 (16), pp. 1714-1721. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.07.011>
161. Roca, L C y Searcy, Cory. (2011). An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports. *Journal of Cleaner Production*, vol. (20), pp. 103-118.
162. Rocha-Lona, Luis; Garza-Reyes, Jose Arturo y Kumar, Vikas. (2013). *Building Quality Management Systems: Selecting the Right Methods and Tools*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor and Francis Group.
163. Rodrigues, Geraldo Stachetti; Rodrigues, Izilda Aparecida; de Almeida Buschinelli, Cláudio Cesar y de Barros, Inácio. (2010). Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 30 (4), pp. 229-239. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002>
164. Romero, L. F. y Arce, A. (2017). *Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review*. Ponencia presentada en 20th IFAC World Congress. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317307292>

165. Rother, Mike y Shook, John. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute, Inc. Recuperado de: https://books.google.com.cu/books/about/Learning_to_See.html?id=mrNIH6Oo87wC&redir_esc=y
166. Roy, Poritosh; Nei, Daisuke; Orikasa, Takahiro; Xu, Qingyi y otros (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, vol. 90 (1), pp. 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016>
167. Sather, A, R,C; Hutchins, M, J y Zhang, Q. (2011) *Development of social, environmental and economic indicators for a small/medium enterprise /Entrevistado por: Internet J. Account Info. Management*. (Vol 19).
168. Schmidtke, D.; Heiser, U. y Hinrichsen, O. (2014). A simulation-enhanced value stream mapping approach for optimisation of complex production environments. *International Journal of Production Research*, vol. 52 (20), pp. 6146-6160. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2014.917770>
169. Schönemann, M.; Thiede, S. y Herrmann, C. (2014). *Integrating Product Characteristics into Extended Value Stream Modeling*. Ponencia presentada en 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114003448>
170. Sepúlveda, Sergio. (2008). *Biograma: Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios*. San José, Costa Rica: IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
171. Serrano, Ibon; Ochoa, Carlos y Vila, Rodolfo. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, vol. 46, pp. 4409-4430. doi:<https://doi.org/10.1080/00207540601182302>
172. Serrano Lasa, Ibon; Castro, Rodolfo de y Laburu, Carlos Ochoa. (2009). Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application. *Production Planning & Control*, vol. 20 (1), pp. 82-98. doi:<https://doi.org/10.1080/09537280802685322>
173. Seth, Dinesh y Gupta, Vaibhav. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control*, vol. 16 (1), pp. 44-59. doi:<https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
174. Seth, Dinesh; Seth, Nitin y Goel, Deepak. (2008). Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed

- oil industry in Indian context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 19 (4), pp. 529-550. doi:<https://doi.org/10.1108/17410380810869950>
175. Seuring, Stefan. (2013). A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. *Decision Support Systems*, vol. 54 (4), pp. 1513-1520. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.053>
176. Seuring, Stefan y Müller, Martin. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, pp. 1699–1710. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
177. Sezen, Biilent y Erdogan, Sema. (2009). Lean philosophy in strategic supply chain management and value creating. *Journal of Global Strategic Management*, vol. 3 (1), pp. 68-73. doi:<https://doi.org/10.20460/JGSM.2009318475>
178. Shou, Wenchi; Wang, Jun; Wu, Peng; Wang, Xiangyu y otros (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping. *International Journal of Production Research*, vol. 55 (13), pp. 3906-3928. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1311031>
179. Simons, David y Mason, Robert. (2002). *Environmental and Transport Supply Chain Evaluation With Sustainable Value Stream Mapping*. Ponencia presentada en 7th Logistics Research Network Conference, Birmingham, UK. Recuperado de: <http://docplayer.net/28132846-Environmental-and-transport-supply-chain-evaluation-with-sustainable-value-stream-mapping.html>
180. Singh, B.; Garg, S. K. y Sharma, S. K. (2011). Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 53 (5-8), pp. 799-809. doi:<https://doi.org/10.1007/s00170-010-2860-7>
181. Singh, Rajesh Kumar; Murty, H Ramalinga; Gupta, S Kumar y Dikshit, A Kumar. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, vol. 9 (2), pp. 189-212. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.05.011>
182. Sjögren, Pernilla. (2014). *Usefulness of lean as a sustainable strategy in food supply chains*. (Degree project/SLU, Department of Economics), Cranfield University, Uppsala
183. Smith, B. Gail. (2008). Developing sustainable food supply chains. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. (363), pp. 849-861. doi:<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2187>

184. Sparks, D. y Badurdeen, F. (2014). *Combining sustainable value stream mapping and simulation to assess supply chain performance*. (Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Mecánica), University of Kentucky, Lexington, Kentucky. Recuperado de https://uknowledge.uky.edu/me_etds/43
185. Srivastava, S. (2007). Green supply-chain management: a state-of the-art literature review. *International Journal of Management Review*, vol. 9 (1), pp. 53–80. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0600](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0600)
186. Stevens, Graham C. (1989). Integrating the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, vol. 19 (8), pp. 3-8.
187. Styles, David; Schoenberger, Harald y Galvez-Martos, Jose-Luis. (2012). Environmental improvement of product supply chains: Proposed best practice techniques, quantitative indicators and benchmarks of excellence for retailers. *Journal of Environmental Management*, vol. 110, pp. 135-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.021>
188. Sunk, Alexander; Kuhlang, Peter; Edtmayr, Thomas y Sihn, Wilfried. (2017). Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organisational system and methods competencies. *International Journal of Production Research*, vol. 55 (13), pp. 3732-3746. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1272764>
189. Taj, Shahram y Morosan, Cristian. (2011). The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 22 (2), pp. 223-240.
190. Tan, R.B.H. y Khoo, H.H. (2005). An LCA study of a primary aluminum supply chain. *Journal of Cleaner Production*, vol. 13 (6), pp. 607–618. Recuperado de: [http://refhub.elsevier.com/S0307-904X\(14\)00557-5/h0380](http://refhub.elsevier.com/S0307-904X(14)00557-5/h0380)
191. Tassara, Carlo. (2017). Cooperación internacional y desarrollo: reflexiones sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Equidad y Desarrollo*, vol. (27), pp. 9-14.
192. Taubitz, Michael A. (2010). Lean, green & safe: integrating safety into the lean, green and sustainability movement. *Professional Safety*, vol. 55 (5), pp. 39.
193. Taylor, David H. (1997). *Global cases in logistics and supply chain management*. Cengage Learning EMEA.
194. Taylor, David H. (2005). Value chain analysis: an approach to supply chain improvement in agri-food chains. *International Journal of Physical Distribution &*

- Logistics Management*, vol. 35 (10), pp. 744-761.
doi:<http://dx.doi.org/10.1108/09600030510634599>
195. Thanki, Shashank J. y Thakkar, Jitesh J. (2016). Value–value load diagram: a graphical tool for lean–green performance assessment. *Production Planning & Control*, vol. 27 (15), pp. 1280-1297. doi:<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1220647>
 196. Torres, A. S. y Gati, Ana Maria. (2009, 08/2-6). *Environmental Value Stream Mapping (EVSM) as sustainability management tool*. Ponencia presentada en Portland International Center for Management of Engineering and Technology Conference Portland, Oregon. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5261967/>
 197. Tschardtke, Teja; Clough, Yann; Wanger, Thomas C; Jackson, Louise y otros (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, vol. 151 (1), pp. 53-59.
 198. Ugochukwu, Paschal; Engström, Jon y Langstrand, Jostein. (2012). Lean in the supply chain: a literature review. *Management and production engineering review*, vol. 3 (4), pp. 87-96. doi:<https://doi.org/10.2478/v10270-012-0037-6>
 199. US EPA. (2007a). *Lean and Energy Toolkit*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/lean/lean-energy-toolkit-preface>
 200. US EPA. (2007b). *Lean and Environment Toolkit*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-10/documents/leanenvirotoolkit.pdf>
 201. US EPA. (2011). *Lean, Energy and Climate Toolkit*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-10/documents/lean-energy-climate-toolkit.pdf>
 202. Vachon, Stephan y Klassen, Robert. (2006). *Extending Green Practices Across the Supply Chain: The Impact of Upstream and Downstream Integration* (Vol. 26).
 203. Vandermeersch, T.; Alvarenga, R. A. F.; Ragaert, P. y Dewulf, J. (2014). Environmental sustainability assessment of food waste valorization options. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 87 (Supplement C), pp. 57-64. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.008>
 204. Verma, Neha y Sharma, Vinay. (2016). *Energy Value Stream Mapping a Tool to Develop Green Manufacturing*. Ponencia presentada en International Conference on Manufacturing Engineering and Materials, ICMEM 2016. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816312188>
 205. Verma, Neha y Sharma, Vinay. (2017). *Sustainable competitive advantage by implementing lean manufacturing “A Case study for Indian SME”*. Ponencia

- presentada en International Conference on Advancements in Aeromechanical Materials for Manufacturing (ICAAMM-2016). Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785317315778>
206. Villarino Fernández, Luisa ; Martínez Varona, Roberto y Campos Cuní, Bernardo (2015). Las mini-industrias en la agricultura: un medio para minimizar el impacto negativo del cambio climático. *Ingeniería Agrícola*, vol. 5 (3), pp. 40-46.
207. Vimal, K. E. K.; Vinodh, S. y Muralidharan, R. (2015). An approach for evaluation of process sustainability using multi-grade fuzzy method. *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 8 (1), pp. 40-54. doi:<https://doi.org/10.1080/19397038.2014.912254>
208. Vinodh, S.; Arvind, K. R. y Somanaathan, M. (2013). Development of value stream map for achieving leanness in a manufacturing organization. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 11 (2), pp. 129-141. doi:<https://doi.org/10.1108/JEDT-01-2010-0007>
209. Vinodh, S.; Ben Ruben, R. y Asokan, P. (2016). Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 18 (1), pp. 279-295. doi:<https://doi.org/10.1007/s10098-015-1016-8>
210. Viteri Sánchez, Cristina Belén. (2015). *Análisis de estrategias de sostenibilidad en la cadena de sumistros de las pymes ecuatorianas. Aplicación al sector de restaurantes y de servicio móvil de comidas en la provincia del Pichincha-Ecuador, ciudad de Quito*. Valencia/Universidad Politécnica de Valencia/2015.
211. Vonderembse, Mark A; Uppal, Mohit; Huang, Samuel H y Dismukes, John P. (2006). Designing supply chains: Towards theory development. *International Journal of Production Economics*, vol. 100 (2), pp. 223-238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.014>
212. Walker, Helen; Di Sisto, Lucio y McBain, Darian. (2008). Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 14 (1), pp. 69-85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pursup.2008.01.007>
213. Wilson, Jeffrey; Tyedmers, Peter y Pelot, Ronald. (2007). Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. *Ecological Indicators*, vol. 7 (2), pp. 299-314. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.02.009>

214. Wycherley, Ian. (1999). Greening supply chains: the case of The Body Shop International. *Business Strategy and The Environment*, vol. 8 (2), pp. 120-127. doi:[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0836\(199903/04\)8:23.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0836(199903/04)8:23.0.CO;2-X)
215. Xue, Musen; Zhang, Jianxiong y Tang, Wansheng. (2014). Optimal temperature control for quality of perishable foods. *ISA transactions*, vol. 53 (2), pp. 542-546. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.isatra.2013.12.011>
216. Yang, Ma Ga Mark; Hong, Paul y Modi, Sachin B. (2011). Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, vol. 129 (2), pp. 251-261. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.10.017>
217. Zhang, Qi; Shah, Nilay; Wassick, John; Helling, Rich y otros (2014). Sustainable supply chain optimisation: An industrial case study. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 74, pp. 68-83. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.05.002>
218. Zhou, L.; Tokos, H.; Krajnc, D. y Yang, Y. (2012). Sustainability performance evaluation in industry by composite sustainability index. *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 14 (5), pp. 789–803.
219. Zhou, Zhangyu; Cheng, Siwei y Hua, Ben. (2000). Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability considerations. *Computers & Chemical Engineering*, vol. 24 (2–7), pp. 1151-1158. doi:[https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(00\)00496-8](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(00)00496-8)
220. Zimmer, Konrad; Fröhling, Magnus; Breun, Patrick y Schultmann, Frank. (2017). Assessing social risks of global supply chains: A quantitative analytical approach and its application to supplier selection in the German automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, pp. 96-109. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.041>

ANEXOS

Anexo 1: Resumen de indicadores de sostenibilidad según diferentes autores.

Dimensión	Autores	Indicadores
Institucional	(Quiroga Martínez, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> Gasto en I+D en %PIB. Índice de percepción de corrupción.
Económica	(Lee J; Kang H y Noh S, 2014) (Aguado; Alvarez y Domingo, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> Costes (equipo, materiales y servicios), la adquisición, ROI - rendimiento de la inversión La competitividad, herramientas de la dirección corporativa, el proceso de planificación estratégico, la participación en el mercado, número de materiales reciclados por proveedores
	(Aguado; Alvarez y Domingo, 2013) (Hajmohammad y otros 2012) (Jabbour y Gavindan, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> La competitividad, herramientas de la dirección corporativa, el proceso de planificación estratégico, la participación en el mercado, numero por proveedores de materiales reciclados.
	(Hajmohammad y otros 2012) (Lee J; Kang H y Noh S, 2014) (Jabbour y Gavindan, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo de bicicleta, OEE, el desperdicio de fabricación de escasez, el tiempo de configuración, la flexibilidad, existencias y Stock, la calidad de productos y servicios, dirección de calidad total (TQM).
	(Jabbour y Gavindan, 2012) (Junquera; Brio y Fernandes, 2012) (Hajmohammad y otros 2012)	<ul style="list-style-type: none"> Nuevos productos, innovación e inserción en mercados internacionales, DFMA (diseño para la fabricación y ensambla).
	(Aguado; Alvarez y Domingo, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> Ganancias, precio, indicadores en funcionamiento.
	(Hajmohammad y otros 2012)	<ul style="list-style-type: none"> Las normas para el proveedor, el justo-a-tiempo, la entrega
	(Jabbour y Gavindan, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> El número de quejas por el cliente / región, la fecha topada

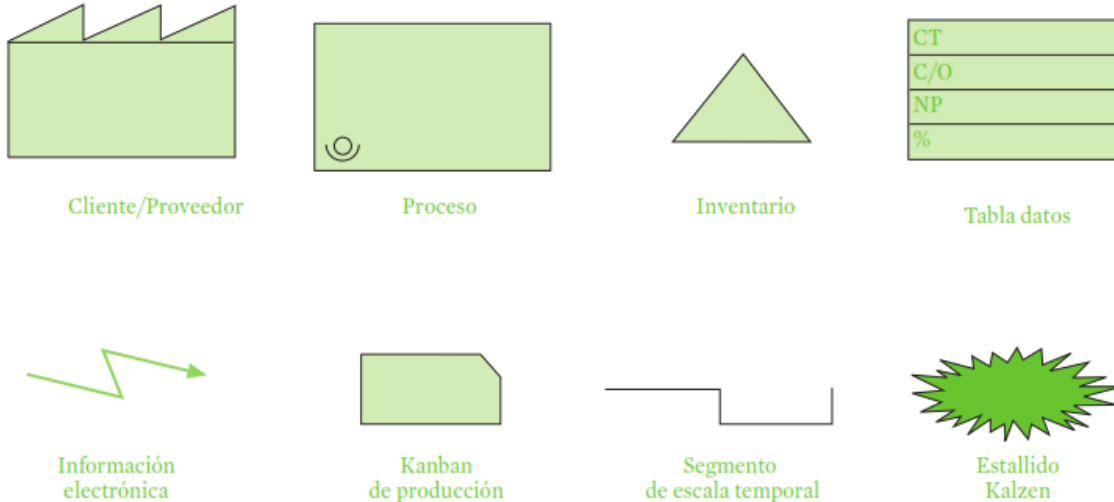
	(Sather; Hutchins y Zhang, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • La proximidad a los cubos de transporte, la disponibilidad de transporte alternativa, la disponibilidad de medios del almacenamiento, el uso eficaz de recursos de transporte, los medios industriales disponibles
	(Quiroga Martínez, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de las inversiones en el PIB • Fracción de energía renovable en el consumo energético • Déficit fiscal como % del PIB
	(Sepúlveda, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorros domésticos brutos (% del PIB) • Balanza cuenta corriente (% del PIB) • Formación de capital bruto (US\$ constantes de 1995) • Índice de precios al consumidor (1995=100) • PIB per cápita (US\$ constantes de 1995) • Servicio de la deuda (% de los ingresos corrientes del gobierno central)
Social	(Sepúlveda, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Desempleo (% de la fuerza de trabajo) • Expectativa de vida total (años) • Fuerza de trabajo femenina (% del total de la fuerza de trabajo) • Líneas telefónicas (por cada 10.000 personas) • Tasa de alfabetización (% de personas mayores de 15 años)
	(Jabbour y Gavindan, 2012) (Roca y Searcy, 2011) (Lee J; Kang H y Noh S, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • El sueldo y beneficios
	(Lee J; Kang H y Noh S, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelado de satisfacción del empleado, el absentismo
	(Lee J; Kang H y Noh S, 2014) (Brown; Amundson y Badurdeen, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de salud y empleados de seguridad, ergonomía, el nivel de ruido, la distancia media recorrida por empleados a la compañía

	(Faulkner y Badurdeen, 2014)	
	(Roca y Searcy, 2011) (Jabbour y Gavindan, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • La disponibilidad del trabajo, el trabajo especializado, la contratación y la selección, horas en el entrenamiento, la evaluación de rendimiento (para empleados)
	(Roca y Searcy, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • La filantropía corporativa, la salud pública, el desarrollo de la comunidad
	(Quiroga Martínez, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre ingresos del 20% (o 10%) superior al 20% (o 10%) inferior • Tasa de crecimiento demográfico • Relación de dependencia demográfica
Ambiental	(Jabbour y Gavindan, 2012) (Hajmohammad y otros 2012) (Roca y Searcy, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • La política / las normas medioambientales, los indicadores y las metas medioambientales, la estructura responsable para el ambiente, la biodiversidad supervisando, el descubrimiento voluntario de información en la actuación medioambiental
	(Panmpanelli; Found y Bernardes, 2014) (Jabbour y Gavindan, 2012) (Junquera; Brio y Fernandes, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Los aspectos medioambientales e impactos, la relación del proveedor con el ambiente, la imagen de la compañía respecto al ambiente
	(Jabbour y Gavindan, 2012) (Hajmohammad y otros 2012)	<ul style="list-style-type: none"> • El tratamiento / la disposición de pérdida, el consumo de materiales arriesgados
	(Hajmohammad y otros 2012) (Aguado; Alvarez y Domingo, 2013) (Panmpanelli; Found y Bernardes, 2014) (Lee J; Kang H y Noh S, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • El agua, energía y papel

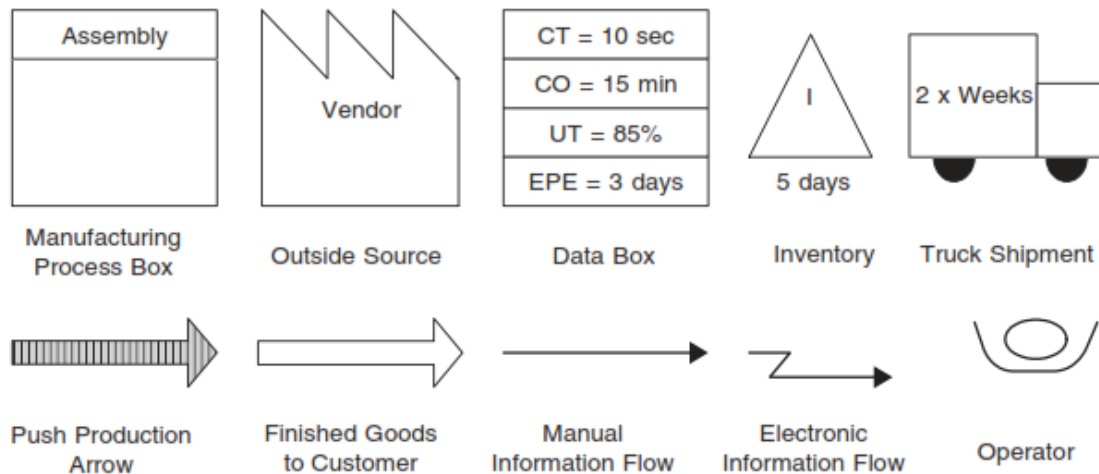
	<p>(Sepúlveda, 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de combustibles renovables (% del total de energía) • Consumo de energía eléctrica (KW-h per cápita) • Consumo de fertilizantes (100 gramos por hectárea de tierra arable) • Contaminantes orgánicos del agua (kg por día) • Emisiones de CO₂ orgánicos del agua (t métricas per cápita)
	<p>(Jabbour y Gavindan, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis del ciclo de vida del producto
	<p>(Hajmohammad y otros 2012) (Jabbour y Gavindan, 2012) (Lee J; Kang H y Noh S, 2014) (Brown; Amundson y Badurdeen, 2014)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las 3 R es (reducir, reusar, reciclar) la cultura
	<p>(Quiroga Martínez, 2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Área de bosque/área total • Capturas pesqueras marinas/esfuerzo pesquero • Cambio superficie boscosa/superficie total de bosques • Extracción de agua superficial y subterránea/ recursos hídricos renovables totales

Anexo 2: Simbología del Mapeo de flujo de valor

- Representación visual de elementos del flujo de valor. Fuente: ([Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013](#)).



- Representación visual de elementos del flujo de valor. Fuente: [Braglia; Carmignani y Zammori, \(2006\)](#).



- Representación visual de métricas ambientales. Fuente: [Brown; Amundson y Badurdeen, \(2014\)](#)

Criterio	Representación visual						
Uso de materias primas	<p>Original 4.5 kg Final 3.6 kg</p>						
Consumo de energía	<p>0.028 kWh 0.022 kWh 0.081 kWh</p>						
Consumo de agua en el proceso	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Required</th> <th>Used</th> <th>Net</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>53 L</td> <td>61 L</td> <td>23 L</td> </tr> </tbody> </table>	Required	Used	Net	53 L	61 L	23 L
Required	Used	Net					
53 L	61 L	23 L					

- Representación visual de métricas sociales Fuente: [Brown; Amundson y Badurdeen, \(2014\)](#).

Criterio	Representación visual
Índice de trabajo físico	PLI: 21.2/34.3
Riesgos en el ambiente de trabajo: E: eléctricos H: sustancias/materiales químicos nocivos P: sistemas presurizados S: componentes que se mueven a altas velocidades	

- Escala para la evaluación de las métricas sociales. Fuente: ([Faulkner y otros 2012](#)).

Operador potencial de riesgo	Descripción
0	El riesgo potencial no existe
1	El riesgo está presente pero tiene bajo impacto y baja probabilidad de ocurrencia
2	El riesgo está presente y tiene bajo impacto y alta probabilidad de ocurrencia o alto impacto pero baja probabilidad de ocurrencia
3	El riesgo está presente y tiene impacto moderado y moderada probabilidad de ocurrencia
4	El riesgo está presente pero tiene impacto moderado pero alta probabilidad de ocurrencia o alto impacto y moderada probabilidad de ocurrencia
5	El riesgo está presente y tiene alto impacto y alta probabilidad de ocurrencia

Anexo 3: Elementos analizados en diferentes enfoques del análisis de la sostenibilidad a través del VSM encontrados en la literatura

Enfoque	Autores	Elementos analizados
Mapeo del flujo de valor y energía (<i>Energy Value Stream - EVS</i>)	(Erlach y Westkämper, 2009)	Se enfoca en el consumo de energía y examina cada paso del proceso de producción para identificar los desperdicios de energía.
	(Keskin; Asan y Kayakutlu, 2013)	Identifica el consumo de energía que no añade valor usando la teoría de redes Bayesianas para establecer vías para el ahorro de energía.
	(Müller; Stock y Schillig, 2013; 2014)	Divide la energía consumida en el proceso de reciclado de chips en energía que añade o no añade valor.
	(Posselt y otros 2014)	Presenta un enfoque extendido para la distribución de la demanda de energía hacia entidades específicas del flujo de valor a través de reglas sistemáticas de localización.
	(Verma y Sharma, 2016)	Identifica el nivel de energía usada en cada paso y el desperdicio, lo cual da lugar a definir oportunidades para la conservación de la energía ya sea a través de modificaciones a las máquinas herramientas o el cambio de estas por diseños diferentes.
Mapeo del flujo de valor ambiental (<i>Environmental VSM - EVSM</i>)	(Torres y Gati, 2009)	Amplia el enfoque propuesto por (US EPA, 2007b), se enfoca en el consumo de agua, en la producción de azúcar y alcohol. A pesar de que realizan un análisis detallado solo para el recurso hídrico (divide las pérdidas de agua en 5 categorías: pérdida latente, pérdida real, pérdida intrínseca, pérdida funcional y pérdida funcional real), la identificación visual del desperdicio no es tan clara.
	(Ng; Low y Song, 2015)	Analiza la reducción de la huella de carbono de la producción de piezas de metal para mejorar la sostenibilidad.
	(Alvandi y otros 2016)	Realiza la modelación de un sistema multi-productos que produce componentes para la industria ferroviaria, tiene en cuenta la energía y las emisiones de carbono.

Mapeo del flujo de valor y energía con enfoque ambiental (<i>Energy and Environment VSM - EE-VSM</i>)	(Kuriger y Chen, 2010 ; Kuriger; Huang y Chen, 2011)	Considera el consumo de energía, agua, uso de materiales y emisiones de CO ₂ en el proceso, sin embargo, se descuida el uso de energía debido al transporte o almacenamiento.
	(Li; Cao y Pan, 2012)	Permite alinear los beneficios financieros y los impactos ambientales al proporcionar un enfoque de análisis de emisiones de carbono.
	(Thanki y Thakkar, 2016)	Representa gráficamente el consumo de recursos, la agregación de valor y las oportunidades de mejora del rendimiento dentro del sistema de producción al integrar VSM, la contabilidad de costos de flujo de materiales (MFCA) y la metodología de Análisis Pinch.
Mapeo del flujo de valor verde (<i>Green VSM - GVSM</i>)	(Dadashzadeh y Wharton, 2012)	Se enfoca en los indicadores de energía, agua, materiales, residuos, transporte, emisiones y biodiversidad. La posible representación visual es limitada.
	(Folinas y otros 2013a ; Folinas y otros 2013b ; Folinas y otros 2014 ; Folinas; Aidonis y Karayannakidis, 2015)	Se propone un enfoque paso a paso para determinar el desperdicio en la cadena de suministro de productos agro-alimentarios. Las estrategias requieren la entrega a tiempo de pequeños lotes, lo que a su vez conduce a un aumento en el transporte, el empaque y las actividades de manejo que puede oponerse a un enfoque verde.
	(Marimin y otros 2014)	Identifica los desechos verdes e investiga áreas de mejora utilizando el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP).
	(Muñoz-Villamizar y otros 2019)	Utiliza un índice global de desempeño ambiental para identificar cuáles son las prácticas ambientales que impactan directamente la productividad.
Mapeo del flujo de valor ergonómico (<i>Ergonomic Value Stream Mapping - ErgoVSM</i>)	(Edwards y Winkel, 2013)	Discute la comparación de los resultados de la aplicación del ErgoVSM y el VSM en 2 casos de estudio respectivamente en 3 organizaciones de salud.
	(Jarebrant y otros 2016)	Evalúa el tiempo de trabajo manual, las posturas, el esfuerzo físico, la variación de las posiciones de trabajo y el tiempo de recuperación en la manufactura de producciones plásticas.

Análisis del ciclo de vida integrado con Mapeo del flujo de valor (<i>Life cycle assessment integrated value stream mapping</i>)	(Paju y otros 2010)	Considera indicadores de sostenibilidad basados en VSM, análisis del ciclo de vida (LCA) y simulación de eventos discretos (DES) tales como el número de horas-hombre de trabajo, días de ausencia laboral, número de reclamaciones, etc.
	(Vinodh; Ben Ruben y Asokan, 2016)	Analiza en una organización de fabricación de componentes automotrices de la India el consumo de materia prima, energía, agua de proceso, aceite y refrigerante, así como otras métricas de carácter social: índice de carga física, nivel de ruido y riesgos potenciales en el entorno de trabajo.
	(Litos y otros 2017)	Desarrolla EVSM combinado con el Análisis del Ciclo de Vida para ofrecer una representación visual de las pérdidas de tiempo, energía y materiales.
Mapeo del flujo de valor sostenible (<i>Sustainable Manufacturing Mapping - SMM</i>) o <i>Sustainable VSM - SVSM</i>)	(Simons y Mason, 2002)	Analiza las emisiones de GEI y de CO ₂ . Se supone que los indicadores sociales se incorporan indirectamente a través de los efectos positivos en la economía y el medio ambiente.
	(Norton y Fearn, 2009a; 2009b)	Combina el SVSM creado por Simons y Mason, (2002) con métricas de sostenibilidad creadas por (Norton, 2007) para crear un mapa de cadena de valor sostenible (SVCM) para analizar las relaciones y los flujos de información entre los minoristas de alimentos y los fabricantes de alimentos en el Reino Unido
	(Faulkner y otros 2012)	Las métricas se seleccionaron para evaluar el consumo de agua de proceso, el uso de materia prima, el consumo de energía, los peligros potenciales relacionados con el entorno laboral y el trabajo físico realizado por los empleados. Luego se crearon los símbolos visuales necesarios para cada métrica propuesta en el Sus-VSM para visualizar fácilmente las áreas potenciales para la mejora continua.
	(Brown; Amundson y Badurdeen, 2014)	Se prueba la versatilidad del marco Sus-VSM para tres estudios de caso con diferentes variedades y volúmenes de productos. Evalúa la energía,

		el agua, las emisiones de gases de efecto invernadero del agua, los niveles de ruido y los residuos.
	(Faulkner y Badurdeen, 2014)	Analiza la producción de satélites de televisión teniendo en cuenta métricas ambientales clásicas (consume de agua, uso de materias primas y consumo de energía) y métricas sociales (índice de carga de trabajo y nivel de ruido).
	(Sparks y Badurdeen, 2014)	Crea una matriz para calcular un índice de sostenibilidad a partir de métricas económicas y ambientales estándar. En el caso de las métricas sociales analiza las propuestas por (Faulkner y Badurdeen, 2014) y define la satisfacción del cliente con la calidad del producto, índice de empleo, índice de diversidad cultural de los empleados, índice de accidentes y riesgos químicos.
	(Edtmayr; Sunk y Sihn, 2016)	Establecen un enfoque para evaluar la creación de residuos en flujos de valor dentro de un modelo basado en el ciclo de reutilización típico-ideal.
	(Helleno; de Moraes y Simon, 2017)	Analiza las métricas ambientales y económicas clásicas combinándolas para lograr un índice de sostenibilidad ambiental y económica por operación y por proceso. De igual forma, propone un indicador de nivel de sostenibilidad social a partir la sumatoria del índices (ausentismo, accidentalidad, nivel de ruido, nivel de ingresos de los trabajadores, entre otras) ponderados según la satisfacción de los trabajadores con las condiciones de trabajo el cual incluye además la contribución de la producción de la organización a la producción nacional.
	(Sunk y otros 2017)	analizan las competencias de los sistemas y la Medición de los tiempos de trabajo, para realizar un diseño coordinado y por tanto la mejora del diseño del trabajo y los aspectos logísticos (de producción) en los sistemas de trabajo y sus métodos de trabajo, así como a lo largo de todo un flujo de valor.

Anexo 4: Datos sobre las principales producciones de frutales en la provincia de Sancti Spíritus

- Rendimiento promedio en el período 2015 – 2017 ([ONEI, 2018a](#)) y necesidades de fertilizantes ([Colectivo de Autores, 2011a](#); [2011b](#); [2011c](#)) de las principales producciones de frutales en la provincia de Sancti Spíritus.

Fruto – Variedad	Rendimiento promedio (t/ha)	Necesidades mínimas de nutrientes a garantizar (kg/t)				
		N	P	K	Ca	Mg
Mango –Haden	9.66	16.80	4.70	16.40	–	–
Guayaba – Enana roja	14.85	4.10	0.5	5.00	2.90	0.40
Fruta Bomba – Maradol Roja	30.31	1.77	0.20	2.12	0.35	0.18

- Factores de emisión de los insumos utilizados para las principales producciones de frutales en la provincia de Sancti Spíritus ([Leiva-Mas; Rodríguez-Rico y Quintana-Pérez, 2011](#); [Reinosa-Valladares y otros 2018](#)).

Fuentes de emisión	Factor de emisión
N	3.31 kg CO ₂ eq/kg
P	1.01 kg CO ₂ eq/kg
K	0.57 kg CO ₂ eq/kg
Consumo de combustible	3.14 kg CO ₂ eq/litro de diésel
Generación de energía eléctrica	1.056 kg CO ₂ eq/kW-h

- Normas de consumo para la obtención de 1 tonelada de pulpa de las principales producciones de frutales en la provincia de Sancti Spíritus (datos UEB-CVSS).

Fruta	Mango	Guayaba	Fruta bomba
Norma de consumo para obtener 1 tonelada de pulpa	2.009504 t	1.28866 t	2.283620 t
Rendimiento según norma	49.764%	77.600%	43.790%

- Formulación del puré de frutas “Osito” sabor mango, para un valor energético de 1000 kcal/kg de producto ([Planta Sancti Spíritus Alimentos y Bebidas La Estancia S.A., 2017](#)).

Ingredientes	Pulpa de fruta	Azúcar	Maicena	Ácido Ascórbico	Lactato ferroso	Agua
Cantidad	56%	5.80%	2.00%	0.07%	0.01%	36.12%

Anexo 5: Tablas para la clasificación de riesgos en el ambiente de trabajo.

RIESGOS POTENCIAL PARA EL TRABAJADOR	SI	NO
El riesgo está presente pero tiene bajo impacto y probabilidad de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto bajo y la probabilidad alta o el impacto alto y la probabilidad baja de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto mediano y probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene el impacto mediano y la probabilidad alta de ocurrir o el impacto alto y la probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto alto y la probabilidad alta de ocurrir.		
No existe riesgo potencial		

Tablas para la clasificación de riesgo en ambientes de trabajo: Riesgo químicos

RIESGOS POTENCIAL PARA EL TRABAJADOR	SI	NO
El riesgo está presente pero tiene bajo impacto y probabilidad de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto bajo y la probabilidad alta o el impacto alto y la probabilidad baja de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto mediano y probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene el impacto mediano y la probabilidad alta de ocurrir o el impacto alto y la probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto alto y la probabilidad alta de ocurrir.		
No existe riesgo potencial		

Tablas para la clasificación de riesgo en ambientes de trabajo: Ruido

RIESGOS POTENCIAL PARA EL TRABAJADOR	SI	NO
El riesgo está presente pero tiene bajo impacto y probabilidad de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto bajo y la probabilidad alta o el impacto alto y la probabilidad baja de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto mediano y probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene el impacto mediano y la probabilidad alta de ocurrir o el impacto alto y la probabilidad mediana de ocurrir		
El riesgo está presente pero tiene impacto alto y la probabilidad alta de ocurrir.		
No existe riesgo potencial		

Anexo 6: Encuestas para la detención de riesgos, por sobrecarga de trabajo físico

No	LISTADO DE POSIBLES RIESGOS	JERARQUIZACIÓN			
		1	2	3	4
1.	Microclima inadecuado (calor, frío, humedad, escasa ventilación, etc.).				
2.	Sobrecarga física (trabajar de pie, posición forzada, cargar objetos pesados, jornadas excesivas, etc.).				
3.	Sobrecarga psíquica (monotonía, repetitividad, ritmos inadecuados, etc.).				
4.	Sobrecarga psicosocial (arbitrariedades, jefatura autoritaria, incomunicación, problemas de relaciones entre compañeros)				
5.	Falta de seguridad (caída de personas a distinto nivel, caída de personas al mismo nivel, <u>caída de objetos por desplome</u> o derrumbamiento, caída de objetos en: manipulación o desprendidos, cortes, golpes o contactos contra objetos móviles o golpes o contactos contra objetos inmóviles, golpes o cortadura por objetos o herramientas, quemaduras, etc.)				
6.	Escasa o nula información sobre los riesgos existentes				
7.	Contactos térmicos				
8.	Inhalaciones o ingestión de sustancia nocivas				
9.	Inadecuada altura del piso al techo				
10	Otros.				

Anexo 7: Encuesta para la evaluación de la carga mental del trabajador

1. El trabajo que Ud. realiza **exige** algunos de estos aspectos:

	No	Sí, a veces	Sí, frecuentemente	Sí, siempre
Exige mucha atención				
Exige mucho esfuerzo visual				
Le resulta complicado o difícil				
Le obliga a trabajar de prisa				
Le resulta rutinario y aburrido				

2. Al acabar su jornada de trabajo, ¿suele Ud. sentir algunos de los siguientes **síntomas**?

	No	Sí, a veces	Sí, frecuentemente	Sí, siempre
Sentir la cabeza pesada				
Tener sueño				
Sentir los ojos fatigados				
Sentirse torpe y adormecido				
No tener ganas de hablar				
Sentirse nervioso				
Sentirse incapaz de concentrarse				
Sentir desinterés				
Olvidar las cosas con facilidad				
Cometer errores con más frecuencia de lo normal				
Posee dolores en la espalda, manos y/o brazos				

3. ¿Cuál de estas frases refleja mejor lo que usted hace en su puesto de trabajo? Señale con una "X" ¿cómo le gustaría que fuera? Señale con una "X"

	Cómo es	Cómo le gustaría
Repito las mismas tareas y hago siempre lo mismo		
Hago siempre lo mismo con ligeras variantes		
El trabajo es variado		
El trabajo es muy variado		

4. Indique en ¿qué medida le **molestan** los siguientes aspectos de su trabajo? Señale con una "X" (leer de uno en uno).

	Nada	Poco	Regular	Mucho
La postura que debe adoptar en su trabajo				
La falta de autonomía en su trabajo según el ritmo impuesto				
La falta de comunicación con sus compañeros				
El realizar aislado de su trabajo				
El horario de trabajo				
La monotonía (el trabajo repetitivo)				
La falta de responsabilidad				
El esfuerzo físico que tiene que realizar				
La iluminación del puesto				
El ruido existente en el puesto				
El control a qué está sometido por los jefes directos				
Los contaminantes químicos (si es que se expone)				

Anexo 8: Estructura y tablas para evaluar los criterios y puntuaciones en la aplicación del AMFE

- **Estructura del formato para el Análisis Modal de Fallos y Efectos.** Fuente: [Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, \(2009\)](#).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS DE PROCESO: _____ DE DISEÑO: _____ EMPRESA: _____ PROCESO: _____									
Función del proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto(s) de la Falla Potencial	S	Causa de la falla potencial	O	Controles actuales	D	NPR	Acciones Recomendadas

- **Criterio de evaluación de la severidad del efecto de la falla.** Fuente: [Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, \(2009\)](#).

Efecto	Severidad del efecto sobre el cliente final y/o sobre el proceso	Puntuación
Peligroso-sin aviso	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.	10
Peligroso-con aviso	Cliente: Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.	9
Muy alto	Cliente: el producto o la parte son inoperables, debido a la pérdida de su función primaria. Proceso: el 100% de la producción puede tener que ser desechada o reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo mayor de una hora.	8
Alto	Cliente: el producto/parte operable, pero con bajo nivel de desempeño.	7

	Proceso: el producto tiene que ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo entre una hora y media hora.	
Moderado	<p>Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de confort/conveniencia/ inoperables. El cliente está insatisfecho.</p> <p>Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser desechada sin clasificación o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo menor a media hora.</p>	6
Bajo	<p>Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de comodidad/conveniencia aperiodo en un nivel reducido de desempeño.</p> <p>Proceso: el 100% del producto puede tener que ser retrabajado o el producto/parte reparado fuera de la línea, pero no tiene que ir al departamento de reparaciones.</p>	5
Muy bajo	<p>Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (más del 75%).</p> <p>Proceso: el producto puede tener que ser clasificado sin desperdicio y una porción (menos de 100%) retrabajarse.</p>	4
Menor	<p>Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan 50% de los clientes.</p> <p>Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero fuera de la estación.</p>	3
Mínimo	<p>Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan sólo clientes exigentes (menos del 25%).</p> <p>Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero en la estación.</p>	2
Ninguno	<p>Cliente: sin efecto apreciable para el cliente. Ligeros inconvenientes de operación o para el operador.</p> <p>Proceso: sin efecto para el proceso.</p>	1

- **Criterio de evaluación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.** Fuente: [Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, \(2009\)](#).

Probabilidad de ocurrencia de la causa que provoca la falla	Tasa de Falla	Puntuación
Muy alta: Fallas persistentes	≥100 por cada mil piezas 50 por cada mil piezas	10 9
Alta: Fallas frecuentes	20 por cada mil piezas 10 por cada mil piezas	8 7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por cada mil piezas 2 por cada mil piezas 1 por cada mil piezas	6 5 4
Baja: Relativamente pocas fallas	0.5 por cada mil piezas 0.1 por cada mil piezas	3 2
Remota: la falla es improbable	0.1 por cada mil piezas	1

- **Criterio de evaluación de probabilidad de detección de los modos de falla.** Fuente: [Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, \(2009\)](#).

	DetECCIÓN		Puntuación
Casi imposible	Certeza absoluta de no detección	No puede detectarse o no puede verificarse	10
Muy remota	Los controles probablemente no la detectarán	El control se logra sólo con la verificación indirecta o aleatoriamente	9
Remota	Los controles tienen poca probabilidad de detección	El control se logra sólo con inspección visual	8
Muy baja	Los controles tienen poca probabilidad de detección	El control se logra sólo con doble inspección visual	7

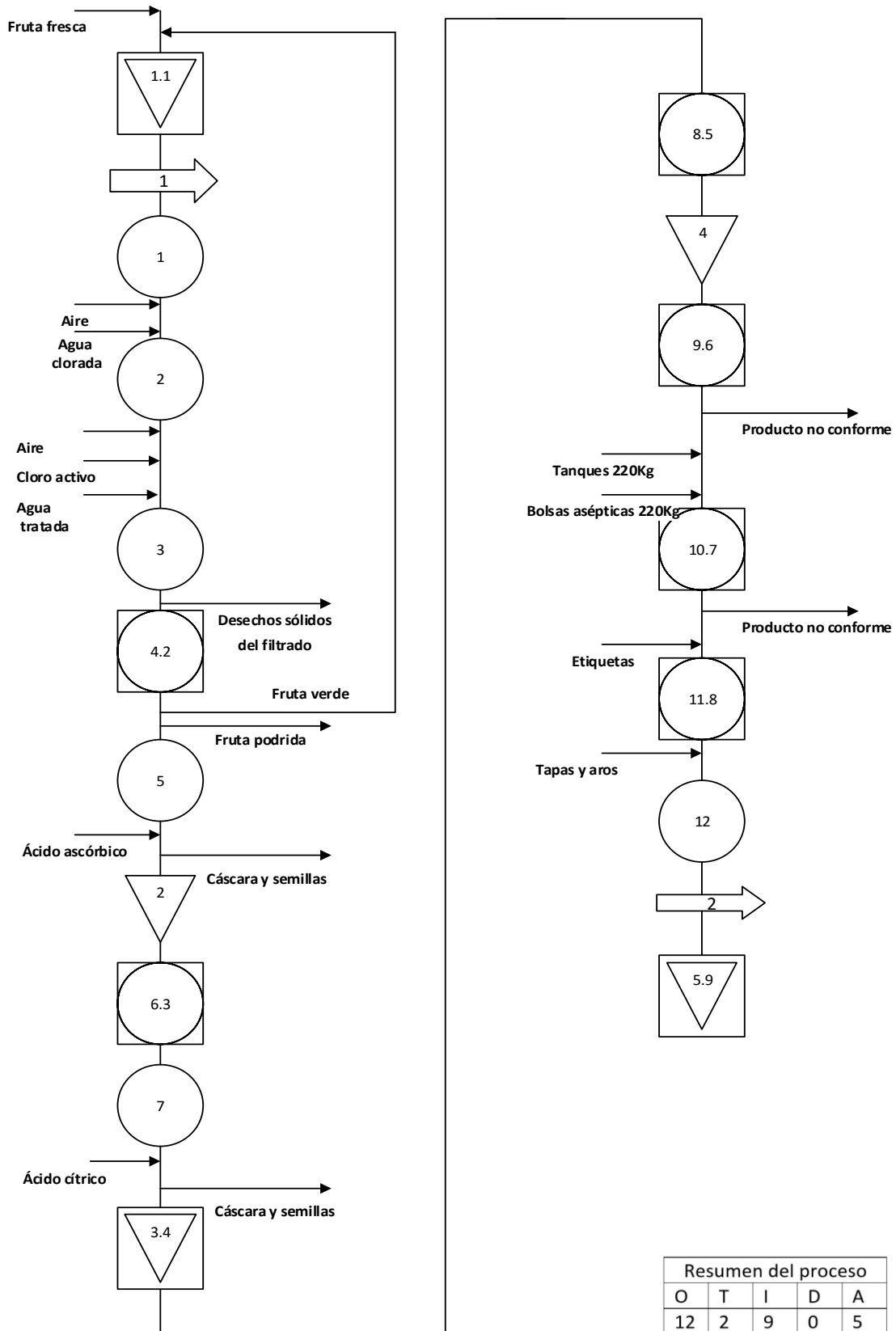
Baja	Los controles pueden detectarla	El control se logra con métodos gráficos como el CEP(control estadístico del proceso)	6
Moderada	Los controles pueden detectarla	El control está basado en la medición de variables después de que la parte ha dejado la estación o en medidores tipo Pasa/No pasa que miden 100% de las partes después de que las partes han dejado la estación	5
Moderadamente alta	Los controles tienen buena oportunidad de detectarla	Detección del error en operaciones subsecuentes o las mediciones hechas en la puesta a punto o inspección de primera pieza (para causas de arranque solamente)	4
Alta	Los controles tienen buena oportunidad de detectarla	Detección del error en la estación o en operaciones subsecuentes de múltiples pasos de aceptación. No puede aceptar partes discrepantes	3
Muy alta	Los controles casi seguramente la detectarán	Detección del error en la estación (medición automática con dispositivo de paro automático). Las partes discrepantes no pasan.	2
Casi seguro	Los controles seguramente la detectarán	No pueden hacerse partes discrepantes porque el punto tiene prevención de errores desde el diseño del producto y del proceso	1

Anexo 9: Ficha del proceso de producción de pulpa de mango

Ficha del Proceso				
Nombre del proceso: Pulpa de mango			Fecha: 5 de junio de 2019	
Tipo de proceso: Operativo			Responsables: Jefe de departamento Técnico productivo y Técnico de Calidad UEB Conserva de Vegetales SS	
Alcance	Inicio: Entrada de la materia prima y su almacenamiento para inspección Incluye: Área de producción Fin: Traslado del producto terminado al almacén e inspección			
Especificaciones del proceso: elementos de entrada				
Entrada: Recepción del mango fresco, recursos humanos, insumos (agua clorada, agua tratada, cloro, ácido ascórbico, ácido cítrico), materiales (tanques 220L, bolsas asépticas de 220Kg, etiquetas tapas y aros, aire).			Suministradores: CPAs, CCSs, UBPCs de La Sierpe, Cabaiguán, Sancti Spíritus, Jatibonico, Taguasco, Fomento, Yaguajay, Banao, Trinidad y Acopio Provincial.	
Especificaciones del proceso: elementos de salida				
Salidas: pulpa de mango aséptica			Destinatarios/ Clientes: La estancia	
Documentación utilizada	Aspectos legales		Registros y formatos	
Procedimiento Operacional de Trabajo (POT)	NEIAL 11988-10; 11988-11 NC 455-06 NC 492-07 NC 454-06 NC 77; 44 - 1985 Regulaciones Sanitarias N277-03		Código de prácticas para fabricar el mayor número de productos con la utilización del mínimo de recursos y con la mayor calidad.	
Descripción: Se muestra en forma de diagrama de flujo de producción en Anexo 10 .				
Control de la calidad por actividad				
Operación	Control	Objetivo	Responsable	Referencia
Almacenamiento del mango fresco	Al 100%	Almacenar la fruta fresca protegiéndolo del sol, la lluvia y el sereno. No excederá las 24h	Técnico	POT
Transporte del mango	Al 100%	Conducir el mango a utilizar hacia el virador en el área de vertido	Técnico	POT
Vertido del mango	Al 100%	Alimentar la línea de procesamiento del mango para próximas etapas del proceso	Técnico	POT
Prelavado del mango	Al 100%	Eliminar polvo y otras suciedades que presente	Técnico	POT

Lavado del mango	Al 100%	Dejar el producto libre de impurezas y suciedades	Técnico	POT
Selección	A 100%	Separar producto en buen estado	Técnico	POT
Deshuese	A 100%	Separación de la semilla y cáscara de la pulpa	Técnico	POT
Almacenamiento temporal (tanque de fruta)	A 100%	Garantizar alimentación continua al UHV	Técnico	POT
Inactivación enzimática(UHV)	Al 100%	Calentamiento del producto a una temperatura de 88-90°C	Técnico	POT
Turbo-extracción (repasado y refinado)	A 100%	Centrifugar, repasa y refina la pulpa	Técnico	POT
Almacenamiento temporal (tanque de zumo)	A 100%	Garantiza alimentación para la etapa de concentración con un pH>0,4	Técnico	POT
Concentración	A 100%	Someterse a temperaturas de trabajo	Técnico	POT
Almacenamiento temporal (tanque de la llenadora)	A 100%	Garantizar alimentación a la etapa de esterilización y envasado del producto	Técnico	POT
Esterilización del producto	A 100%	Garantizar la ausencia de microorganismos.	Técnico	POT
Llenado	A 100%	Llenado y taponado de sacos garantizando esterilidad del producto	Técnico	POT
Pesado e impresión de etiquetas	A 100%	Garantizar que el volumen contenido sea el requerido	Técnico	POT
Embalado y etiquetado	A 100%	Llenar parles y etiquetar tanques	Técnico	POT
Transporte del producto terminado	A 100%	Llevar carga al almacén de productos terminado	Técnico	POT
Almacenamiento del producto terminado	A 100%	Almacenar producto terminado protegiéndolo del calor y la humedad.	Técnico	POT

Anexo 10: Diagrama de flujo del proceso de producción de pulpa de frutas



Anexo 11: Ficha del proceso de producción del Puré de frutas “Osito”

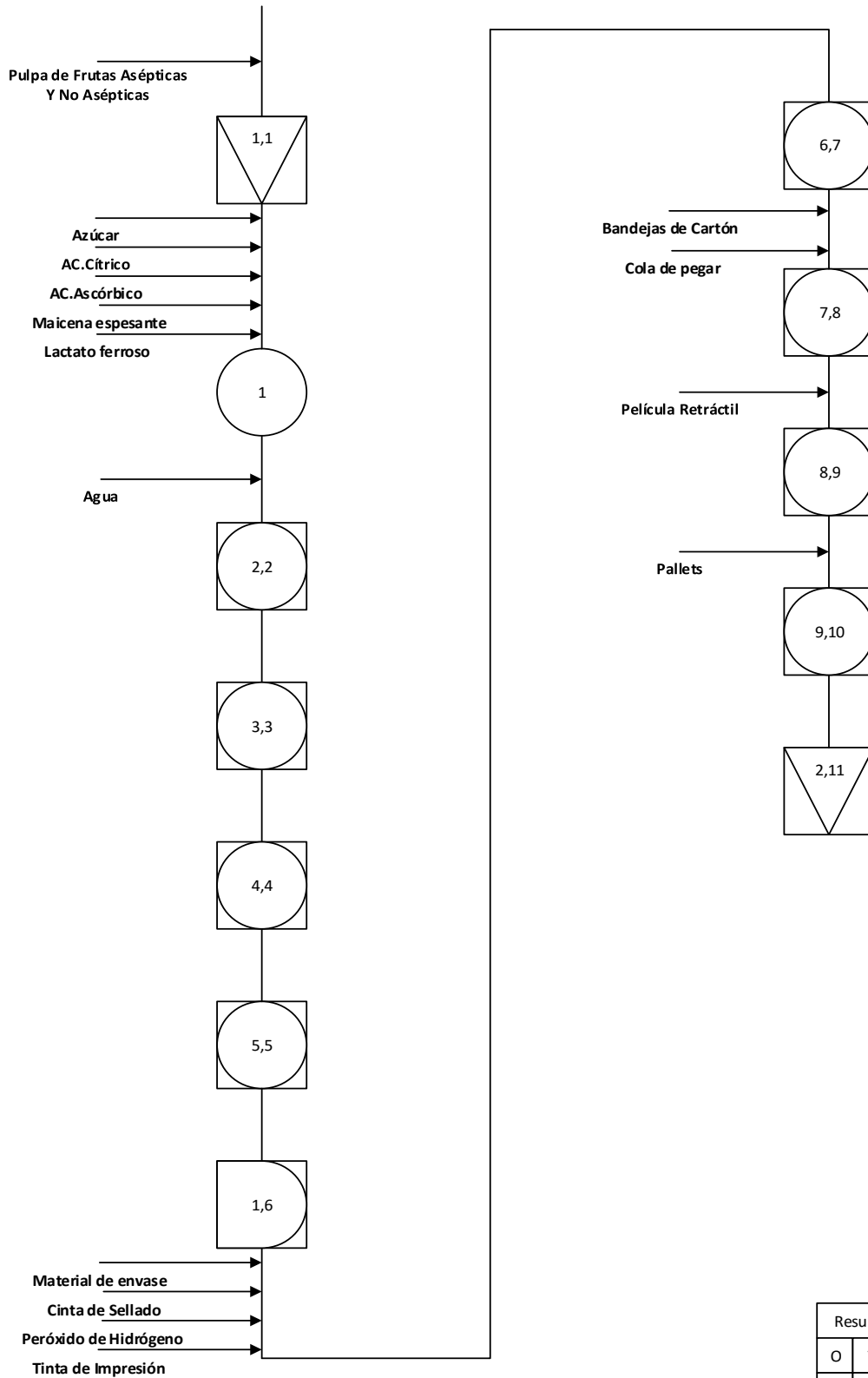
Ficha de proceso				
Nombre del proceso: Puré de frutas		Fecha: 5 de junio de 2019		
Tipo de proceso: Operativo		Responsable: Jefe de producción y Especialista principal de Calidad		
Alcance	Inicio: Recepciones de las Pulpas de Frutas Asépticas y no Asépticas en la Planta Sancti Spíritus. Incluye: Áreas de producción. Fin: Se almacena el producto terminado hasta su distribución por la UEB Conserva de Vegetales Sancti Spíritus.			
Especificaciones del proceso: elementos de entrada				
Entrada: Pulpas de frutas asépticas y no asépticas, recursos humanos, insumos (azúcar, ácido cítrico, ácido ascórbico, maicena espesante, lactato ferroso), materiales (material de envase, cinta de sellado, peróxido de hidrógeno, tinta de impresión, bandejas de cartón, cola de pegar, película retráctil, pallets).		Suministradores: UEB Conserva de Vegetales Sancti Spíritus.		
Especificaciones del proceso: elementos de salida				
Salidas: Puré de Frutas OSITO		Destinatarios/Clientes: UEB Conserva de Vegetales Sancti Spíritus.		
Documentación utilizada	Aspectos legales	Registros y formatos		
Procedimiento Operacional de Trabajo (POT)	NC 362:2017	Registro de Inspección de Calidad FR 17-01. Tarjeta de estiba FR PT02. Orden de producción FR PT03. PNO AC/04 Inspección de Calidad FR 17-05, FR PT08, FR 17-07, FR PT09, FR17-15, FR13-02, FR15-02, FR17-08, FR17-19, FR PT11, FR 17-19, FR 17-10, FR PT01, FR PT04, FR PT05, FR 28-03, FR 17-18, FR 17-16.		
Descripción: Se muestra en forma de diagrama de flujo de producción en Anexo 12 .				
Control de la calidad por actividad				
Operación	Control	Objetivo	Responsable	Referencia
Recepción las Pulpa de Frutas Asépticas y no Asépticas	Al 100%	Describir la realización de las recepciones de las Pulpas de Frutas Asépticas y no Asépticas recibidas en la Planta Sancti Spíritus	Dependiente de Almacén, Técnico de Calidad	POT

Recepción de Materias Primas e Ingredientes	Al 100%	Describir la realización de las recepciones de las Materias Primas e Ingredientes recibidas en la Planta Sancti Spíritus	Dependiente de Almacén, Técnico de Calidad	POT
Recepción de Material de envase y empaque	Al 100%	Describir la realización de las recepciones de los Materiales de envases y Embalajes recibidos en la Planta Sancti Spíritus.	El dependiente de Almacén, El Técnico de Calidad	POT
Pesaje de los ingredientes	Al 100%	Realizar las pesadas de los ingredientes a añadir en las formulaciones del Puré de Frutas OSITO	Jefe de Turno, Jefe de Almacén, Dependiente de Almacén, Tecnólogo.	POT
Disolución	Al 100%	Disolver las Pulpas de Frutas en su concentración requerida, con la adición de azúcar, maicena espesante, ácido cítrico, fortificantes y agua hasta lograr un producto inicial que permita ser bombeado hacia los tanques de Ajustes de Templá.	Jefe de Turno, Operador de preparación de Templás, Técnico de Calidad y el Tecnólogo	POT
Ajuste de templa	Al 100%	Consiste en obtener las características deseadas en el producto intermedio mediante la adición de agua y ácido cítrico faltante, con vistas de lograr la total disolución del concentrado de frutas y que el producto cumpla con las especificaciones de calidad, para su envasado aséptico en las máquinas llenadoras Tetra Brix 200ml. En este evento se garantiza el aseguramiento del producto a llenar	Jefe de Turno, Operador de preparación de Templás, Tecnólogo, Técnico de Calidad, Especialista de Calidad	POT
Filtrado	Al 100%	Consiste en el filtrado del producto intermedio con	Jefe de Turno, Operador del	POT

		vistas de eliminar suciedades o material sólido proveniente de las materias primas.	FLEX, Técnico de Calidad	
Proceso UHT (esterilización)	Al 100%	Consiste en someter al producto a una exposición calorífica breve pero intensa que destruye los microorganismos contenidos en el producto e impedir así la germinación a temperatura ambiente de cualquier espora termófila, no produciéndose cambios químicos notables en las sustancias nutritivas	Jefe de Turno, Operador del equipo FLEX, Tecnólogo	POT
Tanque aséptico (almacenamiento intermedio)	Al 100%	Consiste en almacenar el producto esterilizado a ultra alta temperatura y enfriado a temperatura ambiente, de forma tal que mantenga sus condiciones asépticas durante todo el tiempo que dure el llenado o interrupción imprevista, es una vía adicional dentro del proceso tecnológico.	Jefe de Turno, Operador del Pasteurizador, Tecnólogo	POT
Envasado aséptico	Al 100%	Envasado y sellado del producto en una o varias máquinas de envasado aséptico, en constante ambiente estéril.	Jefe de Turno, Operador de Llenadora, Tecnólogo	POT
Embalado	Al 100%	Embalar mediante máquinas empacadoras toda la producción mercantil en bandejas de 27 unidades para formatos de 200 ml, para facilitar su almacenaje y transportación	Jefe de Turno, Operador de Empacadora, Tecnólogo	POT
Retractilado	Al 100%	Colocar una película retráctil a las cajas una vez que salen del proceso de empaque.	Jefe de Turno, Operador de Empacadora, Tecnólogo,	POT

			Técnico de Calidad	
Paletizado	Al 100%	Paletizado de las bandejas retractiladas una vez que salen del proceso de Retractilado.	Jefe de Turno, Operador de Empacadora, Tecnólogo, Técnico de Calidad	POT
Almacenamiento del producto terminado	Al 100%	El almacenamiento del producto terminado tiene como objetivo permanecer en cuarentena durante el tiempo de análisis de laboratorio, para evaluar su calidad sanitaria y sensorial, antes de proceder a su liberación a ventas	Jefe de almacén, Dependiente de almacén, Técnico de calidad, Especialista de calidad	POT
Distribución	Al 100%	La distribución consiste en el despacho del producto a la UEB-CVSS para la venta a los clientes.	Jefe de Almacén, Facturador, Dependiente de almacén, Choferes	POT

Anexo 12: Diagrama de flujo del proceso de producción de Puré de frutas “Osito”



Resumen del proceso				
O	T	I	D	A
9	0	11	1	2

Anexo 13: Levantamientos de riesgos en el ambiente de trabajo de la UEB-CVSS

ÁREA/ RIESGOS	EFEECTO	MEDIDAS
Almacenes no. 1 - 2		
• Exposición a deficiente iluminación	Poca visión	Comprar luminarias
• Filtraciones	Caída del personal	Reparar los techos
• Falta de capacidad para almacenar	Derrumbes de productos	Construcción de un nuevo almacén
Pesa		
• Exposición a deficiente ventilación	Dificultad para respirar	Comprar equipos de ventilación
Oficina de producción		
• Exposición a deficiente iluminación	Poca visión	Comprar luminarias
• Falta de pintura	Suciedad	Pintar todo el local
Laboratorio		
• Exposición a deficiente ventilación	Dificultad para respirar	Reparar los equipos de ventilación
Sala de control		
• No existen		
Área de proceso		
• Pisos en mal estado	Caída al mismo nivel	Reparar los pisos
• Exposición a deficiente ventilación	Dificultad para respirar	Comprar equipos
• Exposición a deficiente iluminación	Poca visión	Comprar luminarias
• Problemas con el tendido eléctrico	Electrocución	Reparar el tendido eléctrico

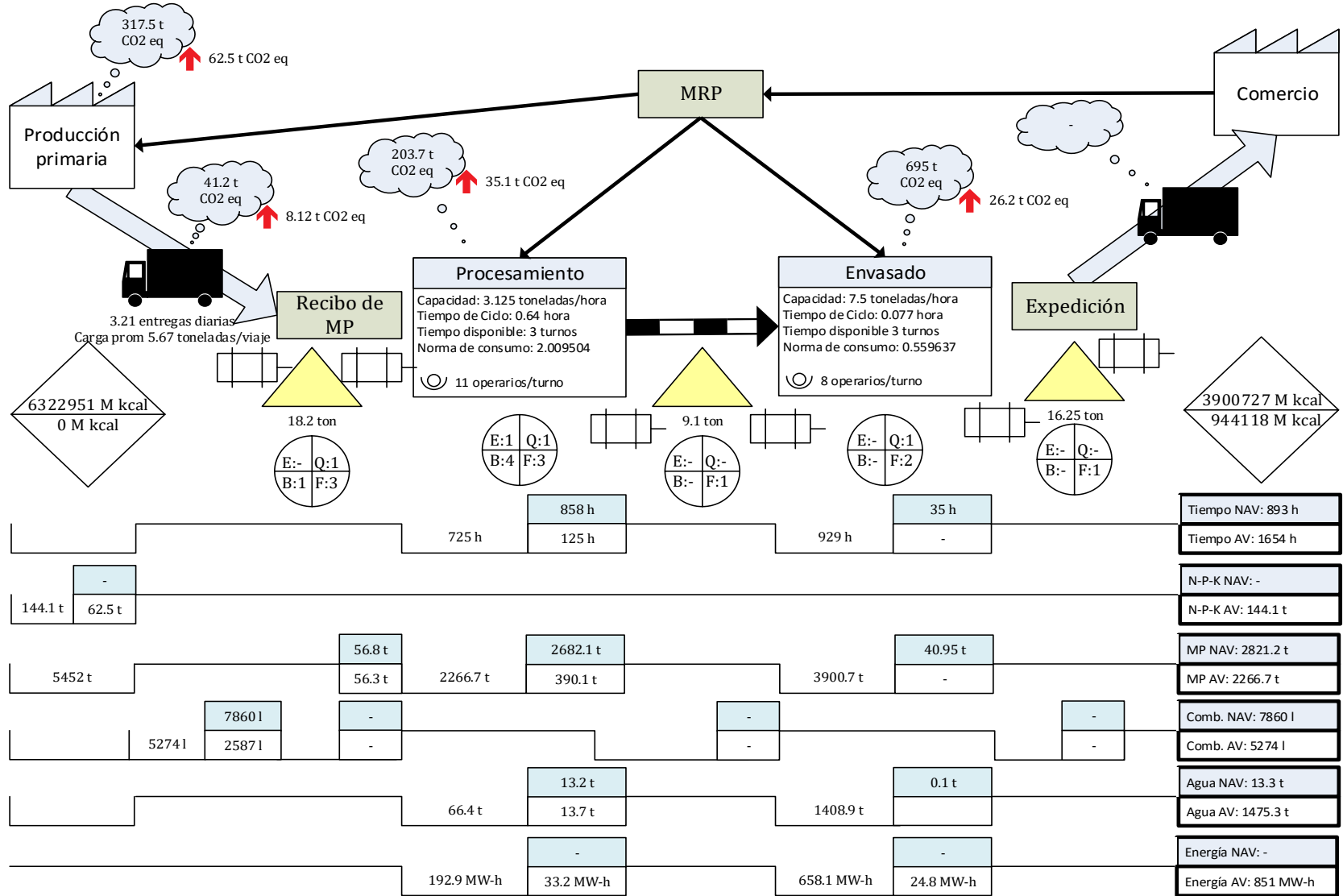
<ul style="list-style-type: none">• Falta de mesas de trabajo	Fatiga del trabajador	Colocar mesas de trabajo
<ul style="list-style-type: none">• Falta de una meseta para el lavado de las manos y útiles de trabajo	Pérdida de la inocuidad	Hacer una meseta
<ul style="list-style-type: none">• Salidero de agua por la pila	Sobreconsumo de agua	Reparar los salideros
<ul style="list-style-type: none">• Falta de una bebedero	Fatiga del trabajador	Colocar un bebedero

Anexo 14: Análisis de riesgos presentes en el flujo de valor

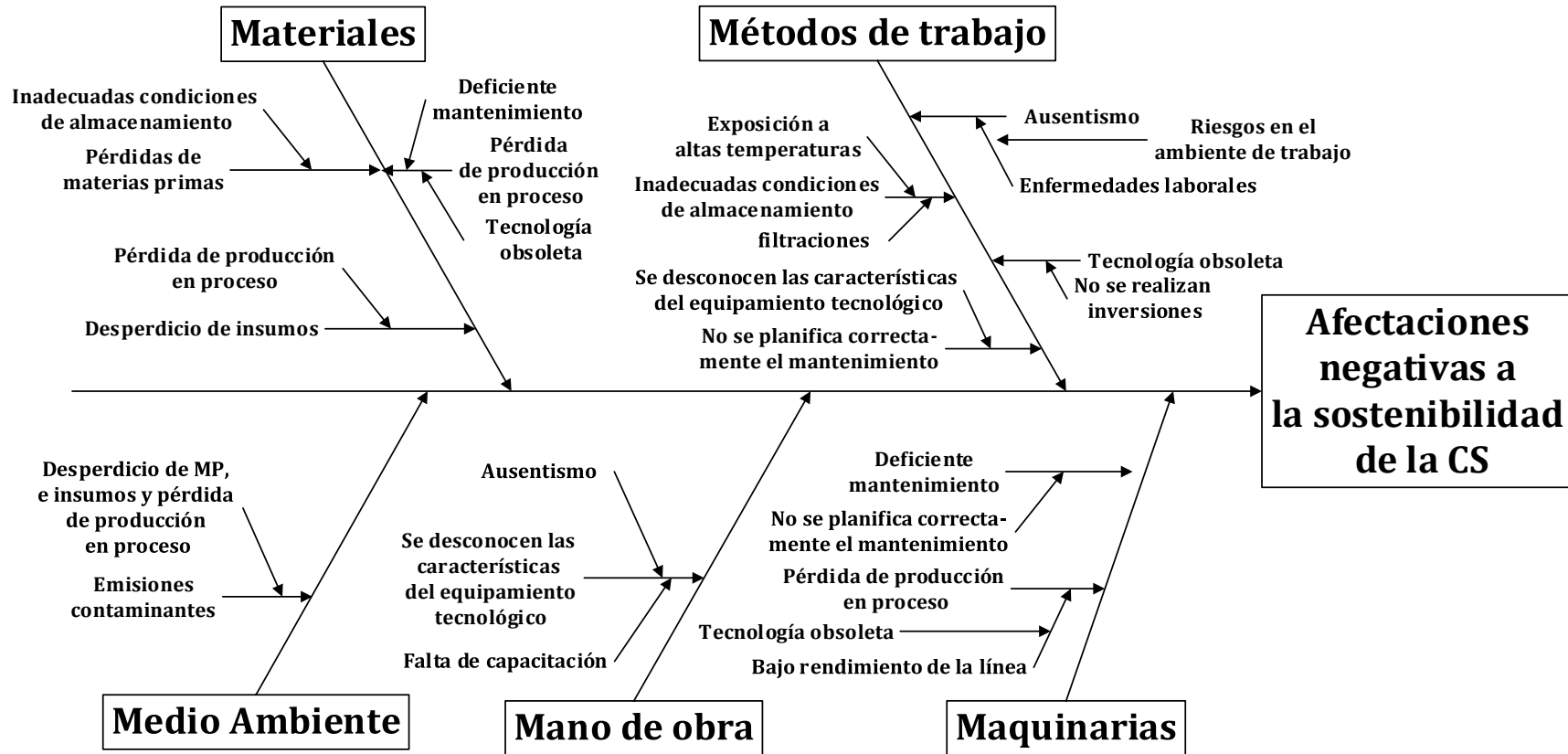
Función del proceso	Modo de falla potencial	Efecto(s) de la falla potencial	S	Causa de la falla potencial	O	Control actual	D	NPR	Acciones recomendadas
Almacenamiento del mango fresco	Crecimiento microbiano	Pérdida de la materia prima	8	Exposición a temperatura ambiente	8	Diario	7	448	Mejorar las condiciones de almacenamiento
Traslado del mango al área de procesamiento	Mal estado técnico del montacargas	Derrame del producto (puede provocar accidentes)	3	Falta de mantenimiento sistemático al montacargas	3	Se controla 4 veces por turno de forma visual	5	45	Reparación general del montacargas
Vertido del mango	Falta de capacidad de carga del virador	Retrasos en la producción	8	Falta de mantenimiento sistemático al montacargas	4	Se controla cada 2 horas de forma visual	4	128	Comprar equipo con mayor capacidad
Prelavado del mango	Deterioro de las duchas	Pase al lavado con impurezas y suciedades	6	Falta de control y mantenimiento del equipo	2	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	3	36	Reparación del sistema de duchas
Lavado del mango	Problema con el tendido eléctrico	Electrocución	10	Instalaciones antiguas y faltas de aislantes	2	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	3	60	Reparar tendidera eléctrica e interruptores y tomas
Selección	Agotamiento físico y cansancio extremo del trabajador	Incremento de certificados médicos	6	Falta de silla en el puesto de selección	9	Se controla cada 2 horas de forma visual	4	216	Comprar inmobiliario necesario para el área de selección
Deshuesado	Mezcla de la pulpa con residuos	Pérdida de la pulpa	9	Desajuste mecánico	8	Se controla una vez por semana según normas establecidas	6	432	Mantenimiento sistemático de máquina deshuesadora
Inactivación enzimática (UHV)	Medición inexacta	Inadecuada inactivación enzimática	7	Deficientes equipos de medición	1	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	3	21	Comprar medios de medición

Repasado y refinado	Mala textura de la pulpa	Deterioro de las características de calidad del producto	8	Falta de malla para la refinadora	9	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	4	288	Comprar herramientas y materiales de trabajo
Concentración	Pérdidas de vapor	No se logra la concentración del producto	8	Roturas en las tuberías de entrada de vapor	8	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	5	320	Reparar las tuberías
Esterilización del producto	Salideros de agua por la pila	Contaminación de la pulpa	7	Falta de mantenimiento	7	Se controla una vez por semana según normas establecidas	6	294	Reparar los salideros de agua
Llenado	Derrame del producto	Producto no cumple con el peso establecido	7	Mala calidad de las bolsas	2	Se controla cada 2 horas de forma visual y según normas establecidas	3	42	Comprar materiales de buena calidad
Pesado e impresión de etiquetas	Exposición a deficiente ventilación	Falta de concentración e ineficiencia en el trabajo	5	Déficit de equipos de ventilación	8	Se controla cada 2 horas de forma visual	4	160	Comprar equipos de ventilación
Embalado y etiquetado	Etiquetado deficiente	Insatisfacción del cliente	4	Bajo rendimiento de los trabajadores	2	Se controla cada 2 horas de forma visual	4	32	Estímulos y mejoramiento de las área de trabajo
Transporte del producto terminado	Mal estado técnico	Accidentes	7	Falta de mantenimiento sistemático a la moto carga	1	Se controla 4 veces por turno de forma visual	5	35	Reparación y mantenimiento sistemático de medios de traslado
Almacenamiento del producto terminado	Humedad en el área del producto terminado	Deterioro de las características de calidad del producto	6	Mal estado de los techos	8	Se controla al inicio de la producción del turno	7	336	Reparación de techos y pintar el área de almacén

Anexo 15: Mapa del flujo de valor 2016 – 2018 de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango



Anexo 16: Análisis de las causas de las afectaciones a la sostenibilidad de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango



Anexo 17: Mapa del estado futuro de la cadena de suministro del Puré de frutas “Osito” sabor mango

