

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Administración de Agronegocios
Ingeniería en Administración de Agronegocios



Proyecto Especial de Graduación
**Implementación del protocolo Efficient Food Loss & Waste en
lechuga (*Lactuca sativa*) en variedades Kristine RZ y Versai RZ en
Zamorano**

Estudiante

Alicia Margarita Coello Calderón

Asesores

Luis Alberto Sandoval Mejía Ph.D.

Evelyn Dayana Acosta Mtr

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAÚL SOTO

Director Departamento de Administración de Agronegocios

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Cadena de Suministro de la Lechuga en Zamorano.....	12
Uso del Protocolo.....	14
Fase de Alcance.....	14
Fase de Flujo de Alimentos	14
Fase de Enfoque.....	14
Fase de Causa.....	15
Fase de Intervención.....	15
Metodología.....	16
Variables	17
Fase de Alcance.....	18
Fase de Flujo de Alimentos	18
Fase de Enfoque.....	19
Atractivo.....	19
Viabilidad	20
Fase de Causas	20
Fase de Intervención.....	21
Resultados y Discusión.....	22
Fase de Alcance.....	22

	4
Fase de Flujo de Alimentos	23
Fase de Enfoque.....	36
Fase de Causa.....	37
Fase de Intervención.....	39
Conclusiones	42
Recomendaciones.....	44
Referencias.....	46
Anexos.....	48

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Fases del protocolo "Efficient Food Loss & Waste"	16
Cuadro 2 Abreviaciones generales para las variedades (fila) con los productos alimenticios (columna) utilizados en la investigación	17
Cuadro 3 Alcance para la implementación del protocolo "Efficient Food Loss & Waste"	22
Cuadro 4 Pérdidas de lechuga Kristine RZ en olericultura extensiva.....	26
Cuadro 5 Pérdidas de lechuga Versai RZ en olericultura extensiva.....	28
Cuadro 6 Pérdidas de lechuga Kristine RZ en planta postcosecha	29
Cuadro 7 Pérdidas de lechuga Versai RZ en planta postcosecha.....	30
Cuadro 8 Desperdicios de lechuga Kristine RZ para Food Service en el comedor estudiantil.....	32
Cuadro 9 Desperdicios de lechuga Versai RZ para Food Service en el comedor estudiantil	33
Cuadro 10 Desperdicios de lechuga Kristine RZ en hoja en el puesto de ventas	34
Cuadro 11 Desperdicios de lechuga Versai RZ en hoja en el puesto de ventas.....	34
Cuadro 12 Desperdicios de lechuga Kristine RZ para mix de ensalada en el puesto de ventas	35
Cuadro 13 Desperdicios de lechuga Versai RZ para mix de ensalada en el puesto de ventas	35
Cuadro 14 Resumen de pérdidas y desperdicios en toneladas en el año 2021 y porcentaje de PDA.	37
Cuadro 15 Intervención para causa de transporte poco eficiente	40
Cuadro 16 Intervención para causa de falta de instalaciones de medidas postcosecha en campo...	41

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo cualitativo de la cadena de suministro de la lechuga (Kristine RZ y Versai RZ) en Zamorano.....	24
Figura 2 Diagrama de flujo cuantitativo para la cadena de suministro de la lechuga (Kristine RZ) en Zamorano.....	25
Figura 3 Diagrama de flujo cuantitativo para la cadena de suministro de lechuga (Versai RZ) en Zamorano.....	27
Figura 4 Diagrama de flujo de proceso para el lavado de la lechuga en planta postcosecha	31
Figura 5 Imagen del producto de lechuga Food Service puesta en bufeteras en el comedor	33
Figura 6 Imagen del producto de lechuga mix de ensalada exhibida en góndolas del puesto de ventas en Zamorano.....	36
Figura 7 Esquema de árbol de causas de las pérdidas de lechuga Kristine RZ y Versai RZ en planta postcosecha	38

Índice de Anexos

Anexo A Formato para llevar a cabo el flujo de alimentos cuantitativo de las diferentes cadenas de suministro en la lechuga	48
Anexo B Desperdicios de lechuga en la compostera de Zamorano	49
Anexo C Intervención de compra de camión con carrocería refrigerada para el transporte adecuado de hortalizas.....	50
Anexo D Intervención de construcción de cámara de enfriamiento evaporativo "Cold Store" (Charcoal Evaporative Cooler) en campo	51
Anexo E Costos para la construcción de cámara de enfriamiento a base de carbón	52
Anexo F Cotización de camión con carrocería refrigerada para planta postcosecha.....	53

Resumen

La colaboración con la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) a nivel mundial tomando en cuenta la meta 12.3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es crucial para asegurar la seguridad alimentaria. En base a eso se ha creado e implementado el protocolo de Efficient Food Loss & Waste para permitir evaluar y cuantificar de manera eficiente las pérdidas y desperdicios de la lechuga con las variedades de Kristine RZ y Versai RZ en las diferentes cadenas de suministro dentro de Zamorano. El protocolo está conformado por 5 fases: alcance, flujo de alimentos, enfoque, causas e intervención. El objetivo principal de esta investigación es cumplir con todas las fases para poder identificar los puntos más críticos de la cadena de suministro de la lechuga, analizando y recopilando datos de la etapa de producción, postcosecha, comercialización y servicio alimentario. Una vez finalizado el protocolo, se identificó que el mayor porcentaje de PDA ocurre en planta postcosecha con un 41%. Luego de identificar la cadena de suministro más crítica en cuanto a registro de pérdidas, se elaboró un árbol de causas y de posibles intervenciones. Las causas de las pérdidas después de cosecha se deben a la falta de un manejo adecuado de la temperatura de almacenamiento de la lechuga, provocando pérdida de agua por la aceleración en el proceso de respiración. Así mismo, la falta de un transporte refrigerado contribuye al aumento de los daños fisiológicos del cultivo. Luego de planta postcosecha, se pierde un % en la etapa de comercialización, un 21% en la etapa de producción y un 2% en el servicio alimentario.

Palabras clave: pérdida de alimentos, postcosecha, cadena de suministro, desperdicio de alimentos, cosecha, lechuga

Abstract

Collaboration with the reduction of food loss and waste (FFLW) worldwide, taking into account target 12.3 of the Sustainable Development Goals (SDGs), is crucial to ensure food security. Based on this, the Efficient Food Loss & Waste protocol has been created and implemented to efficiently evaluate and quantify losses and waste of lettuce with Kristine RZ and Versai RZ varieties in the different supply chains within Zamorano. The protocol is made up of 5 phases: scope, food flow, approach, causes and intervention. The main objective of this research is to comply with all the phases in order to identify the most critical points in the lettuce supply chain, analyzing and collecting data from the production, post-harvest, marketing and food service stages. Once the protocol was completed, it was identified that the highest percentage of PDA occurs in the post-harvest plant with 41%. After identifying the most critical supply chain in terms of losses, a tree of causes and possible interventions was drawn up. The causes of post-harvest losses are due to the lack of adequate management of lettuce storage temperature, causing water loss due to the acceleration of the respiration process. Likewise, the lack of refrigerated transport contributes to increased physiological damage to the crop. After the post-harvest plant, 25% is lost at the marketing stage, 21% at the production stage and 2% at the food service stage.

Key words: food loss, post-harvest, supply chain, food waste, harvest, lettuce.

Introducción

Hoy en día, la seguridad alimentaria se ha vuelto un tema crucial que ha despertado una alerta internacional debido a la creciente población mundial. Cada día incrementan los riesgos de no producir suficientes alimentos debido al cambio climático y al aumento en la demanda de alimentos. Se estima que para el año 2050, la población crezca a 9.1 mil millones de habitantes, siendo este el factor principal que ocasione un incremento en la demanda alimenticia, presionando a que los productores opten por alternativas para producir más eficientemente (Pérez Vázquez et al., 2018).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el hambre en el mundo aumenta cada día. Sin embargo, un tercio de los alimentos producidos se pierden o se desperdician a lo largo de toda la cadena de suministro. Esto ha provocado que entes gubernamentales, organizaciones internacionales, sector privado y la sociedad civil comience a crear conciencia de los problemas que se puedan estar ocasionando o los problemas más graves que se podrían estar construyendo por altos porcentajes de pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) y así implementar acciones para abordar la raíz del problema (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tienen como finalidad combatir la pobreza y el hambre, proteger al planeta y asegurar la prosperidad para todas las poblaciones y generaciones. Siendo esta una oportunidad para abarcar el problema de pérdidas y desperdicios a nivel mundial. En consecuencia, se creó el ODS número 12 que busca la producción y el consumo responsable. El tercer objetivo de esta meta (ODS 12.3), reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores de manera que se reduzcan las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha. Los progresos de esta meta se miden con dos subindicadores: índice de pérdida de alimentos (12.3.1a) y el índice de desperdicio de alimentos (12.3.1b) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019a).

Para poder aportar a al tercer objetivo del ODS número 12, se debe de comprender la diferencia que existe entre sus dos subindicadores, pérdidas y desperdicios. La FAO define como pérdida de alimento toda disminución en la cantidad o calidad de alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los proveedores en la cadena alimentaria, excluyendo a los minoristas, proveedores o servicios de alimentos y consumidores. Por otro lado, definieron desperdicios como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios de alimentarios y consumidores. Dicho en otras palabras, las pérdidas se producen antes de llegar al consumidor o a la góndola del supermercado y los desperdicios se dan por la manipulación inadecuada que se les da una vez que llegan a las góndolas del supermercado o a las manos del consumidor (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019b)

Debido a estos dos subindicadores del indicador número 12 de los ODS, que buscan reducir las pérdidas y desperdicios en la cadena de suministro de los alimentos, en el año 2019 se creó el Consorcio para la Innovación en las Pérdidas Postcosecha y el Desperdicio de Alimentos. La Universidad Estatal de Iowa, Universidad de Maryland, Universidad de Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah (KNUST), Escuela de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) de la Universidad de São Paulo, Universidad de Nairobi, Universidad de Stellenbosch, Centro Volcaní, Universidad e Investigación de Wageningen y la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, son miembros activos de este consorcio y juntos buscan liderar proyectos que ayuden a contribuir con la meta de este indicador (ODS 12.3).

Según las universidades mencionadas anteriormente, la pérdida y desperdicios de alimentos es un problema global que no solo afecta al agricultor, sino, que también a las empresas, desperdiciando recursos limitados y dañando al medio ambiente. A través de este consorcio, se busca trabajar con líderes que brinden su opinión acerca del tema y expertos en PDA con el fin de abordar los impactos sociales, económicos y ambientales de la pérdida y desperdicio de alimentos con el fin de proponer soluciones que reduzcan la PDA. Puesto que la población incrementa cada día suplirlos a todos con alimentos requiere de innovación en todas las etapas , desde la producción

hasta el consumo, de manera que se pueda lograr una producción y comercialización más eficiente, reduciendo PDA y aumentando la productividad de los alimentos (Consortium for the Innovation in Post-Harvest Loss & Food Waste Reduction, 2019). Ante la problemática de pérdida y desperdicio de alimento, en el año 2020 se creó el protocolo “Efficient Food Loss & Waste”, herramienta que refleja una descripción ordenada y sistemática del objeto de estudio, desarrollado por Wageningen University & Research. Actualmente, el protocolo se ha estado implementado y probado en varias cadenas de valor de alimentos por diferentes grupos en varias partes del mundo. El objetivo de esta herramienta es reducir los grandes porcentajes de PDA de alimentos identificando los puntos críticos con el fin de cuantificar la PDA y poder evaluar las eficacias de las intervenciones planteadas (Poorman, 2021).

Cadena de Suministro de la Lechuga en Zamorano

Para esta investigación, se implementó el protocolo en el cultivo de dos de las cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) cultivadas en la Universidad de Zamorano. Según estimaciones, del área de Olericultura Extensiva y Planta Postcosecha, este cultivo representó mayores pérdidas en el año 2021, siendo una de las razones principales de haber trabajado con este. Además, se tiene mayor accesibilidad a la cuantificación de la PDA dado que es el alimento con la cadena de suministro alimentario más completa a nivel interno de Zamorano, provocando que se implemente el protocolo de una manera más eficaz (Xicay X., 2021).

La lechuga es de las hortalizas más consumidas en el mundo. Se puede cultivar de diferentes maneras como en invernadero o al aire libre, en suelo o por hidroponía. Si se efectúa de manera convencional, este cultivo requiere de temperaturas diurnas que oscilen entre 18-25°C y nocturnas entre 10-15°C y suelos arcillosos para mejorar la retención de agua para su buen desarrollo. A menudo se ve afectado por plagas y enfermedades que merman su producción, plagas como trips (*Thysanoptera*), chinche *Ligus*(*Lygus*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y caracoles (*Cornu aspersum*) y enfermedades como *Cercospora* y mancha bacteriana. Al momento de la cosecha, las

lechugas más afectadas por daños físicos, biológicos o fisiológicos son dejadas en campo. Después de la cosecha, la lechuga es susceptible a la pérdida de agua por ser un órgano vegetativo que está en activo crecimiento, por esta razón en la actualidad, Zamorano realiza la cosecha en las primeras horas del día para evitar oxidación y evapo-transpiración, reflejándose en la firmeza y turgencia de la lechuga provocando mermas por pérdida de porcentaje de agua (Saavedra et al., 2017).

Para llevar a cabo el Protocolo Efficient Food Loss & Waste”, se trabajó solamente con dos variedades: Kristine RZ y Versai RZ. Según reportes de producción en Zamorano, el porcentaje de producción de Kristine RZ es del 13% y de Versai RZ es el 7% de toda la producción hortícola de Zamorano. Para llevar a cabo la producción de estas variedades, se le atribuye un área de 14,329 m² a Kristine RZ y 18,125 m² a Versai RZ. Únicamente se eligieron estas dos variedades debido a que, en postcosecha, son las únicas variedades que son destinadas a la elaboración de otros productos alimenticios mínimamente procesados; ensaladas listas para consumir y hortalizas pre cortadas. Luego de su elaboración, los productos alimenticios mínimamente procesados con lechuga Kristine RZ y Versai RZ en planta postcosecha, son comercializados a nivel interno y externo. Internamente, los productos son llevados al comedor estudiantil, puesto de ventas y cafeterías. A nivel externo se comercializan hacia cadenas de supermercados de Tegucigalpa y San Pedro Sula, Honduras.

Se trabajó con tres productos diferentes mínimamente procesados que contienen lechuga de ambas variedades (Kristine RZ y Versai RZ): lechuga food service, mix de ensalada y lechuga en hoja. La lechuga food service viene en una presentación de 1500 g, destinada únicamente al servicio alimentario estudiantil de la Universidad Agrícola Panamericana, Zamorano, el producto de lechuga en hoja contiene 460 g y 228g de peso neto, siendo su único destino el puesto de ventas y diferentes cadenas de supermercados en el país. Ambas presentaciones contienen una mezcla del 70% lechuga Kristine RZ y 30% lechuga Versai RZ. El producto de mix de ensalada se comercializa con un peso neto de 520 g y 228 g, conteniendo una variación del 47% de Kristine RZ y 20% de Versai RZ, el resto del porcentaje se destina al contenido de crutones y vegetales cortados (zanahoria y repollo).

Uso del Protocolo

Para esta investigación, se cumplió con las 5 fases del protocolo de “Efficient Food Loss & Waste”: fase de alcance, flujo de alimentos, enfoque, causa e intervención. Se realizó un orden secuencial de estas fases, teniendo como objetivo lo siguiente:

Fase de Alcance

La primera fase del protocolo de la parte de la cadena de suministro que está incluida dentro del estudio. Para llevarlo a cabo, se debe de completar un cuestionario el cual solicita mencionar el nombre de la organización, el producto alimenticio a estudiar, parte de la cadena de suministro que se debe de incluir en la investigación, ubicación geográfica, unidades en los cuales se estará expresando el protocolo, disponibilidad de fuente de datos, calidad de estos datos disponibles y una lista de expertos de las diferentes cadenas de suministro que estaremos incluyendo dentro de la investigación.

Fase de Flujo de Alimentos

Luego de determinar el alcance de la investigación, se procede a la fase de flujo de alimentos el cual está dividido en dos partes: diagrama de flujo cualitativo y cuantitativo. El diagrama de flujo cuantitativo busca elaborar un esquema el cual indique los agentes de la cadena de suministro, la conexión entre ellos y el tipo de transporte que se utiliza para trasladar el cultivo a los diferentes destinos. Por otro lado, el diagrama de flujo cualitativo tiene como objetivo obtener información del total de ventas en un año de cada una de las cadenas alimenticias incluidas en la investigación. Así mismo, busca enumerar los actores presentes, las actividades que se le realizan al cultivo, el peso del flujo y los diferentes destinos.

Fase de Enfoque

Busca priorizar las actividades que se consideren prometedoras para la reducción de la PDA. Para llevar a cabo esta fase, se enfocó en un análisis multicriterio (atractiva, factibilidad y viabilidad)

desarrollado en el protocolo el cual se basa en asignarle un puntaje a cada agente de la cadena de suministro dentro del estudio con el fin de identificar las etapas más críticas y así evaluar donde podrían efectuarse de una mejor manera las potenciales intervenciones para la reducción de PDA.

Fase de Causa

Para atender los problemas que están ocasionando la PDA, se deben atacar desde la raíz. Para ello, realizar un árbol de causas y efectos ayuda a identificar las razones principales de pérdidas y desperdicios de la lechuga en toda la cadena de suministro incluida en este estudio.

Fase de Intervención

La última fase del protocolo identifica las áreas donde se deben aplicar una o varias posibles intervenciones que se puedan realizar a las cadenas de suministro donde se muestre un PDA más crítico, con el fin de reducir la PDA. Para realizar una propuesta de intervenciones, se deben tomar en cuenta al árbol de causas y efectos creado anteriormente de manera que se tome las causas más críticas y poder hacer propuestas en base a las causas escogidas.

Durante la implementación del protocolo, se recopilaron datos para cuantificar la PDA de alimentos en las diferentes etapas de la cadena de suministro de la lechuga incluidas en el proyecto: producción, postcosecha, comercialización y servicio alimentario. Con la identificación de las etapas en donde se pierde y desperdicia más lechuga y enumerando las principales causas, se recomendó posibles intervenciones que ayuden a reducir la PDA. Con la realización de este proyecto, se contribuyó a mejorar la producción de lechuga en Zamorano, de manera que sea más eficiente, disminuyendo la PDA y optimizando los procesos para lograr mejoras ambientales y económicas.

Metodología

El protocolo de “Efficient Food Loss & Waste” es una herramienta que analiza la cadena de suministro de un cultivo en específico. Consta de cinco fases que se ejecutan secuencialmente. Es decir, el resultado de la primera fase es el punto de partida para la segunda fase y así sucesivamente. Cada una de las fases del enfoque tiene un objetivo diferente, el cual ayuda a entender y profundizar en la cadena de valor de la lechuga de las variedades Kristine RZ y Versai RZ en Zamorano. Para llevar a cabo el protocolo, se siguen cada una de las fases indicadas en el Cuadro [1].

Cuadro 1

Fases del protocolo "Efficient Food Loss & Waste"

Fase	Descripción	Estado de desarrollo ¹
Alcance	Busca definir el alcance de la investigación: Las partes de la cadena de suministros a ser consideradas, las personas involucradas, periodo de evaluación, entre otros.	Validación
Fase de flujo	En esta fase se identificará el flujo de los alimentos a lo largo de la cadena de suministro alimentario. En ello se definirán los destinos, los volúmenes y las principales actividades realizadas.	Validación
Fase de enfoque	Esta fase emplea una técnica de análisis multicriterio, que definirá los eslabones de la cadena con mayor potencial en cuanto a la reducción de la PDA.	Validación
Causa	Toma los puntos con mayor potencial de cambio y de ellos determina las posibles causas de pérdida y desperdicio de alimentos.	Validación
Intervención	Evalúa la factibilidad y el impacto de posibles intervenciones, calcula una inversión e identifica a los socios que cobrarán mayor importancia en el proceso de cambio	Validación

Nota. Información tomada de Wageningen University and Research (2020)

¹ El **estado de desarrollo** se refiere a la etapa en la que se encuentra cada una de las fases del protocolo Eficiente Food Loss & Waste. Recientemente, el estado de desarrollo del protocolo entró en validación para cada una de sus fases, provocando la obtención de una metodología definida.

Variables

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó la lechuga de Zamorano, enfocándonos solamente en las variedades de Kristine RZ y Versai RZ. Una vez estas variedades de lechuga llegan a planta postcosecha, se destina para tres productos diferentes de los cuales se evaluaron (Cuadro [2]):

Cuadro 2

Abreviaciones generales para las variedades (fila) con los productos alimenticios (columna) utilizados en la investigación.

Variedad	Producto alimenticio		
	Food Service	Mix de ensalada	Lechuga en hoja
Kristine	FSK	MEK	LHK
Versai	FSV	MEV	LHV

Estas seis variables hacen referencia al producto terminado después de salir de la planta postcosecha. Estos diferentes productos cuentan con clientes externos e internos. La lechuga food service viene en una bolsa con mayor dimensión, siendo una presentación que va destinada únicamente a clientes internos como el comedor estudiantil Doris Stone, Kellogg Café y El Tigrito. El mix de ensalada y la lechuga en hoja va destinada a clientes externos, desde cadenas de supermercados hasta clientes individuales.

Una vez definida las variables, se procedió a implementar el protocolo llevando un orden secuencial de cada una de las fases. Este proceso se llevó a cabo junto a los expertos del protocolo, quienes crearon esta herramienta. Se agendó reuniones mensuales de asesoramiento en cada una de las fases. En cada una de las reuniones se discutieron las siguientes fases del protocolo:

Fase de Alcance

Para comenzar la investigación, en esta etapa del protocolo se decidió qué parte de la cadena de suministro estará incluida dentro del estudio. Iniciando con el orden secuencial para la obtención de datos del protocolo, se llevó a cabo un cuestionario con ayuda de los expertos el cual se mencionó parámetros relevantes (producto alimenticio a estudiar, ubicación geográfica, unidades que se expresó el protocolo, cadenas de suministro, disponibilidad de fuentes de datos y una lista de expertos de las diferentes cadenas de suministro) que estaremos incluyendo dentro de la investigación.

Fase de Flujo de Alimentos

En la fase de flujo de alimentos se tomaron los datos del año 2021 debido a su actualidad y dado es el único año que se ha visto afectado por la pandemia de COVID-19 desde un principio, considerándolo un año con pocas alteraciones ocasionadas por este fenómeno. Para la obtención de datos en esta fase del protocolo, se llevaron a cabo entrevistas a los diferentes expertos incluidos en el estudio; experto de producción, postcosecha, comercialización y servicio alimentario. En la cadena de producción, se obtuvieron los datos de una bitácora de campo donde se registran las libras totales dejadas en el área cultivada luego de una cosecha.

En postcosecha, los datos fueron obtenidos de las pre-requisiciones diarias generadas en el 2021, en esta documentación se indica cuantas libras ingresan a la planta y cuantas libras se usaron para destinarlas al producto final (Food Service, Mix de ensalada y Lechuga en hoja). En comercialización, los datos se obtuvieron de una base de datos donde se registraron las ventas y los desechos de lechuga en hoja y mix de ensalada del año que estamos evaluando. En el servicio alimentario, no se llevaba registrado el desperdicio de la lechuga dentro de una base de datos donde se indique la cantidad de lechuga descartada, por lo cual, se evaluó por una semana la aceptación que tiene la lechuga una vez es puesta en las bufeteras. Se tomó tres días a la semana donde se sirvió lechuga en el menú, para al final del día pesar ese residuo y obtener un promedio del

desperdicio en un año. Los datos adquiridos son en unidades de libras el cual posteriormente, fue transformado a toneladas $1 \text{ ton} = 2204.6 \text{ lbs}$.

Para obtener los cálculos realizados en el diagrama de flujo de alimentos cualitativo (Anexo [1]) de la cadena de producción, se tomó en cuenta la producción total de la lechuga en el año 2021. Ya que el único cliente de la unidad de olericultura extensiva es la planta postcosecha de Zamorano, las ventas al año es el número total de lechuga ingresada a planta. Las toneladas desviadas se refieren a todas las pérdidas de lechuga que se quedaron en campo y durante el mínimo proceso en planta postcosecha. Para obtener ese número se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Toneladas desviadas} = \text{Producción total} - \text{Total de ventas al año} \quad [1]$$

Cabe recalcar que dentro la producción total, se tomó en cuenta la producción neta y el desperdicio. Por lo tanto, se obtendrá el % desviado a los diferentes destinos haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ desviado} = \frac{\text{toneladas desviadas}}{\text{producción total}} \quad [2]$$

Fase de Enfoque

Luego de evaluar y entender cada una de las cadenas de suministro de la lechuga, se priorizó las actividades que se consideraron propicias para reducir la PDA. El enfoque que se le brindó a esta investigación dependió los multicriterio definidos en el protocolo en cuanto a punto de vista económico, factible y viable.

Atractivo

En este criterio se analizó que tan atractivo será reducir las pérdidas y desperdicios de la lechuga desde el punto de vista económico. Para evaluar esta variable se tomarán en cuenta los siguientes criterios relevantes: Toneladas / año que termina en algún destino, porcentaje de PDA (%) en relación con la producción (toneladas / año) y toneladas / año FLW x precio en la parte interesada.

Factibilidad

El pilar de la factibilidad se refiere a que tan capaces son los agentes de la cadena para realizar cambios dentro del proceso para reducir las pérdidas y desperdicios. Los criterios relevantes utilizados en esta categoría es el porcentaje de probabilidad de que una compañía o persona en específico asuma el liderazgo de llevar a cabo la intervención.

Viabilidad

Esta variable hace referencia a la viabilidad que tienen las intervenciones el cual mide el tiempo en años para que las acciones a tomar efectúen de manera positiva en la reducción de pérdidas y desperdicios en el cultivo.

Fase de Causas

A la hora de atacar los problemas, se buscó la raíz y causales, de modo que no se resolviera de manera superficial. Para ello, se implementó una técnica de los “5 porqués” el cual tiene como objetivo llegar a la raíz del problema de pérdidas y desperdicios en la cadena alimenticia. Esta herramienta para el análisis de causa raíz, identificó correctamente la causa que originaban las desviaciones en cada proceso de manera individual, a fin de que se pudiera implementar acciones correctivas y preventivas que las disminuyan o erradiquen (Ovalles et al., 2017). Se realizaron entrevistas a los diferentes expertos (producción, postcosecha, comercialización y servicio alimentario) para determinar las causas del problema preguntando: “¿Cuál es la razón principal de pérdidas/desperdicio de la lechuga esta actividad en particular?” Luego de recibir una respuesta, se pregunta por qué está sucediendo esa causa cuatro veces más y cada vez se va enmarcando la misma pregunta con respecto a la respuesta recibida. Al obtener los resultados, se debe realizar un esquema simulando un árbol, colocando la primera respuesta de la principal razón de PDA en la parte superior del árbol y las causas-raíces en la parte inferior.

Fase de Intervención

De manera que se reduzca la PDA, se identificó las etapas en donde se deben de aplicar posibles intervenciones con el fin de ejecutarlas en la cadena de suministro donde se muestren mayores pérdidas y desperdicios de lechuga. Las intervenciones se realizaron de acorde con el árbol de causas como lo muestra en la figura [7], realizando propuestas en base a los principales problemas encontrados durante la cadena de valor del producto. Para ejecutar la propuesta de intervenciones, se utilizaron las siguientes fuentes de información: descripción general de las posibles intervenciones que puedan vincularse a las causas fundamentales, estudio de factibilidad económica y la visión de los actores sobre la implementación de la intervención.

Resultados y Discusión

El protocolo “Efficient Food Loss & Waste” fue aplicado efectivamente en la cadena de suministro de la lechuga en las variedades Kristine RZ y Versai RZ de Zamorano. Se llevaron a cabo entrevistas con los expertos, recopilación de datos y uso de la herramienta del protocolo que están descritas en la plantilla de Microsoft Excel. Para implementarlo, se llevó un orden secuencial de las 5 diferentes fases del protocolo: alcance, flujo de alimentos, enfoque, causas e intervención.

Fase de Alcance

La implementación del protocolo se realizó únicamente dentro de Zamorano en la unidad de olericultura extensiva con el cultivo de la lechuga con las variedades de Kristine RZ y Versai RZ. Para ello, se determinaron las cadenas de suministro de la lechuga que se estarían cuantificando y abarcando en este estudio. La selección de los actores principales se hizo de acuerdo con su área de experiencia. Dicho esto, el alcance de la investigación fue la siguiente (Cuadro [3]):

Cuadro 3

Alcance para la implementación del protocolo "Efficient Food Loss & Waste"

Nombre	Agente	Parte de la Cadena
Ulises Barahona	Olericultra Extensiva	Producción
Evelyn Acosta	Planta Postcosecha	Procesamiento
Michelle Polanco	Puesto de Ventas Zamorano	Comercialización
Wendy Raudales	Comedor Estudiantil	Servicio Alimentario

Los cuatro agentes incluidos en el alcance del proyecto están enlazados comercialmente debido a que olericultura extensiva es el único proveedor de lechuga para elaborar productos mínimamente procesados que posteriormente, son comercializados en el puesto de ventas y abastecen la demanda de lechuga en el comedor estudiantil de la Universidad de Zamorano. Se excluyeron del alcance a los clientes externos por factores de accesibilidad a datos reales y no

sesgados de desperdicio. En cuanto a la etapa de producción, la lechuga Kristine RZ cuenta con un área de siembra de $14,329 m^2$ y Versai RZ un área de $18,125 m^2$. Al finalizar la producción, toda la lechuga cosechada en campo es dirigida a la planta postcosecha. Una vez culminado el mínimo proceso de la lechuga en planta, el producto final es dirigido a clientes internos (comedor estudiantil, cafeterías y puesto de ventas Zamorano) y a clientes externos (cadenas de supermercados en San Pedro Sula y Tegucigalpa).

Para cuantificar la PDA en el cultivo de la lechuga, se expresó en toneladas/año. El acceso a los datos cambió de acuerdo con la cadena de suministro. En olericultura extensiva, los datos fueron tomados de una bitácora de campo donde se llevó registro de todas las pérdidas de la lechuga en el año 2021. Es decir, registro de toda la lechuga no apta para mínimo proceso, que fue dejada en campo y reincorporada en el suelo. En planta postcosecha, los datos fueron tomados de las hojas de pre-requisición el cual contiene información del nombre de producto a elaborar, cuantas libras de lechuga entraron a planta para elaborar dicho pedido, las libras que se usaron para finalizar el producto y el destino que tiene el pedido. En el puesto de ventas zamorano, se recopiló la información necesaria de la base de datos de la unidad, específicamente del año 2021. En el comedor estudiantil, no existen registros de cuanta lechuga se desperdicia. Sin embargo, se obtuvieron datos del desperdicio de una semana, llevándose a cabo un estimado de cuanto se pudo haber desperdiciado en el año a investigar.

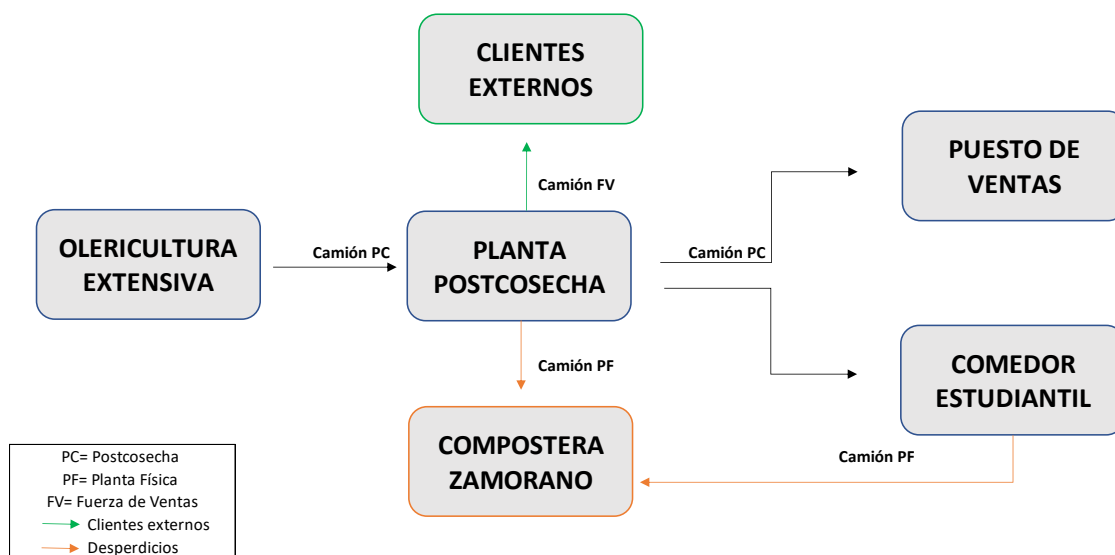
Fase de Flujo de Alimentos

Esta fase se encuentra dividida en dos partes; diagrama de flujo cualitativo y diagrama de flujo cuantitativo. Para el diagrama de flujo cualitativo, se seleccionaron todos los eslabones de la cadena de suministro incluidos en la investigación más los clientes externos de planta postcosecha. En olericultura extensiva, se produce diferentes variedades de lechuga. Entre ellas se produce 13% lechuga Tropicana, 13% lechuga Kristine RZ, 13% lechuga Maximus, y 7% de lechuga Versai RZ. Para la investigación, se tomó en cuenta únicamente las variedades de lechuga Kristine RZ y Versai RZ.

Siendo esta nuestra primera cadena de suministro, la producción en campo. Posteriormente, se incluyó la planta postcosecha en donde estas dos variedades reciben un mínimo proceso para luego comercializarlo al puesto de ventas y distribuirlo al comedor estudiantil. Siendo este el recorrido de la lechuga detallado en la Figura [1], que se cuantificó con el diagrama de flujo cuantitativo.

Figura 1

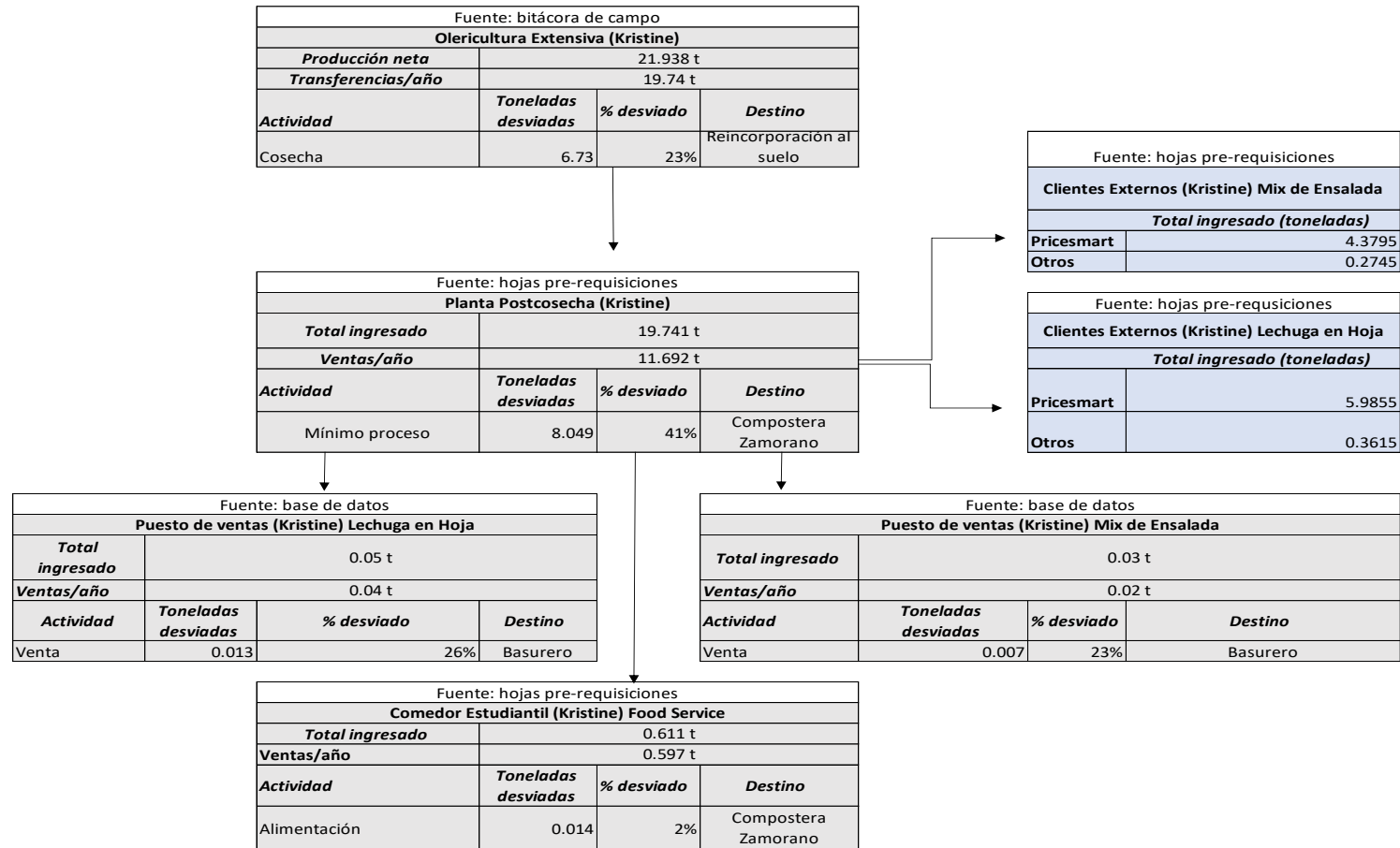
Diagrama de flujo cualitativo de la cadena de suministro de la lechuga (Kristine RZ y Versai RZ) en Zamorano



A continuación, en el diagrama de flujo cuantitativo (Figura [2] y [3]) se especifican las cantidades de lechuga que cada cadena de suministro produjo en toneladas, cuantas se encargó de vender y cuantas se perdieron o desperdiciaron en el proceso. Así mismo, se señaló el destino final de las pérdidas y desperdicios de la lechuga por cada uno de los actores de los cuatro diferentes eslabones (producción, postcosecha, comercialización, servicio alimentario).

Figura 2

Diagrama de flujo cuantitativo para la cadena de suministro de la lechuga (Kristine RZ) en Zamorano



En olericultra extensiva en el año 2021, se cosechó un total de 28.668 toneladas. De esas toneladas, el 23% fue dejado en campo, lo cual equivale a 6.73 toneladas de pérdidas, siendo reincorporadas al suelo luego de su cosecha (Cuadro [4]). El mes más crítico en ese año fue abril con un total de 2.665 toneladas de pérdidas de lechuga. La cosecha total para la venta de lechuga Kristine RZ fue de 19.74 toneladas, resultando ser la misma unidad de masa que ingresa a planta postcosecha. Los datos fueron adquiridos de una bitácora de campo, teniendo los reportes de pérdidas en libras, los cuales posteriormente fueron convertidos a toneladas.

Cuadro 4

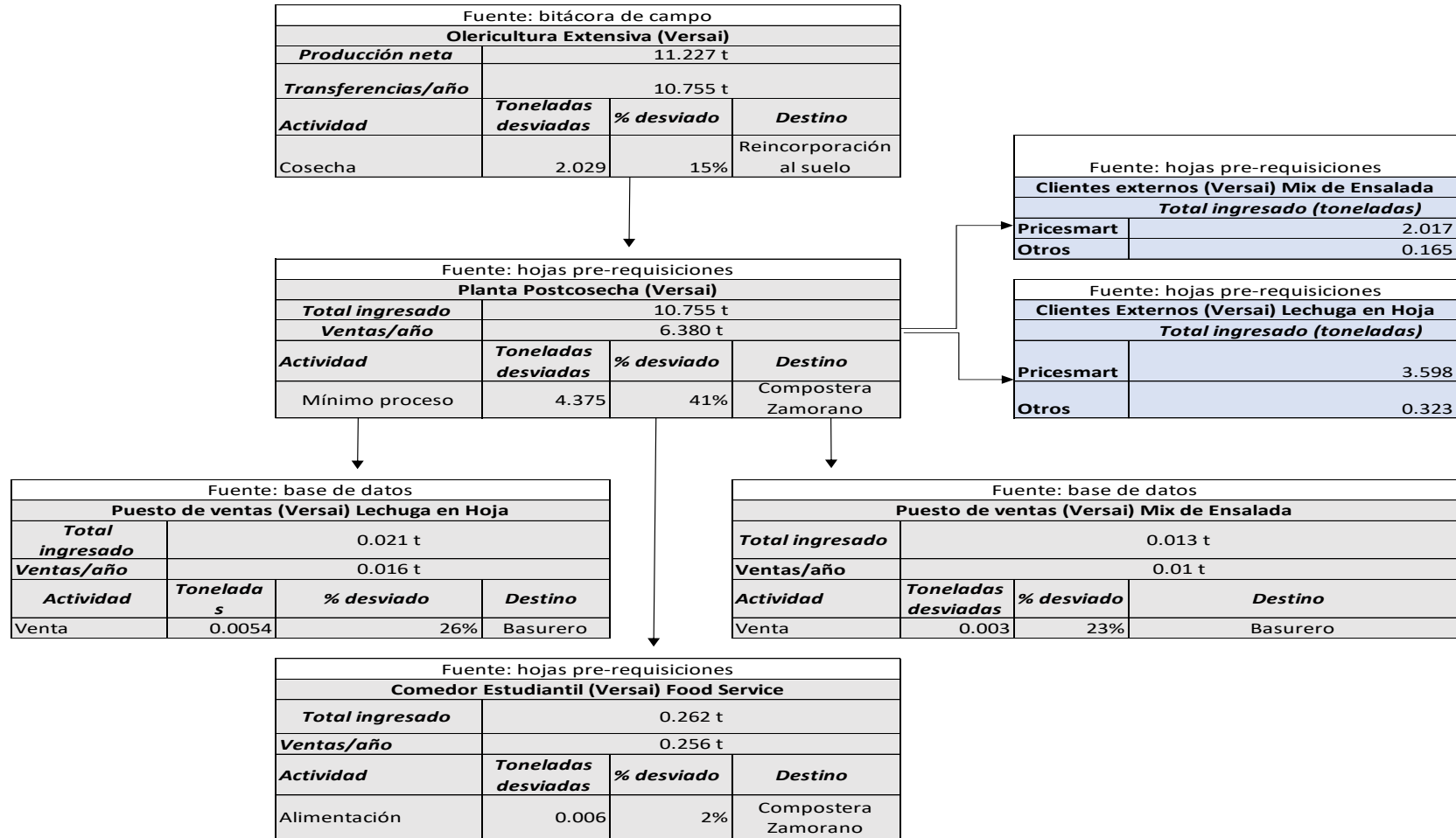
Pérdidas de lechuga Kristine RZ en olericultura extensiva

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Cosecha	6.73	23%	Reincorporación al suelo
Producción neta		21.938 t	
Transferencias/año		19.74 t	

En el diagrama de flujo cuantitativo para lechuga Versai (Figura [3]), se muestra el orden secuencial que sigue su cadena de suministro; desde campo hasta comercialización. Los datos para completar este diagrama de flujo fueron recolectados de la bitácora de campo de la unidad de olericultra extensiva, de las hojas de pre-requisición de planta postcosecha y de la base de datos del puesto de ventas Zamorano. Así mismo, se tomó en cuenta el total ingresado de los clientes externos de las ventas de planta postcosecha.

Figura 3

Diagrama de flujo cuantitativo para la cadena de suministro de lechuga (Versai RZ) en Zamorano



La producción de lechuga Versai RZ se da en menor porcentaje (7% de la producción total de hortalizas en Zamorano), lo cual significa que se obtenga menos toneladas de pérdidas en comparación con la variedad de lechuga Kristine RZ. La cosecha total de esta variedad de lechuga fue de 11.227 toneladas/año, haciendo un total de 41.924 toneladas/año de producción total de las variedades de Kristine RZ y Versai RZ juntas. La cosecha total para la venta fue de 10.755 toneladas. El 15% de la cosecha total de lechuga Versai RZ, fue dejada en campo, ocasionando un total de 2.029 toneladas de pérdidas. Así mismo con esta variedad, la lechuga dejada en campo se reincorpora al suelo luego de cosecha. Posteriormente a su cosecha, la lechuga es pesada en campo y trasladada a planta postcosecha por el camión designado al transporte de la materia prima/productos de planta hortofrutícola postcosecha (Cuadro [5]).

Cuadro 5

Pérdidas de lechuga Versai RZ en olericultura extensiva

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Cosecha	2.029	15%	Reincorporación al suelo
Producción neta		11.227t	
Transferencias/año		10.755 t	

Según el cuadro [6], las pérdidas de lechuga Kristine RZ en planta postcosecha fueron de 8.049 toneladas en el año, lo cual equivale a un porcentaje de 41% del total de lechuga Kristine RZ de las 19.741 toneladas de lechuga Kristine RZ que entró a planta. Hubo un total de ventas de 11.692 toneladas y. En campo, la lechuga Kristine RZ destinada a planta postcosecha tuvo un peso total de 21.938 toneladas. Sin embargo, existe una diferencia entre el peso reportado por campo con el peso reportado por planta postcosecha. La diferencia de peso fue de 2.197 toneladas el cual se le atribuye a la pérdida de agua del cultivo en el transporte de campo hacia la planta postcosecha. Hubieron ventas de productos contenientes de lechuga Kristine RZ los doce meses del año, donde 0.21% fue

destinada para el producto de Mix de Ensalada para el puesto de ventas, 4.5% a Food Service para el comedor estudiantil y 0.3% para Lechuga en Hoja destinada al puesto de ventas Zamorano.

Cuadro 6

Pérdidas de lechuga Kristine RZ en planta postcosecha

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Mínimo proceso	8.049	41%	Compostera Zamorano
Total ingresado		19.741 t	
Ventas/año		11.692 t	

Para la producción de productos contenientes de lechuga Versai RZ, se utilizaron un total de 10.755 toneladas, en donde solo 6.380 toneladas de lechuga se destinaron a la venta de los subproductos, convirtiéndolo en pérdidas de 41% del total ingresado a planta (Cuadro [7]). En campo, la lechuga Versai RZ tuvo un peso de 11.227 toneladas, obteniendo una diferencia de 0.472 toneladas entre el peso en campo y peso en planta postcosecha. La diferencia de peso le corresponde a la pérdida de agua (evapotranspiración) una vez se cosecha y transporta a planta postcosecha. El 5% de las ventas totales se destinó al producto Food Service del comedor estudiantil, el 0.3% al producto de Mix de Ensalada y el 0.5% para el producto de lechuga en hoja destinados al puesto de ventas de Zamorano.

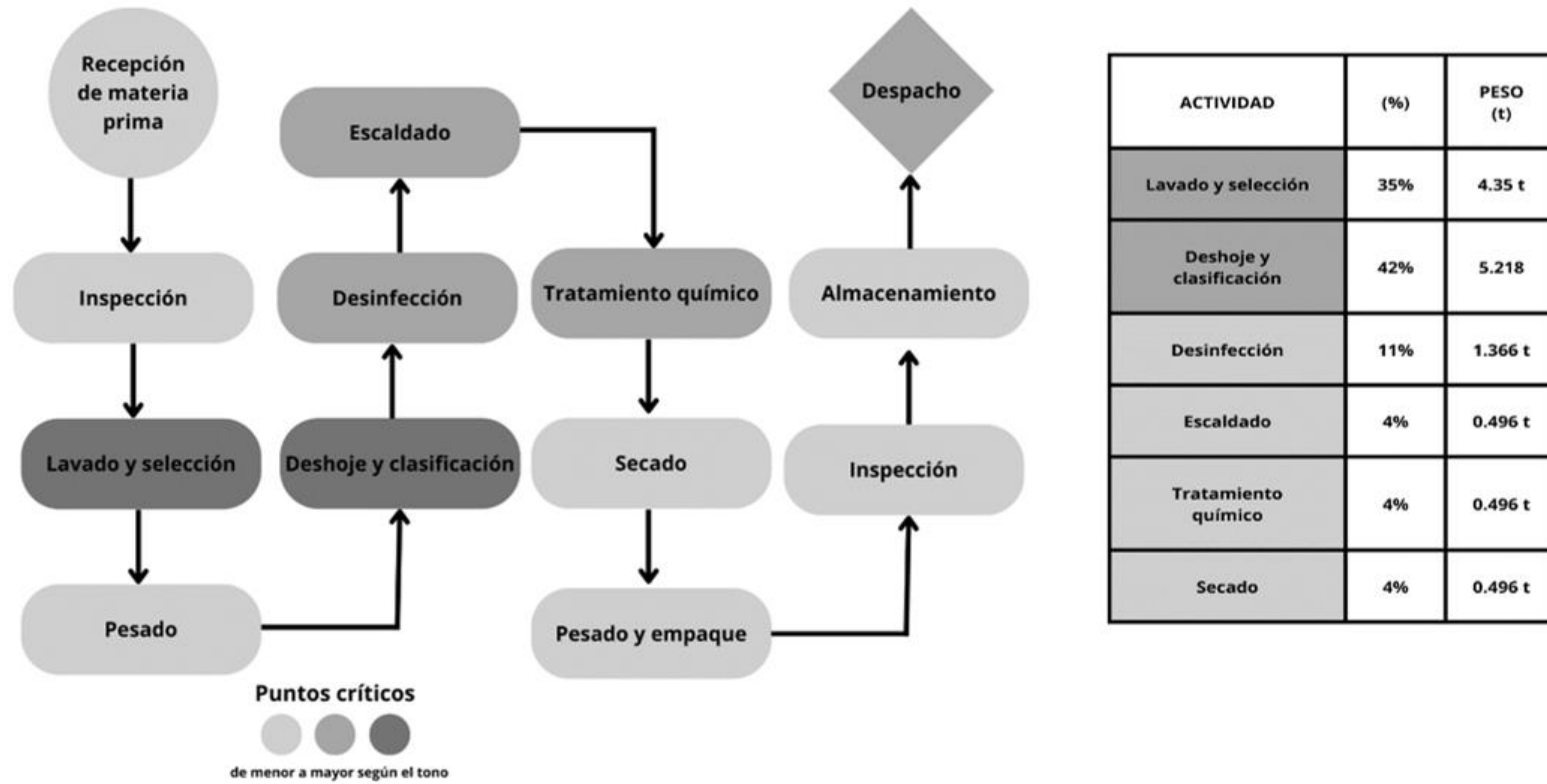
Cuadro 7*Pérdidas de lechuga Versai RZ en planta postcosecha*

<i>Actividad</i>	<i>Toneladas desviadas</i>	<i>% desviado</i>	<i>Destino</i>
Mínimo proceso	4.375	41%	Compostera Zamorano
<i>Total ingresado</i>		10.755 t	
<i>Ventas/año</i>		6.380 t	

El total de pérdidas de lechuga Kristine RZ y Versai RZ en planta postcosecha fue de 12.424 toneladas en el año. En la figura [4] nos muestra el flujo de proceso de la lechuga una vez que entra a la planta hortifructícola postcosecha. La lechuga lleva un orden secuencial de recepción de materia prima, inspección, lavado y selección, pesado, deshoje y clasificación, desinfección, escalado, tratamiento químico, secado, pesado y empaque, inspección, almacenamiento y despacho. Según las estandarizaciones de la planta, el 35% de las pérdidas ocurre en lavado y selección, siendo un equivalente de 4.35 toneladas perdidas. En deshoje y clasificación, se pierde el 42% lo cual equivale a 5.218 toneladas. En desinfección, se pierde el 11% siendo este igual a 1.366 toneladas. En el proceso de escaldado, tratamiento químico y secado, se pierde el 4% en cada uno lo cual equivale a 0.496 toneladas de pérdidas de lechuga en cada etapa de esos tres procesos.

Figura 4

Diagrama de flujo de proceso para el lavado de la lechuga en planta postcosecha



Nota. Diagrama de flujo de proceso tomada del Manual de Procedimientos Operacionales Estandarizados de Planta Hortofrutícola Zamorano Postcosecha (2020).

En el comedor estudiantil, se registraron desperdicios de 0.014 toneladas en el año, siendo este el 2% del total de producto ingresado en el año. En el año se recibieron 0.611 toneladas de lechuga Kristine RZ en el producto Food Service, de esas toneladas que entraron, se consumieron 0.597 toneladas por los estudiantes. El 2% de la lechuga desperdiciada por el comedor estudiantil, es destinada a la compostera de Zamorano (Cuadro [8]). Debido a la falta de base de datos de cuanta lechuga se desperdició, se hizo un estimado de desperdicios usando una semana base. El total obtenido fue multiplicado por las semanas que los estudiantes estuvieron en campus haciendo uso de este servicio alimentario.

Cuadro 8

Desperdicios de lechuga Kristine RZ para Food Service en el comedor estudiantil

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Alimentación	0.014	2%	Compostera Zamorano
Total ingresado		0.611 t	
Ventas/año		0.597 t	

La variedad de lechuga Versai RZ del producto Food Service destinada al comedor estudiantil (Doris Stone) de Zamorano, reportó desperdicios de 0.006 toneladas en el año, siendo este un 2% de las 0.262 toneladas de lechuga que entraron al Doris Stone, de esas toneladas solo se consumieron 0.256 toneladas en total (Cuadro [9]). Los desperdicios de esta lechuga son destinados a la compostera de la universidad. El producto Food Service que se le destina a comedor estudiantil posee un 70% de lechuga Kristine RZ y 30% de lechuga Versai RZ.

Cuadro 9

Desperdicios de lechuga Versai RZ para Food Service en el comedor estudiantil

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Alimentación	0.006	2%	Compostera Zamorano
Total ingresado		0.262 t	
Ventas/año		0.256 t	

Como lo muestra la Figura [5], la lechuga Food Service que entra al comedor estudiantil cada semana, es puesta en bufeteras de manera que el estudiante es libre de servirse la cantidad que estime conveniente. Puesto que el producto es listo para el consumo, el desperdicio ocurre una vez que el estudiante se sirve cierta cantidad de lechuga y posteriormente, un porcentaje es dejada en la bandeja de comida, dirigiéndose al recipiente de desperdicios del comedor estudiantil para luego ser llevado a la compostera de Zamorano como desechos del Doris Stone.

Figura 5

Imagen del producto de lechuga Food Service puesta en bufeteras en el comedor



En el puesto de ventas se reportaron 0.013 toneladas desperdiciadas de lechuga Kristine RZ para el producto de lechuga en hoja que entra al puesto de ventas. Las toneladas desperdiciadas representan el 26% del total de lechuga que el puesto de ventas ordenó a planta (Cuadro 10). Ese año, se ordenaron un total de 0.07 toneladas de producto lechuga en hoja, donde 0.049 se le atribuye a lechuga Kristine RZ y 0.021 a lechuga Versai RZ.

Cuadro 10

Desperdicios de lechuga Kristine RZ en hoja en el puesto de ventas

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Venta	0.013	26%	Basurero
Total ingresado		0.05 t	
Ventas/año		0.04 t	

La variedad de lechuga Versai RZ reportó 0.0054 toneladas desperdiciadas de 0.021 toneladas que se pidieron a planta de postcosecha, lo cual equivale a un 26% de total de lechuga Versai RZ ingresado. En el año estudiado, se logró un total de 0.02 toneladas de ventas totales (Cuadro [11]). Los productos que no se lograron vender, siendo un total de 0.018 toneladas sumando las toneladas desviadas del cuadro [10] y [11], tienen como destino final el basurero del puesto de ventas, convirtiéndolo en desperdicios.

Cuadro 11

Desperdicios de lechuga Versai RZ en hoja en el puesto de ventas

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Venta	0.0054	26%	Basurero
Total ingresado		0.021 t	
Ventas/año		0.016 t	

Para el producto de mix de ensalada que va con destino al puesto de ventas, se reportaron desperdicios de 0.007 toneladas de desperdicio, lo cual representa el 23% del total de lechuga Kristine RZ que venía dentro del producto de mix de ensalada que solicitaron a planta postcosecha.

De las 0.03 toneladas que ingresaron al puesto de ventas, se vendieron 0.02 toneladas en el año (Cuadro [12]).

Cuadro 12

Desperdicios de lechuga Kristine RZ para mix de ensalada en el puesto de ventas

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Venta	0.007	23%	Basurero
Total ingresado		0.03 t	
Ventas/año		0.02 t	

La variedad de lechuga Versai RZ en el producto de mix de ensalada que se destinó al puesto de ventas, reportó un total de 0.003 toneladas de desperdicio. Eso equivale a un 23% del total de lechuga Versai RZ que entró al puesto de ventas. Ese año, dentro de las unidades de mix de ensalada solicitadas a planta, se encontraban 0.013 toneladas de lechuga de esta variedad, donde solo se logró vender un total de 0.01 toneladas en el año (Cuadro [13]).

Cuadro 13

Desperdicios de lechuga Versai RZ para mix de ensalada en el puesto de ventas

Actividad	Toneladas desviadas	% desviado	Destino
Venta	0.003	23%	Basurero
Total ingresado		0.013 t	
Ventas/año		0.01 t	

En la Figura [6] se muestra una imagen de la exhibición del producto de mix de ensalada en góndolas del puesto de ventas. Según reportes, el producto se mantiene en un rango de temperatura de 7-12 grados centígrados. Una vez el producto cumple con su vida anaquel, se vuelve un producto echado a perder y rechazado por los compradores lo que provoca que el puesto de ventas lo deseche con destino final al basurero del lugar, convirtiéndolo en desperdicios dentro de la cadena de comercialización.

Figura 6

Imagen del producto de lechuga mix de ensalada exhibida en góndolas del puesto de ventas en Zamorano

**Fase de Enfoque**

Teniendo claro el flujo de alimento cualitativo y cuantitativo del cultivo de la lechuga para las variedades de Kristine RZ y Versai RZ, se procedió a realizar una fase de enfoque haciendo un resumen del total de pérdidas y desperdicios de las dos variedades de la lechuga. Puesto que ambas se encuentran mezcladas en los tres productos diferentes que estamos evaluando, el desperdicio de las variedades se da por igual.

Según el Cuadro [14] del resumen de PDA en toneladas al año del cultivo de la lechuga, juntando las dos variedades, ambas tienen porcentajes de PDA de 41% en el área de postcosecha. Siendo el segundo lugar con mayor desperdicio, el puesto de ventas Zamorano con un 25% en relación con las toneladas echadas a perder en el año y lo total ingresado para ser comercializado. Posteriormente, se encuentra olericultura extensiva con un 21% de pérdidas en el año y por último, el comedor estudiantil Doris Stone con un 2%.

Cuadro 14

Resumen de pérdidas y desperdicios en toneladas en el año 2021 y porcentaje de PDA

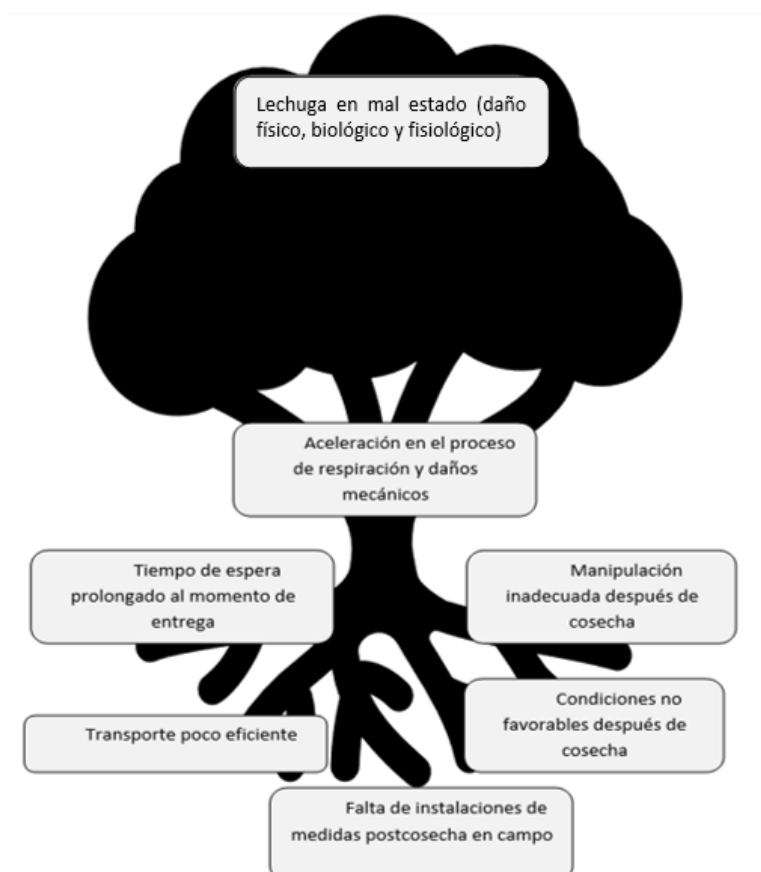
Agente	Actividad	Destino	Peso en toneladas/año	(%) PDA
Olericulutra extensiva	Producción	En campo Compostera	8.759	21%
Planta Poscosecha Puesto de Ventas Zamorano	Procesamiento	Zamorano	12.424	41%
	Comercialización Servicio	Basurero Compostera	0.028	25%
Doris Stone	Alimentario	Zamorano	0.02	2%
	Total		21.231 toneladas/año	

Fase de Causa

Según la fase de enfoque, el área o la parte de la cadena de suministro donde ocurren mayores pérdidas de lechuga es al momento de postcosecha con un 41% de pérdidas durante todo el proceso, lo que equivale a 12.424 toneladas de lechuga Kristine RZ y Versai RZ echadas a perder en el año. Para poder atacar el problema, se debe de llegar a las causas y combatir las desde la raíz. Para llegar a la raíz, se hicieron una serie de preguntas de manera que se pueda construir un esquema de análisis de causa raíz para identificar que generó pérdidas en la planta postcosecha (Figura [7]).

Figura 7

Esquema de árbol de causas de las pérdidas de lechuga Kristine RZ y Versai RZ en planta postcosecha



Se realizó una serie de preguntas para poder llegar a la raíz de problema. Si bien es cierto, el 42% de la lechuga se pierde durante del proceso de deshoje y clasificación y en el proceso de lavado y selección, se pierde el 35%. Estos dos procesos, son los más críticos dentro del flujo de proceso de la lechuga. La razón principal de que se pierda tanto dentro de estas dos etapas de postcosecha es porque la lechuga ingresa con daños físicos (aplastamiento o magulladuras), biológicos (ataque de plagas), fisiológicos (hojas deformes, tallo torcido, puntas quemadas, etc.) y microbiológicos (pudrición), siendo esta la primera causa según lo muestra el diagrama mostrado en la figura [5]. Después de fijar esta razón como la primera causa de pérdidas en el proceso, se cuestionó al actor de la cadena de suministro la razón por la cual sucedían este tipo de daños, siendo el proceso de

respiración y daños mecánicos en el cultivo, la respuesta. Considerando estas dos problemáticas dentro del árbol de causas, se desencadenaron una serie de razones por la cual eso sucedía. Una de ellas es la manipulación que se le da a la lechuga en campo al momento de cosecharla, provocando magulladuras que crean necesidad de más deshoje en planta postcosecha. Aproximadamente, el tiempo de espera de la entrega de producto de campo a planta postcosecha, es de media hora. En ese lapso de tiempo, la lechuga es expuesta al sol creando una aceleración en el proceso de respiración del cultivo. Este cultivo afronta problemas básicos debido a su alta producción de etileno y proceso de respiración, produciendo deshidratación, oxidación y pérdida de peso, y de no ser controladas pueden conducir a la senescencia o deterioro de la calidad (Cano Acevedo, 2020).

Dicho esto, la raíz del problema vendría a recaer en la falta de condiciones adecuadas después de cosecha, siendo directamente influenciado por el manejo que se da en campo al momento del pesaje y al momento de ser transportado en un camión no refrigerado. En campo, luego de que la lechuga es cosechada, se ve afectada por la escasez de sombra y condiciones favorables que impidan el proceso de respiración del cultivo. Así mismo, al momento de ser transportado en un camión no refrigerado permite que el cultivo lleve a cabo su proceso de respiración y, por ende, perdiendo peso por la pérdida de agua. Después de la cosecha de los productos, en especial los hortícolas, si no se aplica ningún método postcosecha que evite las mermas, pueden presentarse grandes pérdidas en la calidad y cantidad de los alimentos que se han producido, provocando una disminución importante de hortalizas aptas para la comercialización y consumo (Chimborazo Pinguil, 2022).

Fase de Intervención

Una vez analizada toda la cadena de suministro de la lechuga, se debe de hacer una propuesta de las siguientes acciones que se deberían de tomar de manera que se pueda reducir el porcentaje de PDA en los procesos más críticos que la lechuga atraviesa. Según el árbol de causas, se

identificó que en el área de postcosecha se pierde una mayor cantidad del cultivo. Es por ello, que el árbol de causas fue enfocado a esa etapa de la cadena de suministro. Se identificaron las causas de las pérdidas en planta postcosecha, ocasionando el desglose de una serie de intervenciones de acuerdo con las causas destacadas en el esquema.

Actualmente, el transporte de planta de postcosecha que se encargaba de ir por el cultivo a campo y llevarlo a planta, no cuenta con refrigeración en la carrocería. Esto influye en dejar que la lechuga siga su proceso de respiración lo cual ocasiona su transpiración. No contar con las temperaturas adecuadas durante su transporte provoca pérdida de agua y peso y acorta su vida anaquel. Si se pudiera intervenir con la compra de un camión que contenga una carrocería refrigerada (Anexo [2]), permitiría conservar la calidad de la lechuga teniendo en cuenta las condiciones ambientales adecuadas que permitan reducir la velocidad de degradación de la calidad mediante la disminución de la actividad fisiológica y bioquímica de los productos hortofrutícolas, y disponer de ellos por períodos más prolongados de los habituales (Cuadro [15]). De tal manera, se podrán reducir pérdidas al mínimo procesar el cultivo y durante su comercialización (Martínez Zafra, 2020). La cotización para llevar a cabo esta compra se encuentra detallada en el anexo 6.

Cuadro 15

Intervención para causa de transporte poco eficiente

Causa	Categoría	Etapa	Intervención
Transporte poco eficiente	Tecnología	Transporte - postcosecha	Compra de camión con carrocería refrigerada

En campo, una vez la lechuga es cosechada, empieza su proceso de respiración ocasionando que ocurra una mayor transpiración por la temperatura del ambiente durante el pesaje y por la exposición al sol. Para evitar que el cultivo se deteriore más rápido, al momento de pesarlo, se debería de hacer dentro de una cámara de enfriamiento evaporativo llamado "Cold Store" (*Charcoal*

Evaporative Cooler) con capacidad de almacenamiento de 600 kg a 800 kg de producto, ha demostrado disminuir la temperatura hasta 7°C comparado al ambiente. Esta tecnología de enfriamiento evaporativo es una manera sostenible de preservar el cultivo puesto no requiere de energía externa y funciona mediante el principio básico de enfriamiento por evaporación (Cuadro 16). Por medio de viento y temperatura el agua líquida cambia a un estado gaseoso, reflejando una reducción de la temperatura entre 10°C y 15°C, incrementando la humedad relativa hasta un 95% dentro de las cámaras evaporativas en relación al ambiente (Avecillas U, 2015). Los costos de producción pueden apreciarse detalladamente en el Anexo [5].

Cuadro 16

Intervención para causa de falta de instalaciones de medidas postcosecha en campo

Causa	Categoría	Etapa	Intervención
Falta de instalaciones de medidas postcosecha en campo	Tecnología	Postcosecha en campo	Construcción de cámaras con enfriamiento evaporativo "Cold Store" de carbón

Conclusiones

El protocolo de “Efficient Food Loss & Waste” fue aplicado desde la fase de alcance hasta la fase de intervenciones por medio de la herramienta en Microsoft Excel encontrada en la página web del consorcio y demostró ser una herramienta muy útil al momento de analizar y cuantificar las pérdidas y desperdicios del cultivo de la lechuga en las cadenas de suministro de alimentos (producción, postcosecha, comercialización y servicio alimentario) seleccionados para llevar a cabo esta investigación.

De acuerdo con los resultados dados al implementar el protocolo en el cultivo de la lechuga para la variedad de Kristine RZ y Versai RZ, se ha identificado que el mayor porcentaje de pérdidas se encuentra en la etapa de postcosecha con 41%. Sin embargo, aunque pérdidas y merma son usados bajo el mismo contexto, las pérdidas en planta postcosecha se le atribuye como merma puesto que es todo lo que se pierde en el proceso de producción de manera inconsciente. En otras palabras, se considera la diferencia del inventario y el producto disponible (Vitalino, 2019).

Para poder reducir el PDA, en la fase de enfoque se concluye que la parte de la cadena de suministro más crítica fue la de postcosecha. Siendo este un punto de partida para poder identificar las principales causas de las pérdidas y poder proponer intervenciones. Las principales causas se derivan de un transporte poco adecuado para movilizar hortalizas y por la falta de instalaciones adecuadas para mantener el cultivo fresco en campo luego de cosecha y durante su pesaje. Identificadas las principales causas, se llegó al punto de proponer la compra de un camión con carrocería climatizada y la construcción de una cámara de enfriamiento evaporativo llamado “Cold Store” (*Charcoal Evaporative Cooler*) (Anexo [3]).

Además de reportar pérdidas altas en planta postcosecha, se registraron desperdicios a nivel de comercialización con un 25% de PDA. Luego del puesto de ventas, olericultura extensiva con un 21% y, por último, está el comedor estudiantil con un 2%. Siendo el puesto de ventas el segundo agente con mayor porcentaje de PDA se concluye que se vio afectada por la incertidumbre de ventas

en el año 2021 por consecuencia de la pandemia del COVID-19. Aunque esta parte de la cadena de suministro muestre un volumen bajo en comparación con los otros eslabones, su porcentaje de la PDA sigue siendo relevante debido a la relación que existe entre la cantidad ingresada y la cantidad desperdiciada. Cabe recalcar que, los productos llevados al puesto de ventas (mix de ensalada y lechuga en hoja) no poseen publicidad alguna para los consumidores, siendo esta un impedimento para lograr atraer a los clientes el día de la disponibilidad del producto lo cual pudo haber estado ocasionando los desperdicios. En el año analizado, las góndolas del puesto de ventas se mantenían de 7-12 grados centígrados, provocando que el producto redujera su vida anaquel.

Recomendaciones

La implementación de este protocolo busca impactar positivamente en la cadena de suministro del cultivo reduciendo la PDA en los diferentes procesos. Es por ello por lo que se recomienda realizar los cambios en las diferentes unidades para poder incluir y llevar a cabo las intervenciones mencionadas en la última fase del protocolo. Puesto que este estudio analizó el año 2021 y se ejecutó en el 2022, las intervenciones deberían de llevarse a cabo en el 2023 para posteriormente realizar un análisis comparativo del año estudiado en esta investigación con el próximo ya con sus intervenciones aplicadas.

Anticipadamente para llevar a cabo las intervenciones, se debe de realizar un análisis costo-beneficio de las intervenciones propuestas. Las ideas dadas (camión con carrocería climatizada y construcción de cámaras de enfriamiento "Cold Store") se hicieron base a la necesidades de los procesos y pueden tener varias alternativas, por lo que realizando este análisis ayudaría a la toma de decisiones para permitir realizar la evaluación de un proyecto, mediante el cual involucra, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable (Álvarez Enciso et al., 2019).

En la etapa de comercialización del producto, debería de haber una mejor comunicación del puesto de ventas hacia los consumidores sobre la disponibilidad de los productos de lechuga en hoja y mix de ensalada en góndolas. Estos productos carecen de publicidad alguna, por lo cual se recomienda crear una página en las redes sociales que permita notificarle al cliente de manera más accesible sobre la disponibilidad y novedades de productos. Por otro lado, las góndolas para preservar los productos se mantuvieron de 7-12 grados centígrados en el año 2021, para mejorar y alargar su vida anaquel, se deberían de mantener de 5-7 grados centígrados.

El comedor estudiantil presentó un 2% de PDA. Aun siendo un porcentaje insignificante en comparación con los otros eslabones de la cadena de suministro, se pueden realizar acciones efectivas para reducir la PDA a nivel de servicio alimentario. Una vez la lechuga es puesta en

bufeteras para los estudiantes que visitan el comedor Doris Stone, se pierde el control de evitar desperdicios a nivel de consumo. Se han creado campañas de concientización para reducir el desperdicio de comida y motivar al consumidor a solo servirse lo necesario. No obstante, son pocos los desperdicios que se pueda llegar a reducir con señales de consumo consciente. Como respuesta a ello, se debería de hacer cambios más profundos y radicales. Una de las alternativas para convertir el desperdicio de lechuga en algo útil como la creación de fertilizantes naturales o alternativa para la alimentación animal de porcinos, aves, caprinos o rumiantes. En algún caso extraordinario, los residuos de lechuga pueden ser apartados para transformar y fabricar materiales industriales completamente biodegradables y libres de tóxicos a partir de residuos vegetales agrícolas. A base de las pérdidas y desperdicios de la lechuga, se pueden elaborar bandejas, platos y vasos desechables hecho de material completamente biodegradable, mejorando la fórmula para la creación de biomasa (Tashiguano E., 2020).

Por otro lado, se recomienda ampliar el alcance del estudio de manera que se pueda cuantificar desperdicios por los clientes externos de planta postcosecha. Para ello, se deben de tener registros claros y completos del total ingresado y total de ventas al año. Al realizar nuevamente este estudio, se sugiere abarcar datos de dos años o más para poder tener una mejor visualización sobre las causas de pérdidas y desperdicios del producto alimenticio en foco. Al contar con una mejor visión de la PDA dentro de la cadena de suministro de un producto alimenticio en particular, se deben de proponer intervenciones conforme a la causa-raíz planteada.

Referencias

- Álvarez Enciso, L. P., Mendoza Rincón, J. y Navarro Oquendo, L. M. (2019). *Costo/Beneficio como estrategia para la toma de decisiones del SG-SST para el sector hotelero de la localidad de Usaquén* [Tesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios; Posgrado (Virtual y a Distancia); Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo]. repository.uniminuto.edu. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/8160>
- Avecillas U, L. C. (2015). *Análisis comparativo de dos tecnologías de enfriamiento evaporativo cero energía, dirigido a pequeños productores hortofrutícolas* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4495>
- Cano Acevedo, Y. (2020). *Evaluación de la incidencia de las operaciones unitarias en el comportamiento fisiológico de hortalizas mínimamente procesadas* [Tesis]. repository.unilasallista.edu.co. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2706>
- Chimborazo Pinguil, C. L. (2022). *Análisis del manejo postcosecha en lechuga (lactuca sativa) y col (brassica oleracea) comercializados en los centros de distribución del Cantón Cañar* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Chimborazo; Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba]. dspace.unach.edu.ec. <https://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9253>
- Consortium for the Innovation in Post-Harvest Loss & Food Waste Reduction (2019). *Preserving nutrients, improving livelihoods, and realizing an efficient food system*.
- Martínez Zafra, M. T. (2020). *Monitorización de las variables ambientales durante el transporte de productos perecederos para estimar en tiempo real las pérdidas de calidad* [Tesis, María Teresa Martínez Zafra, Cartagena, España]. repositorio.upct.es. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/8813>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019a). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019b). *Progresos en la Lucha Contra la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Plataforma técnica sobre la medición y la Reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos*. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/>
- Ovalles, J., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6300059.pdf>
- Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A. y Gómez Merino, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(1), 175–189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857>

- Poorman, K. (2021). Efficient Food Loss & Waste Protocol User Group. <https://sites.google.com/iastate.edu/phlfrwreduction/home/blog/efficient-food-loss-waste-protocol-user-group?authuser=0>
- Saavedra, G., Corradini, F. y Antúnez, A. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Manual. Chile. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29500>
- Tashiguano E., V. M. (2020). *Revisión de literatura y propuesta de un laboratorio de innovación y desarrollo de materiales biodegradables en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6936>
- Vitalino, B. (2019). *Gestión de mermas en los restaurantes del distrito de Miraflores Lima – Perú* [Tesis, Lima, Perú]. repositorio.usil.edu.pe. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/d75329d2-c98b-4e6d-bf0a-47e43e9e2ec0/full>
- Xicay X., A. E. (2021). *Validación del protocolo Efficient Food Loss & Waste en lechuga (Lactuca sativa) variedades Kristine y Versai en Zamorano* [Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7103>

Anexos

Anexo A

*Formato para llevar a cabo el flujo de alimentos cuantitativo de las diferentes cadenas de suministro
en la lechuga*

title in the SCL box			
Sales/selected time period (in tonnes)		... (tonnes)	
Activities	Weight	% Deviated	destination
...		... %	...

Anexo B*Desperdicios de lechuga en la compostera de Zamorano*

Anexo C

*Intervención de compra de camión con carrocería refrigerada para el transporte adecuado de
hortalizas*



Fuente: Isuzu Motors, 2022.

Anexo D

Intervención de construcción de cámara de enfriamiento evaporativo "Cold Store" (Charcoal Evaporative Cooler) en campo



Fuente: Avcillas, 2015.

Anexo E

Costos para la construcción de cámara de enfriamiento a base de carbón

COSTOS COLD STORE				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo/unidad Lempiras	Costos
Carbón U. Forestales	120	Libra	10.00	1,200.00
Carbón venta externa	300	Libra	3.33	1,000.00
Mano de obra y materiales	-	Contrato	-	5,000.00
			Total lempiras	7,200.00
			Total dólares	342.86

Fuente: AVECILLAS, 2015

Anexo F

Cotización de camión con carrocería refrigerada para planta postcosecha




Fecha: miércoles, 04 de agosto de 2021
 Señores: Escuela Agrícola El Zamorano
 Atención: Sr. Melvin Alvarado Cel.9985-4304
 Dirección: Honduras C. A

Vehículo: ISUZU CAMION CHASSIS DE 16 PIES DE LARGO
Modelo: NPR71L-KJ5VAY
Motor: 4,570 cc, diesel inyección directa. OHC. De 121 Hp. EURO I
Capacidad: Cabina 3 personas, chasis para 6.0 Ton. (12,000 Lbs.).
Transmisión: De (5) velocidades y marcha atrás.
Frenos: De tambor, circuito hidráulico doble y servo vacío.
Llantas: Siete (7), 7.00R16-(10), de labor comercial, lisas.
Tanque: 100 Litros de combustible (27 Galones).
Dirección: Completamente Hidráulica / Telescópica.
Alternador: De 24V, 50 A.

Extras: Cabina abatible, provisión parlantes, espejo de seguridad, ventiladora, espejos interiores y exteriores, freno al motor, doble filtro de combustible con sedimentador, tratamiento anticorrosivo, herramientas, cenicero, encendedor, bumper, seguro al timón, soleras, loderas, bandeja, apoya cabezas, manual de mantenimiento, luces de neblina, cinturones 3/2 puntos, desempañador, pito doble nota, tapón tanque con llave, alarma sonora retroceso, asideras, compensador de altura, embrague asistido, tacómetro.

Precio Con Impuesto \$ 33,000.00

Precio Dispensado \$ 27,502.00

NOTA: No incluye gastos de matrícula
Entrega:
Respaldo: Garantía de fabrica, servicio de taller y repuestos
Validez: 05 días hábiles a partir de la fecha.

Atte.

Gilberto López Cel.3171-9214
 Asesor de ventas
 Emilio J. Jaar & Cía. S. de R. L.