UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICUTURA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS ADMINISTRATIVAS

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LAS VAINAS DE OKRA (*ABELMOSCHUS ESCULENTUS)* DURANTE LA EXPORTACIÓN

ANTEPROYECTO DE TESIS

Presentado como requisito parcial previo a la realización

del trabajo de investigación

Por:

Maria José Herrera Alcerro

COMAYAGUA , COMAYAGUA ABRIL 2025

Caracterización y evaluación del comportamiento de los parámetros de calidad de la okra (*Abelmoschus esculentus)* durante la exportación

Por:

Maria José Herrera Alcerro

Mildre Eleazar Turcios. M.Sc.

Director de Tesis

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título académico

INGENIERÍA EN AGROEXPORTACIÓN

COMAYAGUA, **COMAYAGUA** **ABRIL 2025**

CONTENIDO

Pág.
CONTENIDO 3
INDICE DE TABLA 7
INDICE DE FIGURAS 7
INDICE DE ANEXOS 8
I. INTRODUCCION ix
II. OBJETIVOS xi
2.1 Objetivo General xi
2.2 Objetivos Específicos xi
III. HIPOTESIS xii
3.1 Hipótesis alternativa xii
3.2 Hipótesis nula xii
IV. REVISION DE LITERATURA 13
Capítulo 1. Introducción al cultivo de okra (*Abelmoschus esculentus*) 13
1.1. Origen y distribución geográfica y requerimiento del cultivo 13
1.2. Requerimientos nutricionales 15
1.3. Variedades cultivadas en Honduras y características morfológicas 15
1.3.1. Okra Clemson Spineless (Americana) 15
1.3.2. Okra Hindú 16
1.5.3. Okra Esmerald o Esmeralda 16

1.5.4. Okra Annie Oakley 16
1.6. Importancia nutricional y usos 16
Capítulo 2. Importancia de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en la Agroexportación .....
..... 18
2.1. Producción y comercio mundial 18
2.2. Panorama de la exportación en Honduras 19
2.3. Principales destinos y demanda internacional 20
2.4. Retos logísticos y comerciales en la exportación de okra (*Abelmoschus esculentus*)
..... 21
Capítulo 3. Parámetros de calidad en okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación. 22
3.1. Parámetros físicos 22
3.2. Parámetros químicos 23
3.2.1. pH en la okra 23
3.2.2. Solidos solubles totales 24
3.3. Parámetros biológicos 25
3.3.1. Presencia de trips 25
3.3.2. Presencia de hongos 26
Capítulo 4. Cambios postcosecha en la cadena logística de exportación de Okra (*Abelmoschus esculentus*) 26
4.1. Fisiología postcosecha de la okra 26
4.1.1. Producción de etileno 26
4.1.2. Respiración 27
4.1.3. Transpiración 28
4.1.4. Contenido de agua 29
4.1.5. Humedad relativa (HR) 29
4.1.6. Temperatura 30

Capítulo 5. Almacenamiento y transporte de okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación 31

5.1. Condiciones óptimas de transporte 31

5.2. Logística de exportación de okra (*Abelmoschus esculentus*) en Honduras 31

5.2.1. Transporte aéreo 31

5.2.2. Transporte marítimo 32

Capítulo 6. Técnicas de empaque de exportación de Okra (*Abelmoschus esculentus*) en Honduras 32

Capítulo 7. Uso de nuevas tecnologías de empaque en Okra (*Abelmoschus esculentus*) 34

7.1. Empaque con polietileno de baja densidad 34

7.2. Empaque con 1-metilciclopropeno en almacenamiento con atmósfera modificada 36

7.2.1. Atmósfera modificada (MAP) 36

7.2.2. 1-metilciclopropeno (1-MCP) 37

Capítulo 8: Evaluación económica del proceso de manejo postcosecha y empaque de okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación. 41

8.1. Impacto economico 41

8.2. Rendimiento de la Okra 42

V. MATERIALES Y METODOS 43

5.1 Lugar de investigación 43

5.2 Materiales y equipos 43

5.3 Método 46

5.4 Metodología 46

Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje 47

Selección de la muestra 47
Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte 47
Selección de la muestra 48
Etapa 3. Comportamiento de variables en tiempo y condiciones reales de transporte 48
Tratamiento A. Aplicación Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE") 49
Tratamiento B. Aplicación de (1-Metilciclopropeno + Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE") 50
Recolección de datos para el tratamiento A y B 50
5.5 Diseño estadístico 50
5.5.1. Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje 51
5.5.2. Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte 51
5.5.3. Etapa 3. Comportamiento de variables en tiempo y condiciones reales de transporte 52
5.6 Variables a Evaluar 52
5.6.1. Toma de datos de las muestras de la Etapa 1 Caracterización de la materia prima previo al embalaje 52
5.6.7. Toma de datos de las muestras de la Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte 58
5.6.8. Evaluación de costos parciales 59
VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 61
VII. PRESUPUESTO 65

VIII. BIBLIOGRAFIAS 67

Bibliografía 67

IX. ANEXOS 71

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la okra**.** 14
Tabla 2. Composición nutricional de las vainas de okra (100 g.). 17
Tabla 3. Países mayores productoras de okra a nivel mundial durante el 2021. 19
Tabla 4. Volúmenes de exportación de okra en Honduras. 21
Tabla 5. Tasa de respiración. 28
Tabla 6. Materiales y equipos a utilizarse en la investigación. 43
Tabla 7. Factores de estudio y sus niveles que influyen en la calidad de okra durante el tiempo de transporte. 48
Tabla 8. Matriz de combinación de factores y variables de estudio 51
Tabla 9. Instrumento de medición de cada una de la característica de los parámetros físicos, químicos y biológicos. 53
Tabla 10. Cronograma de actividades a realizar durante el desarrollo de la investigación 61
Tabla 11. Presupuesto de costos de materiales a utilizar en la investigación 65

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Volúmenes de exportación de okra en América 20
Ilustración 2. Embalaje convencional de Norteamérica. 33
Ilustración 3. Embalaje europeo para okra Hindú. 33

Ilustración 4. Embalaje europeo para okra Clemson. 33

Ilustración 5. Empaque de polietileno de baja densidad “PEBD-LDPE”..... 49

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de empacadora de okra. 71

Anexo 2. Registro de datos de Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje..... 72

Anexo 3. Registro de los parámetros de calidad físicos durante la Etapa 3. con tratamientos “A” y “B” de empaque en el destino final..... **¡Error! Marcador no definido.**

I. INTRODUCCION

En el contexto actual de la seguridad alimentaria global, la reducción de pérdidas postcosecha representa un desafío crítico para los países en desarrollo, donde más del 50% de las pérdidas de frutas y hortalizas ocurre durante las etapas de cosecha y manejo postcosecha, (Luchsinger, 2021; Marteau y otros, 2023). Entre los productos hortícolas emergentes con potencial en la agroexportación se encuentra la okra (*Abelmoschus esculentus*), una hortaliza tropical apreciada por sus propiedades nutricionales, bajo contenido calórico y riqueza en vitaminas, minerales y fibra dietética (vegaffinity, s.f.; Rabia Kanwal, 2020).

A nivel internacional, la okra tiene una alta demanda en mercados como Estados Unidos y Europa, exportándose principalmente en su forma fresca desde países tropicales como India, Nigeria, Malí y, en América Latina, Honduras, el cual se consolidó en 2022 como el principal exportador de okra fresca a Estados Unidos (SAG, 2022; AtlasBig.com, 2021). Esta creciente demanda ha impulsado la necesidad de fortalecer la cadena de valor de la okra, desde el cultivo hasta el destino final, enfrentando retos críticos en la logística, almacenamiento y conservación, debido a su naturaleza altamente perecedera y elevada tasa de respiración, (Dalva Paulus, 2021; FAO, s.f.)

La okra es principalmente susceptible a la pérdida de calidad por deshidratación, lesiones por frío, daño mecánico y deterioro micrbiológico, lo que puede reducir drásticamente su vida útil y comerciabilidad (Shaoli Huang, 2012). Su almacenamiento inadecuado, particularmente en condiciones de baja humedad o temperaturas fuera del rango óptimo (7–

10 °C), contribuye significativamente al deterioro físico, químico y microbiológico de las vainas, (Aconsa, 2022; Universidad de California, 2023).

Frente a esta perspectiva, surge la necesidad de implementar tecnologías postcosecha que prolonguen la vida útil y conserven la calidad de la okra durante el transporte internacional. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de materiales como el polietileno de baja densidad (PEBD) y tecnologías como la atmósfera modificada (MAP) y el 1-metilciclopropeno (1-MCP), pueden reducir significativamente la pérdida de peso, mantener la firmeza, prevenir la decoloración y minimizar la proliferación microbiana, (Rabia Kanwal, 2020; T.R. Ahlawat, 2016; Dalva Paulus, 2021).

En este contexto, la presente investigación busca caracterizar y evaluar el comportamiento de los parámetros de calidad de la okra durante la exportación, enfocándose en los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren a lo largo de la cadena logística. La importancia de este estudio radica en generar información científica que permita mejorar las prácticas de manejo postcosecha y contribuir a la reducción de pérdidas económicas en el sector agroexportador de Honduras, fortaleciendo su posición como líder en la exportación de okra fresca a nivel continental (SAG PRONAGRO, 2023).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Caracterizar y evaluar el comportamiento de los parámetros de calidad de la okra (*Abelmoschus esculentus*), determinando los cambios que ocurren a lo largo de la cadena logística durante el proceso de exportación.

2.2 Objetivos Específicos

Describir los cambios físicos, químicos y biológicos de la okra (*Abelmoschus esculentus*) empacada en función del tiempo.

Determinar la relación entre los parámetros de calidad de la okra (*Abelmoschus esculentus*) y su comportamiento postcosecha en función del tiempo en un ambiente controlado.

Comparar la pérdida de peso de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en función de material de empaque en tres etapas del flujo de proceso de exportación.

Evaluación de costos parciales en el proceso de exportación de okra (*Abelmoschus esculentus*).

III. HIPOTESIS

3.1 Hipótesis alternativa

El manejo postcosecha en las vainas de okra (*Abelmoschus esculentus*) influye en los cambios de los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos durante el proceso de exportación.

3.2 Hipótesis nula

El manejo postcosecha en las vainas de okra (*Abelmoschus esculentus*) no influye en los cambios de los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos durante el proceso de exportación.

IV. REVISION DE LITERATURA

La okra (*Abelmoschus esculentus*) es un cultivo de importancia comercial creciente en el sector agroexportador de Honduras debido a su valor nutricional y demanda en el mercado internacional. Sin embargo, su naturaleza altamente perecedera representa un reto para su almacenamiento y distribución, especialmente en la cadena de exportación. Esta revisión analiza los estudios previos sobre la caracterización y evaluación de los parámetros de calidad de la okra, así como los factores que influyen en su deterioro postcosecha y las estrategias de mitigación aplicadas a la exportación.

Capítulo 1. Introducción al cultivo de okra (*Abelmoschus esculentus*)

1.1. Origen y distribución geográfica y requerimiento del cultivo

Según, (Botanical-Online, 2024) la okra es denominada en algunos lugares como Quimbombó, okra o Quiabo, se cree que es originaria de África del Norte. Las primeras plantas cultivadas se sitúan en el centro de la antigua Abyssinia (Ethiopia), África, India y el este mediterráneo. Luego fue llevada al continente Americano en 1700 d. C. distribuida en el Caribe, sur y norte América, especialmente a EE.UU. fue traída hace tres siglos a través del comercio de esclavos africanos (Elizabeth Tejada, 2019).

Tabla 1.Clasificación taxonómica de la okra**.**

Clasificación de la okra	
Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Orden	*Malvales*
Familia	*Malvaceae*
Género	*Abelmoschus*
Especie	*Abelmoschus esculentus (L.) Moench*

***Fuente*:** (Elizabeth Tejada, 2019)

La Okra, *Abelmoschus esculentus* L. (Moench), es una especie de la Familia *Malváceas*, que fue inicialmente clasificada por Linneo (1753), en el Género *Hibiscus*, Sección *Abelmoschus* y Familia *Malvácea*. La Sección *Abelmoschus*, posteriormente alcanzó el rango de género, (Elizabeth Tejada, 2019)

Se trata de una planta herbácea anual con un ciclo vegetativo de 90 a 100 días, con tallo leñoso, erecto y muy ramificado, de 1 a 2 metros de altura (Botanical-Online, 2024). Su fruto es erecto y alargado, de forma cónica que puede llegar a alcanzar los 30 cm de largo y los 3.5 cm de diámetro en su base. (MEFCCA, s.f.).

La okra tolerantes altas temperaturas y sequía. Sin embargo, crece mejor en condiciones cálidas y húmedas a temperatura entre 24 y 27 °C, con buena radiación solar. Se adapta a una amplia gama de suelo. Pero crece mejor en suelos sueltos, franco arenoso, bien drenados y con un buen nivel de materia orgánica., (MEFCCA, s.f.), requiere una asnm de 0 a 400m para las latitudes de Honduras, (Pedro Carbajal, 2000). Requiere suele mínimo 16°C, pH de 6-6.8, y preparación previa de 2-3 meses (MEFCCA, s.f.).

1.2. Requerimientos nutricionales

Para producir 15,000 libras de okra por manzana se necesita 237 lb de nitrógeno, 112 lb de fosforo y 257 lb de potasio, según los resultados del análisis del suelo y estas dosis de nutrientes servirán de orientación para un programa específico de fertilización, (Pedro Carbajal, 2000)

1.3. Variedades cultivadas en Honduras y características morfológicas

La producción de okra en Honduras se concentra en la zona sur del país, donde se cultivan dos variedades principales: Indú y Americana, en aproximadamente 3,500 manzanas de tierra, (SAG, 2022)

1.3.1. Okra Clemson Spineless (Americana)

La okra americana, de la variedad Clemson, es la okra más preferida en todo el mundo, tanto como en Norte América como Europa. Desarrollado originalmente en la Universidad de Clemson y mejorado en 1980 para una cosecha más temprana y productiva, (FRUVEGO, 2021).

La planta alcanza una altura de dos mts, los frutos tienen de 12 a 15 cm de largo, las vainas de esta variedad son caracterizadas por tener un verde intenso con 5 aristas no muy definidas, rectas, ligeramente estriadas, acanaladas con un sabor con mucho cuerpo se cosecha a los 45 o 50 días. Las vainas de esta variedad es mejor cosecharlas entre 7 y 10 cm para uso culinario (Pedro Carbajal, 2000), (FRUVEGO, 2021)

1.3.2. Okra Hindú

Las variedades de okra hindú es muy preferidas en pequeña escala, se ha desarrollado una preferencia en Norte América, pero alta demanda por clientes del Reino Unido, las vainas de esta variedad son de un atractivo color verde oscuro, con frutas que permanecen tiernas por más tiempo. El tamaño medio de la fruta es de 3,5 a 4 pulgadas y el peso medio de la fruta es de 9 a 10 g. Las frutas son brillantes, suaves y de forma pentagonal, (FRUVEGO, 2021).

1.5.3. Okra Esmerald o Esmeralda

La planta puede llegar a medir dos mts de altura, sus hojas son grandes y palmeadas, permite que su cosecha sea a los 45 o 55 días después de su siembra. Sus vainas son redondas sin espinas, de color verde intenso con 20 cm de largo, (Carbajal, 2000).

1.5.4. Okra Annie Oakley

Esta variedad es un hibrido sin espinas de altura media y alto rendimiento, sus vainas son de color verde claro y angulares. Presenta madurez temprana en sus vainas, permitiendo que a los 40 o 50 días después de la siembra se puede cosechas, (Carbajal, 2000).

1.6. Importancia nutricional y usos

Actualmente es un cultivo importante en los trópicos, subtrópicos y también, en las zonas templadas más cálidas. Es un cultivo favorito en el sur de los Estados Unidos de América, así como en áreas de África y el Mediterráneo, (Elizabeth Tejada, 2019), debido a que el fruto o la vaina de la okra es la parte de la planta que más se consume, aunque las hojas jóvenes también son comestibles. Las vainas inmaduras se utilizan para sopas, enlatados y guisados. Es mundialmente conocida por ser el ingrediente principal del platillo Gumbo

criollo de Louisiana al sur de Estados Unidos, teniendo un sabor similar a la berenjena (MEFCCA, s.f.).

Su uso es importante en la industria alimentaria por sus propiedades antioxidantes, debido al alto contenido de flavonoides, carotenoides y vitamina C. El mucílago de okra son polisacáridos que se utilizan como potenciadores de la viscosidad, espesantes y mejoradores de la textura en la industria alimentaria, (Rabia Kanwal, 2020).

Las vainas también se pueden envasar como verdes o secar para usar fuera de temporada. La raíz y el tallo se utilizan para clarificar el jugo de caña en la preparación de gura. La fibra vegetal se utiliza en las industrias textiles de yute y papel. Las semillas maduras se tuestan y se muelen para formar un sustituto de café libre de cafeína, (T.R. Ahlawat, 2016).

La composición química de la fibra de okra es de 67.5 % celulosa, 15.4 %. hemicelulosa, 7.1 % de lignina, 3.4 % de materia péptica, 3.9 % de materia grasa y cerosa y 2.7 % de extracto acuoso, (Nilesh Jain, 2012)**.**

Tabla 2. Composición nutricional de las vainas de okra (100 g.).

Composición	**Cantidad (g)**
Calorías	33.00
Carbohidratos	7.60
Proteínas	2.00
Fibra	3.20
Grasas	0.10
Sodio	8.00
Calcio	810.00
Hierro	0.80
Magnesio	0.00
Potasio	303.00
Fósforo	63.00

Composición	Cantidad (g)
Vitamina A	0.20
Vitamina B1	0.20
Vitamina B2	0.00
Vitamina B3	1.00
Vitamina B12	0.00
Vitamina C	21.20

***Fuente*:** (vegaffinity, s.f.)

La tabla 2 presenta la composición nutricional de 100 g de vainas de okra, destacando su valor como hortaliza rica en micronutrientes y compuesto funcionales. Se observa que la okra contiene bajas calorías (33 kcal), haciendo que sea ideal para dietas hipocalóricas. Posee un contenido significativo de fibra (3.2 g) y carbohidratos (7.6 g), contribuyendo a la salud digestiva y al suministro de energía. En cuanto a los minerales, sobresale por su alto contenido de calcio (819 mg) y potasio (303 mg), importantes para la salud ósea y muscular. Además, aporta vitamina C (21.1 mg) con propiedades antioxidantes, y cantidades moderadas de vitaminas del complejo B, como B1, B3, B12. Toda esta composición respalda el uso de la okra como alimento funcional y también como un producto de interés nutricional en el mercado agroexportador.

Capítulo 2. Importancia de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en la Agroexportación

2.1. Producción y comercio mundial

La okra (*Abelmoschus esculentus*) es una hortaliza de importancia en la alimentación de los países tropicales populares entre las poblaciones de Camerún, Ghana, India, Irak, Nigeria, Pakistán, Suiza, Emiratos Árabes Unidos, Guatemala, México y Estados Unidos

de Norteamérica (Botanical-Online, 2024). En el mercado internacional se comercializa okra fresca y congelada la cu la compone el 90% del total de comercialización, preferida por su larga duración, (Nicaragua B. C., s.f.).

Tabla 3. Países mayores productoras de okra a nivel mundial durante el 2021.

País	Producción (toneladas)	Producción por persona (Kg)	Superficie (Hectárea)	Rendimiento (Kg / Hectárea)
India	6,466,000	4.838	531,000	12,177
Nigeria	1,917,406.63	9.713	1,496,501	1,281.3
Malí	669,688	35.048	57,932	11,559.9

Fuente: (AtlasBig.com, 2021)

Según la base de datos de (AtlasBig.com, 2021) con datos de la FAO del año 2021 India es el mayor productor de okra del mundo con 6,466,000 toneladas de producción por año, seguido Nigeria ocupa el segundo lugar con 1,917,406.63 toneladas de producción anual y Malí es el tercer mayor productor de okra con 669,688 toneladas de producción al año.

2.2. Panorama de la exportación en Honduras

Según, (SAG, 2022), la okra es un cultivo hortícola con alto valor nutricional, ya que es bajo en calorías, libre de grasas, y rico en fibras, vitaminas y minerales, sin embargo, en Centroamérica se considera un cultivo no tradicional. A pesar de ello, Honduras a nivel del continente Americano en 2022 se posiciono como el principal exportador de okra fresca hacia los Estados Unidos, lideraba este mercado, con un rendimiento promedio de 12 toneladas métricas por hectárea, (SAG, 2022)



Ilustración 1. Volúmenes de exportación de okra en América

Fuente**:** *(SAG, 2022)*

La imagen 1. muestra la participación de destinitos países exportadores de Okra fresca al mercado EE.UU., en el periodo entre el 1 de enero y el 30 de abril del año 2022 según los datos presentados, Honduras se posiciona como como el principal proveedor de Okra fresca, logrado con un 60.64% de participación en el mercado EE.UU. en segundo lugar se encuentra México con un 19.99%, seguido por Nicaragua con un 9.40%. Este panorama afirma que el cultivo de Okra dentro del sector agroexportador de Honduras es un producto estratégico en el comercio internacional, siendo una oportunidad significativa para seguir fortaleciendo la cadena logística y asegurar la calidad del producto a lo largo del proceso postcosecha.

2.3. Principales destinos y demanda internacional

Los ˙nichos destinos de exportación de la okra son Estados Unidos y Europa. Se transporta por vía aérea o marítima por ser un producto altamente perecedero. El principal consumidor e importador mundial de la okra es Estados Unidos, que heredo la tradición de su consumo por grupos Étnicos localizados en la región sur del país provenientes de

Francia y África. Sus principales proveedores son México, Honduras y Nicaragua, (Nicaragua B. C., s.f.)

Tabla 4. Volúmenes de exportación de okra en Honduras.

Año	**Valor (en millones USD)**	**Volumen (TM)**
2020	33.00	31,553
2021	34.00	33,905
2022	29.40	31,029
2023	39.40	39,650

***Fuente*:** (SAG PRONAGRO, 2023)

En la tabla 4. se observa una tendencia creciente en el volumen de exportación, pasando de 31,553 TM en 2020 a 39,650 TM en 2023, lo que representa un incremento del 25.6 % en apenas cuatro años. Este crecimiento también se refleja en el valor económico de las exportaciones, con un aumento de 33.00 a 39.40 millones de USD, a pesar de una leve disminución en 2022

Principales destinos de las exportaciones de okra proveniente de Honduras en el año 2023: Estados Unidos (62%), Reino Unido (18%), Francia (11%), España (6%), Italia (2%), (SAG PRONAGRO, 2023).

2.4. Retos logísticos y comerciales en la exportación de okra (*Abelmoschus esculentus*)

Entre los retos logísticos del cultivo de okra, destaca su manejo postcosecha como uno de los principales ya que después de la cosecha estas verduras se vuelven bastante perecederas debido a su alto contenido de agua (90%) y su intenso metabolismo que se

caracteriza por una alta frecuencia respiratoria. Estos factores son el mayor problema en el almacenamiento de okra, ya que provocan que el producto tenga un período de almacenamiento corto y deterioro en los parámetros de calidad principalmente en condiciones inadecuadas de almacenamiento como alta temperatura y baja humedad relativa, porque estas condiciones permiten la pérdida de agua y el oscurecimiento de las frutas, depreciando así su valor comercial para el consumo, (Dalva Paulus, 2021)

Normalmente, la fruta de okra se comercializa en mercados libres o supermercados, y se almacena en condiciones inadecuadas sin control de temperatura o humedad, permitiendo la aparición de marchitamiento, pérdida de agua, depreciando su valor comercial. Ante esta problemática, se están utilizando diferentes técnicas para aumentar la vida útil de las frutas y verduras; Entre ellos se encuentran el aumento de la humedad relativa del aire, la disminución de la temperatura y la modificación de la atmósfera mediante el uso de envases o películas plásticas, (Jutarat Rattanakaran, 2021).

Capítulo 3. Parámetros de calidad en okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación.

3.1. Parámetros físicos

Según el BCN, (s.f.) las características físicas de una okra de calidad se definen por el color, la textura, peso y el tamaño. La okra se distingue por poseer consistencia firme sin estar magullado, secos y ser velloso al tacto. El color principal del fruto es un tono entre verde y verde oscuro, con pocas variedades que son de color blanco. La forma de la okra es corta y achatada o larga y delgada, con uno tamaño promedio de 19 a 25 cm. Es un

vegetal altamente perecedero, debe ser consumido entre 7 a 10 días después del corte, para preservar la calidad.

Shaoli Huang, (2012) evidencia que las condiciones de almacenamiento tienen un impacto concluyente en la calidad y la vida útil de la okra, por lo que indica que la temperatura ideal en el almacenamiento de refrigeración debe ser de 9°C o 48°F para evitar el desarrollo de daño por frio y así el deterioro de los parámetros de calidad físicos.

A temperaturas inferiores a 4 °C o 39,2 °F, la okra sufre daños por frío. Los síntomas típicos de la lesión por frío en la okra son decoloración, picaduras, lesiones empapadas de agua y aumento de la descomposición (especialmente después de la extracción a temperaturas más cálidas, como durante la comercialización), (Ndiritu, s.f.).

3.2. Parámetros químicos

3.2.1. pH en la okra

El pH es la medida cuantitativa de la acidez o la basicidad (también llamada alcalinidad) de una disolución, que se usa para simplificar expresiones complejas de la concentración de iones de hidrógeno. Esta simplificación permite establecer una escala de valores para esta medida que va del 0 al 14, en la que el número intermedio, el 7, expresa un pH neutro, el cual es el ideal para la proliferación de la mayoría de microorganismos, aunque cada uno tiene un nivel mínimo, uno óptimo y otro máximo para su crecimiento, pudiendo muchos de ellos crecer lentamente a niveles bajos, (Aconsa, 2022).

El pH es un factor determinante en el comportamiento microbiológico de los alimentos, ya que influye directamente en su capacidad para desarrollarse. El pH de las vainas de Okra según varía entre el siguiente intervalo 5.50 - 6.60, (Cooperative, 2017). Este

parámetro sitúa a las vainas de okra en un rango ligeramente acido, cercano a la neutralidad. Este intervalo resulta favorable para la proliferación microorganismos, dado que muchos de ellos encuentran condiciones óptimas de crecimiento en valores de pH cercano al neutro, en este sentido, la okra por su pH natural, se considera un alimento susceptible al deterioro microbiano si no se aplican barreras de conservación adecuadas

Así mismo, la actividad del agua combinado con otros factores intrínsecos del deterioro, como la temperatura y el pH puede favorecer o no a las reacciones microbiológicas y la calidad de estos alimentos, es decir, que puede aumentar su vida útil con una barrera de conservación. A la alteración del pH para reducir la proliferación de microorganismos a niveles más ácidos, que son en los que la mayoría éstos no pueden desarrollarse, se le llama acidificación, (Aconsa, 2022).

3.2.2. Solidos solubles totales

Uno de los indicadores de madurez más representativos es el comportamiento de los sólidos solubles o porcentaje de Brix en el néctar de las frutas. Dado que este néctar está compuesto en un 80 a 95% por azúcares, la medición del % Brix se convierte en un parámetro confiable para estimar el grado de madurez. Esto se debe a que, a medida que la fruta avanza en su proceso de maduración, la concentración de azúcares incrementa, lo cual se traduce en valores de °Brix más elevados al final de la maduración en comparación con las etapas iniciales, (Agricultura e hidroponía, Blog., 2020).

El valor ideal de SST en okra puede variar según la variedad y el estado de madurez, pero el estudio de Jairo De Ángel, (2018) caracterizo de froma fisicoquica la Okra y demuestra un valor de SST de 8 °Brix, considerandolo adecuado para su consumo.

3.3. Parámetros biológicos

3.3.1. Presencia de trips

Según Abellán, (2016), la Okra es susceptible a ataque de diversas especies de trips, entre ellas *Frankliniella occidentalis*, una plaga de alta importancia economica en la agroexportacion. Esta especie pertenece a la orden *Thysanoptera* y es considerada una plaga cuarentenaria en Estados Unidos y en la Union Europea, (FAO I. , 2022). Representa un riesgo para las exportaciones debido a las estrictas normativas fitosanitarias.

Los trips son insectos diminutos que miden entre 0.5 y 1.6mm, de cuerpo cilíndrico y delgado, con alas en forma plumillas y un aparato bucal del tipo picador-chupador/raspador, que les permite perforar los celulares vegetales para extraer su contenido. Esta alimentación ocasiona daños visibles en las plantas, como deformaciones, cicatrices y agallas en hojas, yemas, fallos, flores y frutos, afectando directamente la apariencia y calidad comercial de las vainas de okra, (Narrea, 2024)

Una de las principales amenazas que representa *Frankliniella occidentalis* es su capacidad de transmitir virus fitopatogenos, como el Virus del Bronceado del Tomate (TSWV) y el Virus de la Mancha Amarilla del Iris (IYSV), lo cual agrava su impacto sobre los cutivos. Ademas, esta especie posee una alta tasa de reproduccion, con hasta 150 huevos por hembra, lo que favorece el crecimiento explosivo de las poblaciones en condiciones favorables, (Narrea, 2024).

Su pequeño tamaña le permite dispersarse con facilidad mediante el viento y esconderse en grietas, bajo la coronilla del fruto, dificultando su detección y control. Asimismo, presentan una preferencia por las flores y el polen, lo que los hace especialmente activos durante la floración de los cultivos. *Frankliniella occidentalis* se desarrolla con mayor

rapidez en condiciones de altas temperaturas, por lo que su incidencia ha aumentado con el cambio climatico y las condiciones calidas en los meses de verano. (Narrea, 2024)

En el caso de la exportación de okra, esta plaga representa una amenaza directa, ya que las deformaciones que provoca en los frutos los hace no aptos para el comercio internacional. Lo que disminuye significativamente el rendimiento y la calidad de las vainas de okra.

3.3.2. Presencia de hongos

La Universidad de California (2023) ha reportado incidencia de pudriciones fúngicas de Rhizopus, Geotrichum y Rhizoctonia. Según Pedro Carbajal (2000) la Okra con pudrición de Rhizopus muestra coloraciones cafés, áreas blandas, pegajosas con pudrición amarga y con presencia de moho.

Las vainas tiernas se dañan fácilmente durante la cosecha, especialmente en las aristas, lo que provoca una decoloración marrón y negra antiestética y las pérdidas de calidad que ocurren durante la comercialización a menudo se asocian con daños mecánicos, pérdida de agua, lesiones por frío y deterioro lo que reduce la aceptabilidad de los consumidores, (Ndiritu, s.f.).

Capítulo 4. Cambios postcosecha en la cadena logística de exportación de Okra (*Abelmoschus esculentus*)

4.1. Fisiología postcosecha de la okra

4.1.1. Producción de etileno

El etileno es una hormona vegetal encargada del crecimiento y desarrollo de las frutas y vegetales, esta es responsable en buena parte de la maduración y envejecimiento del

producto. Las vainas de okra son frutas no climatéricas lo que significa que no tienen un pico de etileno ni un aumento drástico en la respiración tras la cosecha, sin embargo, la tasa de respiración es alta a partir de 15 °C (70.5 ml CO_2/kg·hr) y extremadamente alta a 20 °C (130.5 ml CO_2/kg·hr), (Universidad de California, 2023). Esto provoca una disminución en su vida útil, acelerando las perdidas en su calidad. (Manuel Técnico de Frutas Y Verduras , s.f.)

4.1.2. Respiración

Las vainas de okra, al igual que otras frutas y verduras frescas, continúan respirando y transpirando tras la cosecha, lo que afecta directamente su vida útil y calidad. La respiración es un proceso fisiológico mediante el cual el producto absorbe oxígeno y libera dióxido de carbono y agua, permitiendo generar energía (ATP) a partir de la oxidación de sus propias reservas de almidones y azucares. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen es el factor determinante de los días de vida luego de la postcosecha del producto, (FAO, s.f.).

Sin embargo, parte de esa energía produce calor que debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. Cuando el producto es empacado en un espacio cerrado, la eliminación del calor puede dificultarse, por lo que es importante la disipación del calor del producto fresco ya que la respiración consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad aumenta al incrementar la temperatura. En consecuencia, una vez que el producto comienza a calentarse, se estimula aún más la respiración y el calentamiento y de este modo se vuelve muy difícil de controlar la temperatura del producto, (FAO, s.f.).

Las vainas de okra tienen tasas de respiración muy altas.

Tabla 5. Tasa de respiración.

Temperatura	ml CO2>/kg·hr
5 °C (41 °F)	27-30
10 °C (50 °F)	43-47
15 °C (59 °F)	69-72
20 °C (68 °F)	124-137

***Fuente*:** (Universidad de California, 2023)

La tabla 5. muestra como la tasa de respiración de las vainas de okra, expresada en mililitros de CO_2 por kilogramos por hora (ml CO_2/kg h), varia significativamente con la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la respiración se intensifica de forma acelerada.

4.1.3. Transpiración

Las vainas de okra por 100 g de okra contiene 89,6 g de agua y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmosfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire que circula esta menos saturado, (FAO, s.f.).

El efecto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. La velocidad con que se pierde también será un factor determinante en la vida de postcosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito, (FAO, s.f.).

4.1.4. Contenido de agua

Según la FAO, (s.f.) las vainas de okra por 100 g de okra contiene 89,6 g de agua y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Esta elevada proporción de agua en el tejido vegetal hace que la okra sea especialmente sensible a la deshidratación. De acuerdo con T.R. Ahlawat, (2016), en la okra una perdida tan solo del 5 al 10% de agua puede causar una perdida grave en su calidad postcosecha, provocando reducción de la firmeza del tejido, perdida del brillo superficial, aumenta la incidencia de marchitez, disminuye el peso y acelera el deterioro fisiológico facilitando la aparición de daos mecánicos y microbiológicos.

La actividad de agua (AW) es el parámetro que mide la disponibilidad de agua libre en el alimento para que los microorganismos puedan proliferarse, en el caso de la okra su contenido de agua es alto, lo que la establece como un fruto altamente susceptible a desarrollar un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos, especialmente mohos.

4.1.5. Humedad relativa (HR)

La humedad relativa del ambiente es un factor determinante en la pérdida de agua por transpiración en productos frescos como la okra. A una temperatura dada, el aire solo puede retener una cantidad limitada de vapor de agua; cuando se alcanza ese límite, se dice que el aire está saturado (100% de HR), y cualquier exceso de vapor se condensa. El aire caliente puede contener mayor cantidad de vapor de agua que el aire frío, lo que implica que, si la humedad relativa del entorno es baja (por ejemplo, 50%), existirá un gradiente de presión de vapor entre el interior del producto (que mantiene una humedad cercana al 100%) y el aire exterior. Este gradiente provoca la migración del vapor de agua desde el producto hacia la atmósfera, lo cual genera pérdida de peso, marchitamiento y

disminución de la calidad visual y textural. Por tanto, para minimizar las pérdidas por transpiración y prolongar la vida útil postcosecha, es esencial almacenar productos como la Okra en ambientes con alta humedad relativa, idealmente entre el 90 y 95%, reduciendo así la deshidratación y manteniendo su turgencia y frescura por más tiempo, (FAO, s.f.)

4.1.6. Temperatura

La temperatura influye directamente sobre la respiración y si se permite que incremente la temperatura del producto, igualmente incrementará velocidad de la respiración, generando una mayor cantidad de calor. Así, manteniendo baja la temperatura, podemos reducir la respiración del producto y ayudar a prolongar su vida de postcosecha, (FAO, s.f.).

Para conservar su frescura, se puede almacenar hasta dos semanas a una temperatura de 7-10 °C o 45-50 °F y con una humedad relativa del 95% al 100%, (Universidad de California, 2023). Sin embargo, almacenar la okra a temperaturas por debajo de los 7 °C (45 °F) puede provocar su decoloración y pudrición. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 4 °C (39,2 °F), el producto es susceptible a sufrir daños por frío, los cuales se evidencian mediante manchas en la superficie, lesiones tipo picadura y descomposición. Incluso, mantener la okra a 4 °C durante solo tres días puede ocasionar un deterioro significativo. Además, el contacto directo con hielo puede generar manchas de agua en un lapso de 2 a 3 días, por lo que este método no debe emplearse para su enfriamiento. (Ndiritu, s.f.).

Este producto no se almacena comercialmente en atmósferas modificadas. Sin embargo, a las temperaturas de almacenamiento recomendadas, las concentraciones de CO2 de 4-10% pueden ayudar a mantener el color verde y reducir la decoloración y la descomposición en las vainas dañadas. Las concentraciones de CO2 superiores al 10%

pueden provocar sabores desagradables. Las bajas concentraciones de O2 (3-5%) reducen las tasas respiratorias, (Universidad de California, 2023)

Capítulo 5. Almacenamiento y transporte de okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación

5.1. Condiciones óptimas de transporte

Para conservar su frescura, la okra se debe transportar en contenedores refrigerados con preenfriamiento de aire forzado a una temperatura de 7-10 °C o 45-50 °F y con una humedad relativa (HR) de 95% al 100%, (Universidad de California, 2023).

5.2. Logística de exportación de okra (*Abelmoschus esculentus*) en Honduras

5.2.1. Transporte aéreo

Las vainas frescas de okra presentan una vida útil limitada, de aproximadamente 7 a 10 días, debido a su alta pérdida de agua posterior a la cosecha, lo que acelera su deterioro. Ante esta situación, empresas exportadoras en Honduras han optado por utilizar el transporte aéreo como estrategia para reducir el tiempo de traslado y preservar la calidad del producto. Un ejemplo destacado es la empresa FRUVEGO, la cual exporta okra durante todo el año desde los aeropuertos de Honduras y El Salvador hacia diversos países de Europa, como Francia, Italia, España, Portugal y el Reino Unido. Además, en el período de mayo a noviembre, FRUVEGO también realiza exportaciones hacia Norteamérica, específicamente a Estados Unidos y Canadá. Para garantizar la eficiencia

logística, la empresa cuenta con el respaldo de reconocidos proveedores de carga aérea como K+N, DHL, Amerijet y UPS, (FRUVEGO, 2021).

5.2.2. Transporte marítimo

El tránsito marítimo de okra desde Honduras hacia Norteamérica (EE. UU, Canadá) se realiza principalmente entre los meses de noviembre a mayo, con un tiempo estimado de transporte de 3 a 5 días. Esta ruta parte desde el puerto de Puerto Cortés, uno de los principales puntos logísticos del país. Para asegurar un traslado eficiente y confiable, las exportadoras hondureñas disponen de reconocidas líneas navieras como Crowley, Seaboard y Dole, consideradas entre las más fiables para el comercio marítimo entre Honduras y Norteamérica ya que tienen sistemas de monitoreo en la cadena de frío, (FRUVEGO, 2021).

Capítulo 6. Técnicas de empaque de exportación de Okra (*Abelmoschus esculentus*) en Honduras

A continuación, se presentan ilustraciones del empaque utilizado durante el proceso de exportación de las vainas de okra a los diferentes mercados o países destino, específicamente de la empresa exportadora FRUVEGO ubicada en el kilómetro 5 Tapaire, Choluteca, Honduras. Esto tomado en cuenta como una guía orientadora del tipo de empaque que se utiliza en algunas agroexportadoras de okra en Honduras.



Ilustración 2. Embalaje convencional de Norteamérica.

Fuente**:** *(FRUVEGO, 2021)*

Para el mercado norteamericano, la fruta se empaca en una caja de medio bushel de 7 kg, con 81 cajas por palet en transporte vía aérea y 135 cajas por palet para transporte vía marítima.



Ilustración 3. Embalaje europeo para okra Hindú.

Fuente: *(FRUVEGO, 2021)*

Para el mercado europeo, la okra tipo hindú se empaca en una caja de 4 kg, con 117 cajas por palet en transporte vía aérea.



Ilustración 4. Embalaje europeo para okra Clemson.

Fuente: *(FRUVEGO, 2021)*

Para el mercado europeo, la okra tipo Clemson se presenta en una caja de 5 kg, con 99 cajas por pale en transporte vía aérea.

Las vainas de okra se empaquetan en función de la longitud con las designaciones Fancy, Choice y Jumbo para las categorías de tamaño. La okra debe estar libre de defectos como hojas, tallos, vainas rotas, daños por insectos y lesiones mecánicas, (Universidad de California, 2023).

Capítulo 7. Uso de nuevas tecnologías de empaque en Okra (*Abelmoschus esculentus*)

Entre las tecnologías que se han estudiado se menciona:

7.1. Empaque con polietileno de baja densidad

Según Envaselia, (2018) el polietileno de baja densidad, conocido por sus siglas en español como PEBD y en inglés como LDPE (Low Density Polyethylene), es un polímero termoplástico perteneciente a la familia de los olefínicos. Está compuesto por múltiples unidades de etileno.

Entre sus principales cualidades, sobresale su alta flexibilidad, acompañada de una buena resistencia al impacto, a temperaturas elevadas y a diversas sustancias químicas. Visualmente, es un material de aspecto lechoso que, dependiendo de su grosor, puede llegar a ser casi transparente. El PEBD o LDPE es un material reciclable, identificado con el Código de Identificación Plástico número 4. Este material se emplea en la industria

alimentaria como en la producción de envases, tapones, cartones de leche (como parte de sus capas aislantes) (Envaselia, 2018)

Dalva Paulus, (2021) evidencia como distintos espesores de polietileno de baja densidad (PEBD) influyen en la conservación y calidad postcosecha de los frutos de okra, bajo varios periodos de almacenamiento. El estudio de Dalva Paulus, (2021). Este incluyó cinco tipos de empaque a una temperatura controlada de 10 ± 1 °C: sin recubrimiento plástico y con películas de PEBD de 10, 20, 30 y 40 μm de espesor, evaluadas en cinco tiempos de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días).

Los resultados indicaron que el uso de envolturas plásticas de PEBD permitió reducir la pérdida de peso, conservar mejor la firmeza del fruto, mantener más sólidos solubles y disminuir los cambios de color a los 21 días de almacenamiento, en comparación con los frutos que no se empacaron con película plástica. Entre los tratamientos, el empaque con PEBD de 30 micras (μm) se destacó al presentar la menor incidencia de pudrición, mejor aspecto visual a lo largo del tiempo, menores alteraciones de color, control del incremento de sólidos solubles y mayores niveles de clorofila, ácido ascórbico y compuestos fenólicos totales.

En consecuencia, el empaque con película de 30 μm de espesor fue el más eficaz para conservar los frutos de okra hasta 21 días bajo refrigeración. Este estudio demuestra que el espesor del PEBD influye significativamente en la preservación de la calidad de las vainas de okra, y sus resultados ofrecen una sugerencia útil para reducir las pérdidas postcosecha durante su comercialización.

Así mismo el investigador T.R. Ahlawat, (2016) evaluó el efecto de diferentes grosores de bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) y condiciones de temperatura sobre la conservación postcosecha de la okra. Para ello, utilizó bolsas de LDPE de 25, 50, 75 y

100 micras y cajas plásticas rígidas como control, almacenando las muestras a 12°C y 16°C con una humedad relativa del 95%. Cada bolsa contenía 500 g de okra, y las evaluaciones se realizaron en los días 4, 8 y 12 del almacenamiento, salvo la calidad visual general (OVQ), evaluada únicamente el día 8. En tal investigación midieron parámetros como la pérdida fisiológica de peso, las lesiones por frío, la tasa de respiración, la comerciabilidad y la calidad visual. T.R. Ahlawat, (2016) determinó que tanto el tipo de empaque como la temperatura influyeron significativamente en la conservación de la okra. El mejor tratamiento fue el uso de bolsas LDPE de 50 micras a 12°C, donde se observó la menor pérdida de peso (12.86%), menor tasa de respiración (54.22 mg CO_2/kg/h), baja incidencia de lesiones por frío (2.97%) y una alta comerciabilidad (99.91%). Además, este tratamiento mantuvo el color verde oscuro y la frescura del producto, reduciendo el amarillamiento y el ennegrecimiento de las costillas.

7.2. Empaque con 1-metilciclopropeno en almacenamiento con atmósfera modificada

7.2.1. Atmósfera modificada (MAP)

La conservación en atmósfera modificada también conocida como “Modified Atmosphere Packaging (MAP)” es una técnica que consiste en envasar alimentos en materiales que actúan como barreras al intercambio de gases, dentro de los cuales se ha alterado la composición del aire para disminuir la tasa de respiración del producto, frenar el desarrollo de microorganismos y ralentizar los procesos enzimáticos responsables del deterioro. Esta modificación del entorno gaseoso busca extender la vida útil del alimento. Según las necesidades del producto, se utilizan atmósferas con alto contenido de dióxido

de carbono (CO_2) y bajo nivel de oxígeno (O_2), lo que permite reducir la respiración del alimento y mantener sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas durante más tiempo, (Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008)

7.2.2. 1-metilciclopropeno (1-MCP)

Según PortalTECNOAGRICOLA, (2025) el 1-MCP (1-metilciclopropeno) es un regulador sintético gaseoso del crecimiento vegetal que actúa bloqueando la acción del etileno, una hormona que acelera la maduración y el deterioro de frutas y hortalizas. Su estructura química le permite unirse de manera fuerte e irreversible a los receptores del etileno en los tejidos vegetales, impidiendo así que esta hormona ejerza su efecto natural. Esta unión es tan eficaz que el 1-MCP tiene una afinidad por los receptores unas 10 veces mayor que el etileno.

El 1-MCP se patentó en 1996, seguido de un rápido registro y comercialización debido a su modo de acción no tóxico, su eficacia a bajas concentraciones y su fácil aplicación como gas. El impacto del 1-MCP en los procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados con la maduración de la fruta y los consiguientes efectos sobre la calidad durante los períodos de almacenamiento y vida útil pueden variar mucho según los diferentes tipos de frutas, duraciones de almacenamiento y condiciones de almacenamiento, (Jing Zhang, 2020)

Debido a este mecanismo, el 1-MCP ayuda a retrasar procesos como el ablandamiento, la pérdida de agua, el cambio de color y la degradación de almidones, lo que contribuye a prolongar la vida útil y la calidad comercial de los productos. La eficacia del 1-MCP depende del tiempo y temperatura de almacenamiento ya que no tiene efectos relevantes

a temperaturas bajas durante períodos cortos, pero sí es eficaz en conservación prolongada, (PortalTECNOAGRICOLA, 2025).

Según los informes, la relevancia toxicológica del 1-MCP no parece ser un problema. Sin embargo, el 1-MCP se utiliza en el sistema comercial denominado como; SmartFresh^{TM}, registrado en 38 países y comercializado en manzanas, kiwis, ciruelas, peras y caquis, tomates, melones, aguacates y plátanos. (Monika Dust, 2024)

Según PortalTECNOAGRICOLA, (2025), el 1-metilciclopropeno (1-MCP) fue incorporado oficialmente como sustancia activa autorizada en la Unión Europea mediante la Directiva 2006/19/CE de la Comisión, emitida el 14 de febrero de 2006, que modificó la Directiva 91/414/CEE del Consejo. Esta inclusión se basó en la evaluación de su eficacia y seguridad, permitiendo su uso en productos fitosanitarios, especialmente en tratamientos postcosecha para frutas y hortalizas. Posteriormente, con la entrada en vigor del Reglamento (CE) nº 1107/2009, que estableció un nuevo marco regulador para la autorización de productos fitosanitarios, se adoptó el Reglamento de Ejecución (UE) nº 540/2011 de la Comisión, el 25 de mayo de 2011, el cual consolidó y actualizó la lista de sustancias activas autorizadas, incluyendo al 1-MCP. Más adelante, el Reglamento de Ejecución (UE) Nº 533/2013, del 10 de junio de 2013, modificó el anterior reglamento para prorrogar el período de aprobación del 1-MCP, permitiendo su uso continuado mientras se realizaban nuevas evaluaciones conforme a los requisitos actuales. En conjunto, estas normativas han permitido regular de forma progresiva y controlada el uso del 1-MCP en la agricultura europea.

Rabia Kanwal, (2020) evaluó el efecto individual y combinado del regulador de crecimiento 1-metilciclopropeno (1-MCP) y el empaque en atmósfera modificada (MAP) sobre la vida útil poscosecha de la okra (Abelmoschus esculentus). Para ello, los

investigadores aplicaron distintos tratamientos a las vainas de okra y las almacenaron bajo dos condiciones: a temperatura ambiente (27 ± 2 °C) durante ocho días y a baja temperatura (7 ± 1 °C) durante veinte días, con una humedad relativa constante del 80-85%.

Rabia Kanwal, (2020) antes de iniciar los tratamientos, realizó un análisis inicial (día 0) para evaluar el estado de las vainas recién cosechadas. Posteriormente, las dividieron en dos grandes grupos, uno para cada condición de almacenamiento, y cada grupo fue fraccionado en cuatro lotes iguales correspondientes a los siguientes tratamientos: (1) control (sin tratamiento), (2) 1-MCP sin empaque, (3) MAP sin 1-MCP, y (4) 1-MCP + MAP.

Para la aplicación de 1-MCP, las muestras las colocaron en una cámara hermética de 110 litros de volumen, en la cual se liberó el gas a una concentración de 5 µL/L. Esta se generó mediante la activación de un polvo comercial SmartFresh™, con 0,14% de ingrediente activo, al que se le añadió agua caliente (45-50 °C), sellando inmediatamente la cámara y manteniéndola a 20 °C durante 16 horas.

Rabia Kanwal, (2020) en cuanto al empaque en atmósfera modificada (MAP), utilizó polietileno de baja densidad (LDPE) con un grosor de 30 µm, cuya permeabilidad había sido previamente evaluada en un ensayo preliminar. Este ensayo confirmó que el material permitía alcanzar concentraciones de gases adecuadas para la conservación de okra, es decir, entre 4-10% de CO_2 y 3-5% de O_2. Las vainas (363 ± 15 g por bolsa) fueron selladas en bolsas de LDPE de 36 × 25,8 cm. Al final de los periodos de almacenamiento, las concentraciones internas de gases se midieron con un analizador de gases. Los resultados arrojaron que, tras ocho días a temperatura ambiente, los niveles de O_2 y CO_2 eran de 3,85 ± 0,3% y 12,40 ± 0,4%, respectivamente. Mientras que, luego de veinte días a 7 °C, fueron

de 3,27 ± 0,2% y 8,71 ± 0,3%, lo que confirmó que el material permitía mantener una atmósfera aceptable para el estudio.

Según la investigacion de Rabia Kanwal, (2020) los resultados que obtuvieron demostraron que tanto el 1-MCP como el MAP, de forma individual o combinada, contribuyeron significativamente a mantener la calidad poscosecha de la okra. Estos tratamientos lograron inhibir el ablandamiento de los tejidos, la pérdida de viscosidad del mucílago, y la degradación del color (considerando parámetros como el ángulo de tono, el cambio total de color ΔE, y el índice de pardeamiento BI). El uso de MAP, con o sin 1-MCP fue particularmente efectivo en la reducción de la pérdida de peso durante el almacenamiento en ambas condiciones térmicas. Además, la combinación de 1-MCP y MAP permitió una mayor retención del ácido ascórbico y de los compuestos antioxidantes durante el almacenamiento en frío.

Rabia Kanwal, (2020) menciono que este tratamiento combinado logró suprimir la tasa de respiración y la producción de etileno, extendiendo la frescura del producto durante los primeros cuatro días a temperatura ambiente y hasta ocho días en refrigeración. Asimismo, esta combinación redujo la incidencia de daños por frío en comparación con otros tratamientos. Finalmente, el tratamiento conjunto de 1-MCP y MAP mantuvo una buena calidad visual y aceptabilidad general de las vainas durante cuatro días a 27 °C y hasta veinte días a 7 °C, lo que confirma la efectividad de ambas tecnologías para prolongar la vida útil de la okra durante su poscosecha.

A demas tambien se meciona que el 1-MCP podria ayudar a evitar el desarrollo de trastornos asociados a lesiones por frío de las vainas de okra. Shaoli Huang, (2012) puso a prueba este concepto realizando un estudio donde evaluaron los cambios en el índice de daño por enfriamiento, la integridad de la membrana, la peroxidación lipídica, los

parámetros de color, el contenido de clorofila, la fluorescencia de la clorofila y la tasa de respiración en vainas de okra durante el almacenamiento en frío. Para ello, las vainas fueron tratadas con concentraciones de 1 o 5 μL L^{-1} de 1-MCP durante un período de 16 horas antes de ser almacenadas durante 18 días a una temperatura de 7 °C.

Según Shaoli Huang, (2012) el tratamiento con 1-MCP, especialmente a mayor concentración, redujo significativamente la incidencia de estos daños por frío. Este efecto se relacionó con una menor permeabilidad de la membrana celular y una reducción en la peroxidación lipídica, lo cual indica una mayor estabilidad estructural del tejido. Asimismo, el 1-MCP ayudó a mantener los atributos visuales del fruto, como el color verde brillante, al inhibir la pérdida de clorofila y preservar parámetros clave de color como el ángulo de tono, la luminosidad y el croma.

Capítulo 8: Evaluación económica del proceso de manejo postcosecha y empaque de okra (*Abelmoschus esculentus*) para exportación.

8.1. Impacto economico

Las pérdidas postcosecha en frutas y verduras representan un impacto económico significativo, debido a la acumulación de costos asociados a la producción, cosecha, transporte y almacenamiento. Se estima que cada año se pierde más de un tercio de estos alimentos, principalmente a causa de infecciones microbianas, factores ambientales adversos y condiciones inadecuadas de almacenamiento, (Luchsinger, 2021).

De hecho, según datos globales, aproximadamente entre el 40 % y el 50 % de las pérdidas de alimentos corresponden a frutas y hortalizas, lo que equivale a una pérdida económica anual estimada en 750 mil millones de dólares. La pudrición postcosecha durante el

almacenamiento y el tránsito se identifica como una de las principales causas de estas pérdidas, generando consecuencias financieras considerables a lo largo de toda la cadena de suministro. Dependiendo del tipo de producto, las pérdidas postcosecha en frutas pueden alcanzar hasta el 50 %, (Marteau y otros, 2023)

Es fundamental que los productores presten atención a los distintos tipos de deterioro, ya que estos representan pérdidas directas en la producción. En los países en desarrollo, por ejemplo, se ha registrado que más del 50 % de las pérdidas ocurren durante las etapas de cosecha y postcosecha. En contraste, en los países desarrollados, cerca del 40 % de las pérdidas se originan en el nivel del consumidor final y durante el procesamiento industrial. En América Latina, las pérdidas postcosecha de frutas oscilan entre el 20% y el 50%, (Luchsinger, 2021).

Según la FAO, se pierde globalmente alrededor de un tercio de los alimentos destinados al consumo humano, lo que representa aproximadamente 1,300 millones de toneladas por año.

8.2. Rendimiento de la Okra

El rendimiento promedio de la okra bajo condiciones normales oscila entre 800 cajas de 15 lb/mz, pero en condiciones climáticas ideales con buen manejo agronómico y de postcosecha se puede lograr una producción de exportación de 1200 cajas de 15 lb/mz, (Pedro Carbajal, 2000)

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Lugar de investigación

La siguiente investigación se desarrollará en las instalaciones de la empresa agroexportadora denominada Agriexport, ubicada en la Aldea Las Peñitas, Kilometro 152, carretera hacia San Marcos de Colon, Choluteca, Choluteca, Según Anexo 1. La temperatura de esta zona varía entre 21°C y 38°C, con viento medio de 10km/h y una altitud media de 60 msnm.

5.2 Materiales y equipos

Para el desarrollo de la siguiente investigación se necesitará los materiales y equipos descritos en la Tabla 6.

Tabla 6. Materiales y equipos a utilizarse en la investigación.

Material o equipo	Descripción	Imagen
Balanza de plataforma	Con capacidad de 10 kg	

Material o equipo	Descripción	Imagen
Calibrador vernier	Con capacidad de 10 pulg	
Lupa	Para la identificación de trips	
Humificador	Para simulación de cuarto frio	
Pinzas	Para tomar los cada trips	
Placa petri o frasco de muestra	Para recolectar los trips y hacer el conteo respectivo	
pH metro para alimentos	Escala de 0 a 14 pH	
Registrador de temperatura en el contenedor	Control de temperatura a tiempo real en °F de la naviera	
CIELAB	Aplicación digital del sistema de medición del color basado en tres coordenadas: L (luminosidad), a (variación entre verde y rojo) y b	

Material o equipo	Descripción	Imagen
	(variación entre azul y amarillo).	
Bolsas de polietileno de baja densidad de 30 micras (µm)	Para uno de los tratamientos de empaque y conservación	
SmartFresh al 0,14% de 1-metilciclopropeno como ingrediente activo	Para uno de los tratamientos de empaque y conservación	
Guantes	Con capacidad de 10 ml	
Valde		
Alcohol etílico	Para desinfectar materiales	
Agua destilada	Para la solución con 1-MCP	

Material o equipo	Descripción	Imagen
Penetrómetro	Para determinar la flacidez del fruto	
Termómetro digital de espiga	Diferencial de calor	
Refractómetro	Para medir saludos solubles	
Cámara frigorífica	Para ambos tratamientos de empaque	

Fuente: Elaboración propia para determinar los materiales a utilizar durante la aplicación metodológica.

5.3 Método

Para el desarrollo de la investigación se empleará un método descriptivo, correlacional, comparativo-cuantitativo (mixto), de orden transversal a escala de prácticas de laboratorio y ensayos en la empresa agroexportadora, durante un lapso de cinco meses desde mayo a septiembre del 2025.

5.4 Metodología

La metodología de esta investigación comprende tres etapas, así:

Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje

En esta etapa se caracterizará los parámetros de calidad físicos (Peso, Tamaño, Textura, Color), químicos (pH, SST) y biológicos (Trips, Hongos) luego de que el personal en planta las haya empacado, con el objetivo de demostrar si existe variación en la selección de las vainas de okra según los parámetros de calidad por el personal del departamento de clasificación en planta.

Selección de la muestra

Para seleccionar las muestras se tomará 3 cajas por lote o productor, tomando 3 lotes más frecuentes por contenedor exportado, de cada caja se sacarán (4) cuatro unidades de vainas de okra a las que se les evaluara cada parámetro de calidad (físico, químico y biológico), con una toma de datos en tres momentos durante el día, desarrollando este proceso durante cinco días consecutivos de exportación. Cada uno de los datos obtenidos se registrarán en el Anexo 2.

Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte

En esta etapa se va a realizar un ensayo de parámetros como la temperatura, la humedad relativa y material de empaque, simulando el tiempo que la fruta va transportada desde la empacadora al destino final; se elaborara un cuarto frio de 2 m x 4 m con dos unidades de refrigeración y se comprara dos humidificadores que permita tener control de la Humedad.

Selección de la muestra

Se seleccionará al azar tres cajas empacadas de okra listas para ser exportada, estas se someterán en una cámara frigorífica fabricada de 2x4 metros durante 10 días en tres diferentes condiciones de almacenamiento descritas en la Tabla 7., las cuales serán las siguientes:

Tabla 7. Factores de estudio y sus niveles que influyen en la calidad de okra durante el tiempo de transporte.

N°		Variables respuesta		
	Factor	**Nivel bajo**	**Intermedio**	**Nivel alto**
1	Temperatura ºC	7		12
2	Humedad relativa (HR)	90		100
3	Material de empaque	Actual	A	B

Nota: Factor material de empaque = A: Aplicación de Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE". B: aplicación de 1-Metilciclopropeno + Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE".

Etapa 3. Comportamiento de variables en tiempo y condiciones reales de transporte

Esta etapa se desarrollará durante el proceso logístico de transporte, evaluándose 2 tratamientos.

Tratamiento "A" uso de Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE"

Tratamiento "B" uso de 1-Metilciclopropeno + Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE"

Cada uno de los tratamientos se evaluará en tres contenedores exportados (tres repeticiones) a una temperatura de 7°C (45 °F) y una humedad relativa del 100 %. se evaluarán tres cajas por tratamiento en cada sección del contenedor (zona frontal, zona

media y zona posterior), en total se tendrán 18 cajas por contenedor. Esta distribución tiene como objetivo evaluar el posible efecto de la circulación de aire frío sobre la calidad de los frutos durante el transporte.

Por consiguiente, cada caja será identificadas con una etiqueta de la investigación indicando la ubicación de la caja y el tratamiento aplicado para que al momento de llegada a las bodegas del cliente en el país de destino puedan hacer las mediciones de los parámetros o variables que se le indiquen, solicitando envíen la información para el procesamiento respectivo.

Los tratamientos a aplicar serán:

Tratamiento A. Aplicación Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE")

Las vainas de okra serán clasificadas de acuerdo con los criterios establecidos por la empresa para exportación, siguiendo su protocolo habitual de selección. Posteriormente, se empacarán en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) con un espesor de 30 micras (μm) y se colocarán en cajas de cartón, replicando fielmente el proceso de embalaje comercial utilizado por la agroexportadora, tal como en la imagen 5.



Ilustración 5. Empaque de polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE"

Fuente: (MEFCCA, s.f.)

Tratamiento B. Aplicación de (1-Metilciclopropeno + Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE")

Las vainas de okra serán seleccionadas siguiendo la metodología descrita en el Tratamiento "A". Luego del embalaje, las cajas serán almacenadas en una cámara frigorífica construida a una temperatura controlada de **7 °**C, donde se procederá a la aplicación del producto SmartFresh™, cuyo principio activo es el 1-metilciclopropeno (1-MCP) al 0,14 %. Para la generación del gas, el polvo de 1-MCP se disolverá en agua destilada a 45 °C, dentro de un recipiente colocado en el interior de la cámara herméticamente sellada. La concentración de 1-MCP será calculada en función del porcentaje del ingrediente activo y el volumen de la cámara. La exposición de las muestras al 1-MCP se mantendrá durante 16 horas a 20 °C; seguidamente estas cajas serán enviadas al país de destino, en las condiciones normales de transporte.

Recolección de datos para el tratamiento A y B

La recolección de datos se realizará en tres etapas clave: en planta tras el empacado, en la cámara frigorífica después de la aplicación de los tratamientos, y finalmente en el destino final por parte del consignatario.

Para las etapas en planta y en cámara frigorífica, se empleará la misma estrategia de muestreo definida en la Tabla 7. En el destino final, el consignatario tomará muestras de 4 vainas de okra por cada una de las tres cajas ubicadas en las zonas frontal, media y posterior de tres contenedores (tres repeticiones) seleccionados.

5.5 Diseño estadístico

La aplicación de los diferentes diseños o modelos estadísticos, serán por etapas como esta descrito en la metodología, así:

5.5.1. Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje

Se realizará una estadística descriptiva, con comparación de medias y desviaciones estándar y gráficos de barras. Usando el software Sthatgraphis Centurium 5, aplicándose a los parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos.

5.5.2. Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte

Para la segunda etapa se aplicará un diseño estadístico factorial multiniveles, con 3 factores, aleatorizado, 12 corridas experimentales y 4 grados de libertada, con la matriz estadística que se presenta en la Tabla 8

Tabla 8. Matriz de combinación de factores y variables de estudio

N° corrida exp.	**Factores**			**Variables respuesta**		
	Temp.	**HR**	**ME**	**Pérdida de peso**	**Diferencial grosor de pulpa**	**Hongos**
1	12.0	90.0	0.0			
2	7.0	100.0	-1.0			
3	7.0	90.0	-1.0			
4	12.0	90.0	1.0			
5	12.0	90.0	-1.0			
6	7.0	90.0	0.0			
7	7.0	100.0	0.0			

N° corrida exp.	Factores			Variables respuesta		
	Temp.	HR	ME	Pérdida de peso	Diferencial grosor de pulpa	Hongos
8	12.0	100.0	-1.0			
9	12.0	100.0	1.0			
10	12.0	100.0	0.0			
11	7.0	100.0	1.0			
12	7.0	90.0	1.0			

Nota: Para el factor ME (Material de empaque): el nivel -1 representa el material de empaque la que empresa está usando actualmente, el nivel 0: representa A: Aplicación de Polietileno de baja densidad "PEBD-LDPE". Y el nivel +1: B: aplicación de 1-(Medlicott, 2000)baja densidad "PEBD-LDPE".

5.5.3. Etapa 3. Comportamiento de variables en tiempo y condiciones reales de transporte

Para la tercera etapa: se aplicará diseño complemente al azar, usando el software estadístico Sthatgraphis Ciunturum 5.

5.6 Variables a Evaluar

Las variables a evaluar serán por cada etapa de la investigación como se describe en la metodología por etapas, así:

5.6.1. Toma de datos de las muestras de la Etapa 1 Caracterización de la materia prima previo al embalaje

La Tabla 9. presenta de forma detallada los instrumentos de medición que se emplearán para la recolección de datos correspondientes a cada una de las características asociadas

a los parámetros de calidad de las vainas de okra consideradas en esta investigación. Asimismo, se describe el procedimiento establecido que será seguido rigurosamente en cada una de las repeticiones durante la toma de datos de las muestras.

Tabla 9. Instrumento de medición de cada una de la característica de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
Parámetro físico	Peso	Balanza de plataforma	Se tomará una vaina de okra, seguido se colocará en la balanza de plataforma para obtener el dato de peso en gramos.
	Diámetro	Pie de rey	Se utilizará la misma vaina de okra previamente pesada, ya que no ha sufrido ningún tipo de daño físico durante el procedimiento. Para la medición del diámetro, se colocará el pie de rey en la parte media de la vaina, asegurándose de que esté bien ajustada, pero sin comprimir el tejido. De esta manera, se obtendrá diámetro en mm.
	Largo del fruto	Calibrador Vernier o pie de rey	Para medir el largo del fruto de la okra se colocará las mandíbulas externas del instrumento desde la base del pedúnculo hasta la punta del fruto. Se ajustan suavemente

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
			las mandíbulas sin presionar el tejido, y se registra la medida total en mm.
Parámetros físicos	Grosor de pulpa		El grosor de la pulpa se determina realizando un corte transversal en la parte media de la vaina. Luego, con las mandíbulas internas del calibrador, se mide la distancia desde la superficie externa hasta el borde de la cavidad central, evitando incluir las semillas, así obtendremos la medida en mm del grosor de la pulpa.
	Largo del pedúnculo	Calibrador Vernier o pie de rey	Para medir el largo del pedúnculo, se posiciona el calibrador desde la base del pedúnculo (donde se conecta con el tallo o desde donde se realizó el corte) hasta el punto donde comienza el cuerpo del fruto. Se utiliza nuevamente las mandíbulas externas del calibrador, ajustándolas con cuidado, y se anota la medida correspondiente en mm.
	Flacidez	Penetrómetro	La flacidez de la vaina de okra se evalúa utilizando un penetrómetro manual, el cual permite medir la resistencia

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
			del tejido al ser presionado. Para ello, se coloca la vaina sobre una superficie firme y se aplica el penetrómetro en la zona media del fruto, presionando con una fuerza constante hasta que la aguja penetre el tejido. El valor de resistencia, expresado en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), se registra como un indicador de firmeza: a menor resistencia, mayor flacidez.
	Diferencial de calor	Termómetro digital de espiga	se tomará la temperatura de 5 frutas al llegar a la planta, por día, en 3 horarios. E igual se tomará la temperatura de 5 frutas antes de ingresar al cuarto frio, y antes de salir el contenedor de la empacadora.
	Color	Aplicación del modelo CIELAB (L*a*b, luminosidad, valor rojo-verde y valor amarillo-azul)	El color de las vainas de okra se determina mediante la cámara de la aplicación digital del modelo CIELAB. Este modelo proporciona tres valores: L* (luminosidad), que indica el grado de claridad u oscuridad del color; a*, que representa la tendencia hacia el rojo (+a) o verde (–a); y b*,

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
			que indica la intensidad hacia el amarillo (+b) o azul (–b).
Parámetros químicos	pH	pH metro	Se toma una porción de la muestra y se tritura hasta obtener un extracto homogéneo. Luego, se sumerge el electrodo del pH-metro en el extracto y se espera a que la lectura se estabilice.
	Solidos solubles	Refractómetro	Para para la medición de SST, se extraerá el jugo de las vainas de okra mediante trituración y filtrado de la muestra. Luego, se deposita una o dos gotas del jugo sobre el prisma del refractómetro, se cierra la tapa y se realiza la lectura directa en la escala de grados Brix (°Brix), que representa la concentración de azúcares solubles. Este valor es un indicador del nivel de madurez y del contenido energético del fruto.
Parámetros biológicos	Trips	Lupa, placa petri y pinzas	Para evaluar la presencia de *Frankliniella occidentalis* (trips) en los lotes de okra destinados a exportación, se llevará a cabo un proceso de muestreo específico durante la etapa de recepción del

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
Parámetros biológicos	Trips		producto en planta. El procedimiento consistirá en seleccionar las 10 vainas recibidas por cada lote o productor. La selección será dirigida únicamente a las vainas que presenten señales visibles de daño atribuible a la presencia de trips, como deformaciones en la estructura del fruto y áreas con manchas plateadas (conocidas como "silvering"), que son indicios típicos de alimentación de este insecto. Una vez identificadas las vainas con síntomas de daño, se procederá a realizar una inspección visual utilizando una lupa manual de aumento. La revisión se enfocará principalmente en dos áreas específicas del fruto: el pedúnculo (base del fruto donde se une al tallo) y la corona (parte superior cercana al cáliz), ya que son los sitios más comunes donde se alojan los trips. Igual mecánica se aplicará con 10 frutas que estén ya en el

Parámetro	Característica	Instrumento de medición	Procedimiento
			cuarto frio. De una caja de fruta tomada al azar. Cada ejemplar de trips observado será cuidadosamente extraído con una pinza y colocado en una caja petri o frasco estéril destinado para la recolección. Finalmente, los individuos recolectados serán contados y registrados, para calcular el nivel de infestación por lote. Este procedimiento se repetirá cada vez que ingrese producto a la planta procesadora, durante un período de cinco días consecutivos
Parámetro biológico	Hongos	Lupa	Esta variable se tomará en las 4 vaina por frutas por caja, observándose con una lupa, presencia o ausencia durante los 5 días.

***Fuente*:** Elaboración propia para detallar el desarrollo del procedimiento de la toma de datos para cada variable de los parámetros de calidad a evaluar durante la investigación.

5.6.7. Toma de datos de las muestras de la Etapa 2. Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte

se consideran las variables respuesta:

Pérdida de peso: se calculará utilizando la fórmula empleada por Rabia Kanwal, (2020). Esta metodología permite cuantificar de manera precisa la pérdida de masa de las

vainas de okra durante el periodo de almacenamiento y transporte, facilitando la evaluación del efecto de los tratamientos aplicados sobre la conservación postcosecha del producto.

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (kg)} - \text{Peso final (kg)}}{\text{Peso inicial (kg)}} \times 100 \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

Diferencial de grosor de pulpa: esta variable será la diferencia del grosor de pulpa en mm antes de ingresar la okra al cuarto frio, y el valor después de 10 días. Sin embargo, esta variable se evaluará cada 3 días de manera de tener al menos 4 datos por cada corrida experimental.

Presencia de Hongos: esta variable se tomará en 10 frutas por caja, observándose con una lupa, presencia o ausencia, en día 0 que es cuando la fruta esta lista para cargar al contenedor, y al día 10 después de aplicada las condiciones descritas en la matriz; sin embargo, se tomaran en ese tiempo al menos 4 mediciones para ver el comportamiento del crecimiento del hongo en el tiempo.

5.6.8. Evaluación de costos parciales

En esta etapa se analizar todos los costos parciales asociados a la etapa de empaque del proceso de exportación de okra; considerando los datos reales de la empresa agroexportadora Agriexport. Para evaluar la viabilidad económica de los tratamientos postcosecha implementados, como ser el uso de polietileno de baja densidad (PEBD), atmosfera modificada (MAP) y 1-metilciclopropeno (1-MCP).

Para esta fase se recopilarán datos primarios a través de registros contables, reportes operativos. Se elaborará una matriz de costos parciales que permita estimar el costo por kg exportado, para obtener un análisis comparativo entre los tratamientos aplicados.

Los resultados obtenidos serán graficados y analizados en función de su relación de los parámetros de calidad de la okra y su vida útil durante la exportación. Esta etapa aportará un criterio económico complementario al análisis técnico, orientado a mejorar la competitividad de la empresa en mercados internacionales ya que este análisis permitirá determinar el impacto económico de los tratamientos de conservación en el proceso postcosecha de la okra y la rentabilidad de cada método de conservación.

VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 10. Cronograma de actividades a realizar durante el desarrollo de la investigación

Etapa metodológica	**Mes del año 2025**	**Mayo**			**Junio**				**Julio**					**Agosto /Sep**
	Numero de semana del mes	**Semana 1**	**Semana 2**	**Semana 3**	**Semana 4**	**Semana 5**	**Semana 6**	**Semana 7**	**Semana 8**	**Semana 9**	**Semana 10**	**Semana 11**	**Semana 12**	
	Fecha de inicio y final	**12 al 18**	**19 al 25**	**26 al 01**	**02 al 08**	**09 al 15**	**16 al 22**	**23 al 29**	**30 al 06**	**07 al 13**	**14 al 20**	**21 al 27**	**28 al 03**	
Planificación, adquisición de materiales, coordinación con Agriexport.														
Etapa 1	Caracterización de la materia prima													

Etapa metodológica	Mes del año 2025	Mayo			Junio				Julio					Agosto /Sep
	Numero de semana del mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	
	Fecha de inicio y final	12 al 18	19 al 25	26 al 01	02 al 08	09 al 15	16 al 22	23 al 29	30 al 06	07 al 13	14 al 20	21 al 27	28 al 03	
	previo al embalaje													
Etapa 2	Evaluación de temperatura, humedad y material de empaque en el tiempo de transporte													
Etapa 3	Comportamiento de variables en tiempo y condiciones reales													

Etapa metodológica	Mes del año 2025	Mayo			Junio				Julio					Agosto /Sep
	Numero de semana del mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	
	Fecha de inicio y final	12 al 18	19 al 25	26 al 01	02 al 08	09 al 15	16 al 22	23 al 29	30 al 06	07 al 13	14 al 20	21 al 27	28 al 03	
	de transporte													
Aplicación del diseño estadístico														
Realizacion de informe	Análisis de resultados, organización de bases de datos.													
	Redacción de informe final y													

Etapa metodológica	Mes del año 2025	Mayo			Junio				Julio					Agosto /Sep
	Numero de semana del mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	
	Fecha de inicio y final	12 al 18	19 al 25	26 al 01	02 al 08	09 al 15	16 al 22	23 al 29	30 al 06	07 al 13	14 al 20	21 al 27	28 al 03	
	conclusiones.													

Fuente: Elaboración propia.

VII. PRESUPUESTO

Tabla 11. Presupuesto de costos de materiales a utilizar en la investigación

PRESUPUESTO DE INVESTIGACIÓN				
Descripción	**Cantidad**	**Unidades**	**Precio (Lps.)**	**Total**
Balanza de plataforma truper 30 kg	1	Unidad	1,100	1100
Calibrador digital de 200mm	1	Unidad	680	680
Penetrómetro		Unidad		0
pH metro para alimentos	1	Unidad	5000	5000
Humificadores	2	Unidades		
Refractómetro óptico portátil	1	Unidad	2250	2250
Termómetro digital de espiga	1	Unidad	1500	1500
Lupa	1	Unidad	500	500
Pinzas entomológicas	1	Unidad	600	600
Placa petri	20	Unidad	636	636
Registrador de temperatura dentro del contenedor	3	Unidad		
Aplicación digital del modelo CIELAB	1	Unidad	260	260
Bolsas de polietileno de baja densidad de 30 micras (μm)	60	Bolsas		0

PRESUPUESTO DE INVESTIGACIÓN				
Descripción	**Cantidad**	**Unidades**	**Precio (Lps.)**	**Total**
SmartFresh al 0,14% de 1-metilciclopropeno como ingrediente activo	1	Unidad	780	780
Valde	1	Unidad	300	600
Alcohol etílico 70%	1	Galón	337	337
Agua destilada	1	Galón	300	300
Guantes	1	Caja	300	300
			Total, Lps.	**14,863**

VIII. BIBLIOGRAFIAS

Bibliografía

Agricultura e hidroponía, Blog. (2020). https://h.hannainst.com.mx/blog/maduracion-de-los-frutos-y-el-brix/

.*JANSSEN PMP*. (2023). https://www.janssenpmp.com/es/sostenibilidad/articulos/maximizando-la-frescura-los-beneficios-y-aplicaciones-de-1-mcp

Abellán, A. M. (2016). *Ensayo Comparativo de Tres Variedades De Okra en Dos Marcos de Plantacion Diferentes.* Universidad la Laguna . https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6354/Ensayo%20comparativo%20de%20tres%20variedades%20de%20okra%20%28Abelmoschus%20esculentus%20%28L.%29%20Moench%29%20en%20dos%20marcos%20de%20plantaci%C3%B3n%20diferentes-.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aconsa, L. (2022). *pH en alimentos: su importancia en la seguridad alimentaria.* https://aconsa-lab.com/ph-en-alimentos-importancia/

Akshi Jain, S. R. (11 de 04 de 2018). Storage studies of okra under ambient storage conditions. *1*. https://web.archive.org/web/20180411131540/http://www.ijirt.org/master/publishedpaper/IJIRT100051_PAPER.pdf

AtlasBig.com. (2021). *Producción mundial de okra por país*.

Atsushi Ikegaya, A. N. (31 de 12 de 2022). https://www.researchgate.net/publication/262616205_Postharvest_conservation_and_quality_of_okra_submitted_to_different_temperatures_and_storage_forms. *CyTA - Journal of Food, 20*(1), 285-296. https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2128430

Babalola Stephen, I. M. (02 de 02 de 2023). COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT STORAGE CONDITIONS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF OKRA. https://www.researchgate.net/publication/378302442_COMPARATIVE_STUDY_OF_DIFFERENT_STORAGE_CONDITIONS_ON_THE_PHYSICAL_PROPERTIES_OF_OKRA

BCN. (s.f.). La Okra. *Revista de Comercio Exterior*. https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/Okra.pdf

Botanical-Online. (2024). https://www.botanical-online.com/botanica/okra-abelmoschus-esculentus-caracteristicas

Caracteristicas de la Okra. (s.f.). https://www.botanical-online.com/botanica/okra-abelmoschus-esculentus-caracteristicas

Cooperative, C. U. (2017). *pH of common foods and food products.* https://www.clemson.edu/extension/food/food2market/documents/ph_of_common_foods.pdf?utm_source

D I Gernah, A. A. (10 de 07 de 2012). Effect of Storage Conditons on Some Physico-Chemical and Microbiological Properties of Fresh Okra (Abelmoschus esculenta) Fruits. https://www.researchgate.net/publication/260889235_Effect_of_Storage_Conditons_on_Some_Physico-Chemical_and_Microbiological_Properties_of_Fresh_Okra_Abelmoschus_esculenta_Fruits

Dalva Paulus, S. B.—F.—P.-0. (2021). Preservation and post-harvest quality of okra using low density polyethylene. *AIMS Agriculture and Food, 6*(1), 321-336. https://doi.org/10.3934/agrfood.2021020

Eduardo Umaña Cerros, I. (s.f.). *Conservación de Alimentos por Frio Refrigeracion/Congelacion.* https://fusades.org/publicaciones/conservacion_alimentos_frio.pdf

Elizabeth Tejada, P. N. (2019). La okra (Abelmoschus esculentus (L) Moench) un cultivo con potencial para la humanidad . file:///C:/Users/tther/Downloads/gonzalo,+apfv8n217-26%20(1).pdf

Envaselia. (2018). https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm

FAO. (s.f.). Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles. https://www.fao.org/4/x5055s/x5055s02.htm

FAO, I. (2022). *Guia de condición de plagas.* file:///C:/Users/tther/OneDrive/Documentos/TESIS/Guia%20de%20Condiciones%20de%20Plagas.pdf

Fernando Luiz Finger, M. E.-J. (2008). Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. *Scientia Agricola, 65*(4), 360-364. https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000400006

Francismária, K. M. (01 de 01 de 2025). Morphological characterization of commercial okra accessions. *Revista Caatinga, 38*. https://doi.org/10.1590/1983-21252025v3812440rc

FRUVEGO. (2021). *Nuestros Mercados* . https://www.fruvego.net/mercado-y-logistica-es

Jairo Andrés De Ángel Martinez, A. L. (2018). *Cracterizacion Fisicoquimica e Industrializacion de la Okra que se produce en el Municipion de Morroa,*

Departamento de Sucre. Universidad Popular del Cesar. http://repositorio.unicesar.edu.co/server/api/core/bitstreams/270d15e2-7c7a-4897-bbbf-3a2d7108c5e8/content

Jing Zhang, Y. M.-M. (2020). Meta-análisis de los efectos del tratamiento con 1-metilciclopropeno (1-MCP) en la maduración climatérica de la fruta. https://doi.org/10.1038/S41438-020-00405-X

Jutarat Rattanakaran, R. S. (10 de 2021). Performance of Thermal Insulation Covering Materials to Reduce Postharvest Losses in Okra. *Horticulturae, 7*(10), 392. https://doi.org/10.3390/horticulturae7100392

Luchsinger, D. L. (30 de abril de 2021). Impacto de la postcosecha en la calidad de frutas de exportación. *Redagricola*. https://redagricola.com/impacto-de-la-postcosecha-en-la-calidad-de-frutas-de-exportacion/

(s.f.). *Manuel Técnico de Frutas Y Verduras* . file:///C:/Users/tther/OneDrive/Documentos/TESIS/ManualTecnicoFrutasyVerduras.pdf

Marteau, S. A., Gaillard, C., Graiver, N., & Perego, L. H. (2023). Conservación de Frutas Postcosecha en Argentina. Procesos, Metodos y Tecnologias. https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663842003/2663842003.pdf

Medlicott, P. C. (2000). *Guia Sobre Produccion y Manejo Poscosecha de Ocra para Exportación.* La Lima, Cortes, Honduras.

MEFCCA. (s.f.). Castilla del Cultivo de Okra. https://www.bing.com/search?q=https%3A%2F%2Fwww.economiafamiliar.gob.ni%2Fbackend%2Fvistas%2Fdoc%2Fcartilla%2Fdocumento9977407.pdf&form=ANNTH1&refig=F92A95DDE8904240BBB01852E7747D2C&pc=HCTS

Monika Dust, E. S. (2024). https://www.eurofins.com/media-centre/newsletters/food-newsletter-nr39-july-2012/growth-and-ripening-regulator-in-fruits-and-vegetables/

Narrea, I. M. (2024). *Trips: La plaga invisible que amenaza los cultivos.* https://www.agroperu.pe/trips-la-plaga-invisible-que-amenaza-los-cultivos/

Ndiritu, J. M. (s.f.). Cosecha, rendimiento, almacenamiento y manipulación poscosecha de la okra. https://wikifarmer.com/library/es/article/cosecha-rendimiento-almacenamiento-y-manipulacion-poscosecha-de-la-okra

Nicaragua, B. C. (s.f.). https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/Okra.pdf

Nicaragua, B. d. (s.f.). La Okra. *Revista del Comercio Exterior*. https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/Okra.pdf

Nilesh Jain, R. J. (2012). A REVIEW ON : ABELMOSCHUS ESCULENTUS. https://pharmacia.ipsgwalior.org/artical/vol1_issue3_2.pdf

Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Lasallista de Investigación, 5*(2). https://www.redalyc.org/pdf/695/695502.pdf

PortalTECNOAGRICOLA. (2025). *PortalTECNOAGRICOLA*. https://www.buscador.portaltecnoagricola.com/vademecum/esp/producto/36069/SMARTFRESH?empresa=AGROFRESH

Rabia Kanwal, H. A. (13 de 09 de 2020). Effect of 1-Methyl Cyclopropane and Modified Atmosphere Packaging on the Storage of Okra (Abelmoschus esculentus L.): Theory and Experiments. *Sustainability, 12*(18), 7547. https://doi.org/10.3390/su12187547

Ramiro Maldonado-Peralta, A. R.-G.-B.-P.-V.-C. (20 de 03 de 2021). Morphological characteristics of okra fruits [Abelmoschus esculentus (L.) Moench.] cultivated in the dry tropic. *Agro Productividad, 14*(2). https://doi.org/10.32854/agrop.v14i2.1967

Rattanakaran Rattanakaran, R. S. (08 de 07 de 2021). Application of Room Cooling and Thermal Insulation Materials to Maintain Quality of Okra during Storage and Transportation. *Horticulturae, 7*(7), 188. https://doi.org/10.3390/horticulturae7070188

SAG. (2022). Honduras mayor exportador de América de okra fresca a USA. https://www.prensa.sag.gob.hn/2022/07/12/honduras-mayor-exportador-de-america-de-okra-fresca-a-usa/

SAG PRONAGRO. (2023). https://www.pronagro.sag.gob.hn/estadisticas-de-comercio/estadisticas-de-comercio/

Samanta, I. (2023). Resistencia a los antimicrobianos en la agricultura. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815770-1.00023-7

Shaoli Huang, T. L. (15 de 06 de 2012). 1-Methylcyclopropene reduces chilling injury of harvested okra (Hibiscus esculentus L.) pods. (Elsevier, Ed.) *Scientia Horticulturae, 141*, 42-46. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.016

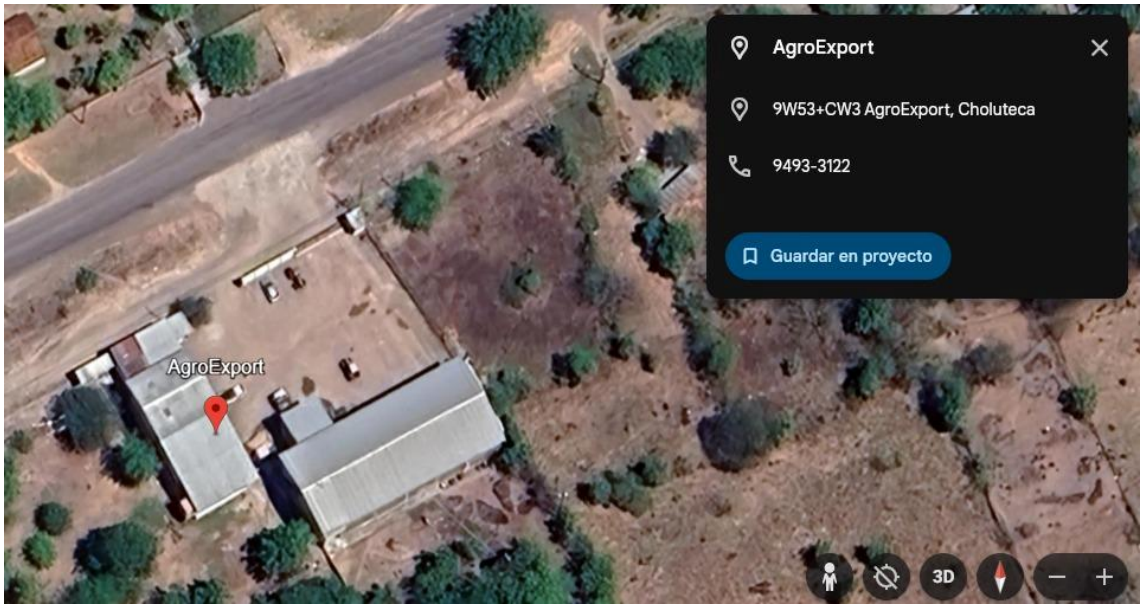
T.R. Ahlawat, S. C. (03 de 2016). Effect of packaging and storage temperature on shelf-life of okra pods. *Indian Journal of Horticulture, 73*(1), 145. https://doi.org/http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijh&volume=73&issue=1&article=028

Transportation via containers at ice temperature inhibits decay and maintains the quality of certain fresh produce. (31 de 12 de 2022). *CyTA - Journal of Food, 20*(1), 285-296. https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2128430

Universidad de California. (2023). Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/okra

vegaffinity. (s.f.). https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/okra-ocra-gimbombo-kimbombo-beneficios-informacion-nutricional--f415

IX. ANEXOS



Anexo 1. Ubicación de empacadora de okra.

Fuente: (Google maps, 2025)

Anexo 2. Registro de datos de Etapa 1. Caracterización de la materia prima previo al embalaje

Numero de lote o nombre del productor														
Fecha														
Parámetros	**Característica**	**C1 F1**	**C1 F2**	**C1 F3**	**C1 F4**	**C2 F1**	**C2 F2**	**C2 F3**	**C2 F4**	**C3 F1**	**C3 F2**	**C3 F3**	**C3 F4**	**Promedio**
físico	Peso													
	Diámetro													
	Grosor de pulpa													
	Color													
	Flacidez													
	Largo de fruto													
	Largo de pedúnculo													
Químicos	pH													
	Solidos Solubles													
Biológicos	Trips													
	Hongos													

***Fuente*:** Elaborada en conjunto con el Ing. Eleazar Turcios para registrar los datos obtenidos durante la etapa 1 de la metodología sobre la caracterización de la materia prima, donde C1: caja, F1: fruta.