



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad Vegetal

Autora:

Ríos Madril Livia Amparo

Tutora:

Parra Gallardo Giovana Paulina, Mg.

LATACUNGA –ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi.” presentado por Ríos Madril Livia Amparo para optar por el título Magíster en Sanidad Vegetal.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, junio, 26, 2023



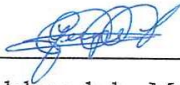
Parra Gallardo Giovana Paulina, Mg.

C.C. 18022670037

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi.”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Ciencias Veterinarias; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.


Latacunga, junio, 26, 2023



Guadalupe de las Mercedes López Castillo Mg.

C.C. 1801902907

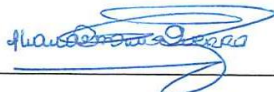
Presidente del tribunal



Marco Antonio Rivera Moreno, Mg

C.C. 0501518955

Lector 2



Eliana Granja Guerra, Mg.

C.C. 17181263301

Lector 3

DEDICATORIA

A mi padre, quien con gran sacrificio me ha apoyado para conseguir mis sueños, por ser siempre una guía en el caminar.

A mi madre que está en el cielo, por dejarme su legado de bondad y responsabilidad en todo ámbito de la vida.

A mi esposo quien me ha apoyado en el desarrollo de este trabajo.

A mis dos hijos Ángel y Victoria, quienes han sido la fuerza principal para salir adelante en las dificultades que se presentan en la vida.

A mi hermana María, por brindarme su apoyo y por contagiarme de entusiasmo para sacar esta maestría

Livia Amparo

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y vida y protegerme en todo momento, por esa fuerza espiritual que siempre me ha acompañado.

A mis padres, por darme su amor, por su apoyo incondicional, a mi madre que desde el cielo me está cuidando.

A mi esposo por estar siempre a mi lado conjuntamente con mis hijos formando una familia.

De manera especial a mi tutora, Magister Giovanna Parra, por brindarme todo su apoyo intelectual y moral para concluir esta investigación.

A todos los catedráticos del programa de Maestría en Sanidad vegetal por compartir sus conocimientos y experiencias.

Livia Amparo

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, junio, 26, 2023



Ing. Livia Amparo Ríos Madril

C.C. 0502892540

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, junio, 26, 2023



Ing. Livia Amparo Ríos Madril

C.C. 0502892540

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, junio, 26, 2023



Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.

C.C. 1801902907

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

Título: Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi.

Autora: Ríos Madril Livia Amparo

Tutora: Parra Gallardo Giovana Paulina, Mg.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos fases, campo y laboratorio. La primera se desarrolló en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, provincia Cotopaxi. La segunda en el laboratorio del Campus Salache de la UTC. Se evaluó el índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza en la conservación poscosecha de la fruta para su almacenamiento. Se trabajó con dos factores de estudio: tres índices de madurez (verde claro, amarillo predominante y naranja rojizo) y tres estrategias de limpieza (mecánica con escobas, fuente de calor y tela tul). Las variables evaluadas fueron: color, presencia de enfermedades-plagas-fisiopatías, pérdida de peso, diámetro, firmeza, SSL, pH, humedad y cenizas. La metodología fue experimental y se utilizó DBCA con arreglo factorial por 3 repeticiones, obteniendo 9 tratamientos cada uno con 10 tunas. Los resultados respecto al índice de madurez, el índice que se encontró en el rango A fue el verde claro fue 93,33 % de presencia de enfermedades-plagas-cistopatías a los 34 días, pérdida de peso 94,86%, diámetro 5,15 cm, firmeza 2,67%, mientras que en SST el índice de madurez que se encuentra en el rango A es el naranja rojizo con 11,38%. La estrategia de limpieza mecánica con escobas prolongó el tiempo de almacenamiento de la tuna presentando daños de 91,11% por presencia de enfermedades-plagas-fisiopatías a los 28 días, mientras que las estrategias fuente de calor llegó al 100% en daños por esta variable a los 25 días. Por lo que se concluye que el mejor momento de cosecha es el índice de madurez verde claro para mayor vida útil en anaquel y la estrategia de limpieza que menos daño provoca en el fruto es la limpieza mecánica con escobas, además presentó menor costo por tuna.

PALABRAS CLAVE: cosecha, postcosecha de tuna; índice de madurez; estrategias de limpieza.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
POSTGRADUATE MANAGEMENT
MASTER'S DEGREE IN PLANT HEALTH**

Title: "Evaluation of the prickly pear harvest index (*Opuntia ficus - indica*) and fruit cleaning strategies. Salache, Cotopaxi."

Author: Ríos Madril Livia Amparo

Tutor: Parra Gallardo Giovana Paulina, Mg.

ABSTRACT

The field and laboratory inquiry of the current research were developed separately. The first occurred in the San Miguel parish of the Salcedo canton, Cotopaxi province. The second is in the laboratory of the UTC Salache Campus. The field and laboratory inquiry of the current research were developed separately. The first occurred in the San Miguel parish of the Salcedo canton, Cotopaxi province. The second is in the laboratory of the UTC Salache Campus. We evaluated the harvest index of prickly pear (*Opuntia ficus - indica*) and cleaning strategies in post-harvest fruit conservation for storage. We worked with two study factors: three maturity indices (light green, predominantly yellow, and reddish orange) and three cleaning strategies (mechanical with brooms, heat source, and tulle fabric). The variables evaluated were color, presence of disease-pests-physiopathies, weight loss, diameter, firmness, SSL, pH, humidity, and ash. The methodology was experimental, and DBCA was used with a factorial arrangement for three repetitions, obtaining nine treatments, each with ten prickly pears. The results regarding the maturity index found in the "A" range were light green with 93.33% presence of diseases-pests-physiopathies at 34 days, weight loss at 94.86%, diameter 5.15 cm, firmness at 2.67%, while in SST, the maturity index that is in a range A is reddish orange with 11.38%. The mechanical cleaning strategy with brooms prolonged the storage time of the prickly pear, presenting damage of 91.11% due to the presence of diseases-pests-physiopathies at 28 days, while the heat source strategy reached 100% damage due to this variable at 25 days. Therefore, we concluded that the best harvest time is the light green maturity index for longer shelf life, and the cleaning strategy that causes minor damage to the fruit is mechanical cleaning with brooms, which also presented the least cost per prickly pear.

KEYWORDS: harvest, postharvest of prickly pear; maturity index; cleaning strategies.

Yo, Tania Elizabeth Alvear Jiménez con cédula de identidad número: 0503231763 MAGÍSTER EN LINGÜÍSTICA APLICADA A LA ENSEÑANZA DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354185.; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título "Evaluación del índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi, de Ríos Madril Livia Amparo, aspirante a Magister en Sanidad Vegetal.

Latacunga, julio, 16 2023



Tania Elizabeth Alvear Jiménez
ID. 0503231763

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
APROBACIÓN TRIBUNAL	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL PRESIDENTE.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Planteamiento del problema.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivos de la Investigación	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1. Generalidades del cultivo de <i>Opuntia ficus-indica</i>	5
1.2. Origen y distribución geográfica la tuna- <i>Opuntia Ficus-Indica</i>	5
1.3. Clasificación taxonómica	6
1.4. Importancia económica	6
1.5. Composición química y usos.....	6
1.6. Fenología y desarrollo del fruto	7
1.7. Maduración del fruto	7

1.8. Cosecha	8
1.8.1. Índice de cosecha	8
1.9. Poscosecha y almacenamiento	9
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1. Localización	11
2.2. Tipo de investigación	11
2.3. Población y muestra	11
2.3. Técnicas e instrumentos	12
2.4. Factores de estudio	12
2.4.1. Índice de cosecha	12
2.4.2. Estrategias de limpieza.....	12
2.5. Tratamientos.....	12
2.6. Diseño experimental.....	13
2.7. Análisis estadístico.....	13
2.8. Costo por tratamiento.....	14
2.9. Manejo del experimento.....	14
2.9.1. Recolección de la materia prima según índice de madurez	14
2.9.2. Estrategias de limpieza de los espinos de la tuna.....	14
2.9.3. Variables evaluadas.....	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
3.1. Resultados	19
3.1.1. Variable color.....	19
3.1.2. Variable Presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.....	22
3.1.3. Variable pérdida de peso	33
3.1.4. Variable pérdida de diámetro	42

3.1.5. Variable firmeza.....	51
3.1.6. Variable Sólidos solubles (°Brix)	54
3.1.7. Variable pH.....	57
3.1.8. Variable Humedad de pulpa.....	60
3.1.9. Variable Humedad de cáscara.....	61
3.1.10. Variable Cenizas	65
3.1.11. Costos por tratamiento	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tuna	6
Tabla 2. Composición química de la pulpa	6
Tabla 3. Descripción de los tratamientos	13
Tabla 4. Esquema de análisis de varianza – ADEVA	14
Tabla 5. Comportamiento del color por tratamientos a los 1,4,7,10,13,16,19,22,25,28,31 y 43 días	20
Tabla 6. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 4, 7,10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.	24
Tabla 7. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.	27
Tabla 8. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable Presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 7, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.	30
Tabla 9. ANOVA para pérdida de peso de tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.	33
Tabla 10. Test de Tukey (5%) del factor A (índice de cosecha) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días de llevado al laboratorio.....	35
Tabla 11. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 13, 16, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.	37
Tabla 12. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 13, 16, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.....	39

Tabla 13. ANOVA para pérdida de diámetro de tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.	42
Tabla 14. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable pérdida de diámetro de la tuna a los 4, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días de llevado al laboratorio.	44
Tabla 15. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable pérdida de diámetro en tuna a los 13, 16 y 25 días de llevado al laboratorio.	46
Tabla 16. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable pérdida de diámetro en tuna a los 4, 13, 16, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.	48
Tabla 17. ANOVA para firmeza de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.	51
Tabla 18. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable firmeza de la tuna en los 4, 7 y 10 días de llevado al laboratorio.	51
Tabla 19. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable firmeza en tuna a los 4 y 7 días de llevado al laboratorio.	52
Tabla 20. ANOVA para sólidos solubles de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.....	54
Tabla 21. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable sólidos solubles de la tuna a los 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.	55
Tabla 22. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable sólido soluble en tuna a los 1 y 7 días de llevado al laboratorio.	56
Tabla 23. ANOVA para pH de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.	57
Tabla 24. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable pH de la tuna en el día 1 y 13 de llevado al laboratorio.	58

Tabla 25. ANOVA para humedad de pulpa de tuna en la I y II toma.....	60
Tabla 26. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable humedad de pulpa de tuna.	60
Tabla 27. ANOVA para humedad de cáscara de tuna en la I y II toma.....	61
Tabla 28. ANOVA para humedad de cáscara de tuna en la I y II toma.....	62
Tabla 29. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable humedad de cáscara de tuna en toma I.....	63
Tabla 30. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable humedad de cáscara de tuna en la toma I.....	64
Tabla 31. ANOVA para cenizas de tuna en la I y II toma.	65
Tabla 32. Costos para la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con escobas	67
Tabla 33. Costos para la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con fuente de calor	68
Tabla 34. Costos para la interacción Índice de cosecha * Estrategia de limpieza con malla tela tul.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferencia de la presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna para índice de cosecha (I).....	26
Figura 2. Diferencia de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna para estrategia de limpieza (E).....	29
Figura 3. Diferencia de presencia de enfermedades plagas y fisiopatías, en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).....	32
Figura 4. Diferencia de pérdida de peso en tuna para índice de cosecha (I).....	37
Figura 5. Diferencia de peso en tuna para estrategia de limpieza (E).....	38
Figura 6. Diferencia de pérdida de peso en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).	41
Figura 7. Diferencia de pérdida de diámetro en tuna para índice de cosecha (I). 45	
Figura 8. Diferencia de pérdida de diámetro en tuna para estrategia de limpieza (E).....	47
Figura 9. Diferencia pérdida de diámetro en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).	50
Figura 10. Diferencia de firmeza en tuna para índice de cosecha (I).....	52
Figura 11. Diferencia de sólidos solubles en tuna para índice de cosecha (I).	56
Figura 12. Diferencia de solidos solubles en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).	57
Figura 13. Diferencia de pH en tuna para índice de cosecha (I).	59
Figura 14. Diferencia de humedad de pulpa de fruta de tuna para índice de cosecha (I).	61
Figura 15. Diferencia de humedad de cáscara de tuna para índice de cosecha (I).	63
Figura 16. Diferencia de humedad de cáscara en tuna para estrategia de limpieza (E).....	64

Figura 17. Diferencia de humedad de cáscara de tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E). 65

INTRODUCCIÓN

La tuna, fruta de cactus o cactus nopal (Albuquerque et al., 2020), según la FAO (2013) está distribuida en todo el mundo en forma de cultivo o silvestre. Esta cactácea es originaria de México y está muy extendido por América Central y del Sur, siendo México su principal productor a nivel mundial (SIAP, 2017). Se adapta a diferentes climas y terrenos áridos y semiáridos (Terán et al., 2015), una de sus ventajas es que puede producir frutos a lo largo del año (Inglese et al., 2002).

Su cosecha se realiza en las primeras horas de la mañana girándola o cortándola (Sandoval et al., 2019). La presencia de espinas en esta fruta la limita en el consumo (Piga et al., 2000), por lo que se busca estrategias para eliminarlos de la fruta totalmente ya que causan temor en el consumidor, porque al entrar en la piel son dolorosos y difíciles de sacarlos, es así que en esta investigación se evaluó tres estrategias de eliminación de los espinos, mediante limpieza con tela tul, con una fuente de fuego y mecánicamente con escobas. El índice de cosecha y eliminación de espinos son factores muy importantes a considerar en la poscosecha, del cuidado de estos factores dependerá la duración del fruto y la vida de anaquel (Salas, 1998).

El interés del consumo de tuna va incrementando debido a sus características nutricionales y bondades para la salud (Santos et al., 2017; Giraldo et al., 2023), como se menciona en numerosos reportes entre ellos la capacidad antioxidantes y anticarcinogénicas (Torres et al., 2015), la vuelve más atractiva en la actualidad.

El cultivo de tuna tiene mucho potencial en el mercado ecuatoriano y como fruta exótica con miras a la exportación, sin embargo el desconocimiento del agricultor de los índices adecuados de cosecha y forma de desespinado trae como consecuencia la pérdida en el almacenamiento ya que al ser frutos no perecederos no madurarán después de la cosecha, más bien iniciará el proceso de descomposición, es así que la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el índices de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y tres estrategias

de limpieza de la fruta para la conservación poscosecha, almacenamiento y comercialización.

Justificación

La tuna (*Opuntia Ficus-indica*) posee un gran valor nutritivo, además de tener propiedades antioxidantes (Torres et al., 2015). Esta cactácea puede ser cultivada en suelo árido o semiárido, además de ser poco exigente en nutrientes por lo que su siembra se vuelve atractiva. Es de gran importancia económica en todo el mundo debido a sus deliciosos y nutricionales frutos y al uso de sus cladodios (Potgieter, 2018).

Los agricultores realizan la cosecha de acuerdo a su experiencia por el color de la fruta, y posteriormente quitan los espinos de los frutos, sin embargo no conocen con exactitud el índice de madurez del fruto para tener una mayor vida útil en poscosecha para su conservación sin que el fruto pierda sus características organolépticas, por otra parte la forma de quitarles las espinas es otro factor que determina la vida útil de la tuna, ya que generalmente los agricultores para quitarle los espinos la ponen directamente en el suelo o en planchas de cemento y les realizan un barrido con escobas, ramas u otro tipo de material para desespinarlas, este proceso hace que la tuna se maltrate, lo cual permite su deterioro más rápido, por lo expuesto en esta investigación se propone aplicar estrategias de limpieza que disminuya el maltrato de la tuna como es limpieza mecánica con escobas, con fuente de calor y con tela tul, dichas estrategias minimizan el daño al fruto al momento de la limpieza de los espinos, alargando su vida útil en anaquel y enfocándonos e incluso a la exportación.

Planteamiento del problema

El desconocimiento del agricultor de los índices adecuados de cosecha en el cultivo de tuna, trae como consecuencia la pérdida en el almacenamiento ya que al ser frutos no perecederos no madurarán después de la cosecha, más bien iniciará la descomposición.

Otro factor que impide que su almacenamiento y comercialización tenga éxito es la forma precaria de quitarle los espinos en la poscosecha, pues el agricultor suele poner la tuna en el piso o en planchas de cemento y las barre con ramas de arbustos o escobas, también frotan la fruta con sacos de polipropileno hasta quitar los espinos e incluso queman los espinos para eliminarlos. Estos procesos causan daños físicos en las frutas disminuyendo su vida útil. Los espinos que tienen son muy pequeños y fácilmente pueden introducirse en la piel y producir un molesto dolor, además son difíciles de sacarlos, por consiguiente, son pocos los consumidores de este fruto que por miedo prefieren no comprar.

El cultivo de tuna es atractivo por su fortaleza frente a plagas y enfermedades, su adaptación a suelos poco fértiles por tener menos exigencia en nutrientes como los otros cultivos tradicionales, pero las dificultades expuestas en la cosecha y poscosecha obstaculiza la comercialización y almacenamiento trayendo pérdidas para los agricultores y comerciantes de frutas.

Hipótesis

H₀: Los índices de cosecha no influyen en el comportamiento poscosecha de tuna.

H₁: Los índices de cosecha influyen en el comportamiento poscosecha de tuna.

H₀: Las estrategias de limpieza del fruto de tuna (*Opuntia ficus - indica*) no influyen en el comportamiento poscosecha.

H₁: Las estrategias de limpieza del fruto de tuna (*Opuntia ficus - indica*) influyen en el comportamiento poscosecha

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el índice de cosecha de tuna (*Opuntia ficus - indica*) y estrategias de limpieza en la conservación poscosecha de la fruta para su almacenamiento.

Objetivos Específicos

- Determinar el índice de madurez con el que se debe cosechar la tuna para su almacenamiento.
- Identificar la estrategia de limpieza que permite conservar las características organolépticas por más tiempo en la poscosecha de la tuna.
- Reportar los costos por tratamiento.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Generalidades del cultivo de *Opuntia ficus-indica*

La tuna es una planta de múltiples usos y desde nuestros ancestros ya la utilizaban con fines medicinales, este valor medicinal de la tuna despertó el interés en la comunidad científica (Albuquerque, 2020).

La tuna es una planta generalmente arbustiva, sus tallos, los cladodios, son fotosintéticos, esta planta que se adapta en zonas donde los otros cultivos no pueden desarrollarse por encontrarse en suelo áridos, son resistentes a la sequía, por tal razón son ideales para lugares donde no cuentan con riego, la única exigencia de esta cactácea es la necesidad de un buen drenaje (Sánchez, 2012).

El nopal es un ícono en la identidad mexicana y formar parte del escudo nacional, tuna a diferencia del nopal verdura se siembra a unos 4 o 5 metros de distancia entre planta, inicia a dar frutos a los tres años aproximadamente, y sus frutos están listos para la cosecha en unos cuatro meses (Hernández, 2020).

1.2. Origen y distribución geográfica la tuna-*Opuntia Ficus-Indica*

La tuna es originaria de las zonas áridas y semiáridas de México, este país de americano cuenta con una de las principales áreas de diversidad genética de *Opuntia ficus-indica* y de del género *Opuntia* (Cota- Sánchez, 2016). FAOSTAT (2020) citado por Roldan y Chavarría (2022) manifiestan que la tuna o nopal es cultivada por sus frutos y cladodios y los productores en orden de importancia son: México, Estados Unidos, Perú y Chile, España, Italia, Marruecos, Etiopía, Argelia, Túnez, Sudáfrica, India y Egipto, Japón, Taiwán y Corea.

1.3. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la tuna es:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tuna

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Caryophyllales
Familia: Cactaceae
Género: Opuntia
Especie: <i>O. ficus-indica</i> (cactus pear)

Fuente: (Scheinvar, 1995) y (Majure et al., 2017) citados por Iqbal et al. (2020).

1.4. Importancia económica

Cota- Sánchez (2016) manifiesta que varias cactáceas tienen un importante valor económico y cultural por su valor nutricional de sus frutos y los cladodios o pencas que lo utilizan como verdura o para la salud.

Según Sánchez (2012) *Opuntia ficus indica* conocida también como chumbera es la especie más importante económicamente, que fue seleccionada por los agricultores a partir de chumberas silvestres.

1.5. Composición química y usos

Varios autores refieren la composición química, sin embargo, se ha considerado la siguiente composición química:

Tabla 2. Composición química de la pulpa

Parámetros	Porcentaje
Humedad	84,2
Proteína	0,99
Grasa	0,24
Fibra	3,16
Ceniza	0,51
Azúcar total	10,27
Vitamina C (mg/100 g)	22,56
β -caroteno (mg/100 g)

Fuente: Rodríguez et al. (1996).

Usos: a tuna es apreciada por su sabor dulce, puede ser consumida directamente una vez pelada o utilizada en la preparación de varios alimentos como mermeladas, jugos y néctares, jaleas, vinos, conservas, dulce de tuna, tuna cristalizada (Albuquerque et al., 2020; Guerrero, 2018). Esta cactácea además de proporcionar alimento a través de sus frutos y cladodios, es una fuente beneficiosa para la salud por sus propiedades medicinales (Albuquerque et al., 2020).

1.6. Fenología y desarrollo del fruto

Las llamativas formas y colores de las flores atraen a los polinizadores que luego dan lugar a la diversidad genética como resultado de una polinización cruzada (Cota-Sánchez & Crutch, 2008).

El fruto es una baya carnosa con una cáscara gruesa, correosa, con espinas muy finas y muchas semillas que se las puede desechar o se las puede consumir, la forma, el tamaño y el color puede cambiar de acuerdo a la variedad (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI], 2007), desde el rojizo morado hasta el verde pálido y sus diferentes tonalidades dependiendo de la variedad (Sánchez, 2012).

La tuna como es conocida en Ecuador es una fruta que tiene espinas, sin embargo, hay variedades de tunas sin espinas. La cáscara es gruesa y la pulpa contiene a muchas semillas de color negro. El color de la cáscara y de la pulpa tienen variaciones, la pulpa puede ser desde blanca hasta rojo o morado (Louppis et al., 2023).

La cantidad de sólidos solubles se incrementará al progresar el índice de madurez con valores cercanos a 14° Brix, no así en el pH que no manifestará cambios al progresar en su madurez y permanecerá alrededor de un valor de 6. En cuanto a la firmeza de los frutos varía entre 1,8 y 3,3 de acuerdo a la especie.

1.7. Maduración del fruto

Esta fruta presenta tres componentes, siendo la pulpa la que se encuentra en mayor porcentaje, es así que está compuesta por cáscara (30 a 40%), pulpa (60 a 70%) y

semillas (2 a 10%). El color de la pulpa de la fruta del nopal tunero va desde verde pálido, amarillo, naranja, magenta, rojo y rojo púrpura.

La fruta avanza en su maduración y se incrementa el contenido de vitamina C, sólidos solubles totales y azúcares totales, mientras que la acidez titulable, disminuye ligeramente (Terán et al., 2014).

El ciclo de madurez de la tuna es de 80 días desde la floración hasta su madurez fisiológica (Bazán y Curbina, 2016), para Martíns et al. (2023) la maduración de la tuna se completa en unos 110 a 120 días después de la floración.

1.8. Cosecha

La cosecha se realiza a la madrugada, 5 de la mañana, los cortadores deben llevar guantes para desprender la fruta de la penca, para lo cual se debe girar a la derecha cuidadosamente hasta desprender la fruta de la penca, si de jala la fruta bruscamente se puede desprender la piel por lo que puede dañarse rápidamente ya que por esa herida pueden ingresar organismos patógenos, el riesgo de lastimar la fruta también puede ocurrir cuando se corta con ganchos (Hernández, 2020).

El momento óptimo de la cosecha debe ser cuando la fruta esté adecuada para el consumo, comercialización y procesamiento, debido a que la tuna es una fruta no climatérica y no madurará después de la cosecha, es así que entre los factores que determinan el momento óptimo de la cosecha está el tamaño, firmeza, color correspondiente al índice de madurez, contenido de sólidos solubles mínimo 14° Brix y caída de gloquidios (Sáenz et al. (2013).

1.8.1. Índice de cosecha

Al momento de la cosecha, el estado de madurez de la fruta es de gran importancia para obtener frutos de buena calidad, por tal razón los frutos deben ser cosechados cuando hayan terminado de madurar y acumulado suficientes azúcares.

Cantwell (1995) recomienda considerar algunos factores externos de madurez para la cosecha de la tuna:

- a) Tamaño y llenado de frutos.
- b) Los cambios de color de la cáscara.
- c) La abscisión de gloquideas.
- d) La firmeza del fruto.
- e) El grado del receptáculo floral (ombligo).

Además, el mismo autor advirtió que estos factores deben correlacionarse los atributos internos de la calidad de la tuna y que el contenido final de azúcar se debe determinar en función del momento de la cosecha, debido a que los cambios en poscosecha no son altos.

Por otra parte, Corrales (2000) afirma que las pérdidas de peso de las frutas después de la cosecha deben a la transpiración de las frutas, en tuna si la pérdida en peso supera el 8% se verá afectada su calidad por marchitamiento de la cáscara, por lo tanto, los frutos no serían vendibles. Entre los factores más importantes de pérdida de peso en la fisiología de la tuna están: la temperatura, la humedad relativa, la ventilación, el estado de desarrollo del fruto al momento de la cosecha y la variedad. A mayor madurez del fruto, la pérdida de peso será mayor.

1.9. Poscosecha y almacenamiento

Entre los factores de manejo tras la cosecha los más importantes son: el grado de madurez al momento de la cosecha, temperatura, humedad relativa, composición de la atmósfera, entre otros, en estudios realizados por Magaña-Benítez et al. (2013)

Según Martín et al. (2013) la tuna es una fruta que se deteriora rápidamente en poscosecha, por lo que la agroindustria apunta a un mejor aprovechamiento, para reducir pérdidas de producción y ofrecer nuevas alternativas de procesamiento de esta fruta.

Desespinado: Mostacero (2018) menciona que el desespinado se realiza con la ayuda de ramas de plantas malezas de forma, manual, eliminando la mayor parte de las espinas.

Una vez cosechada la fruta es fundamental quitar los espinos presentes en la cáscara, porque pueden entrar fácilmente en la piel, son dolorosas y causan irritación (Cota-Sánchez, 2016). En la investigación de Hernández (2020) reporta que los recolectores de tuna llevan fuera de la huerta y barren las tunas con escobas de cambray hasta quitarles las espinas, luego de clasificarlas según el tamaño las empacan en cajas de madera para el transporte.

Las tunas recolectadas de forma tradicional generan pérdidas por daños físicos, debido a que al momento de cosecharlas el agricultor deja caer la tuna al piso y para eliminar las espinas son golpeadas con ramas, disminuyendo la calidad del fruto y por consiguiente el precio a la venta. Debido a los métodos inadecuados de recolección, a la forma de eliminar las espinas, al estado de madurez del fruto y al desconocimiento las condiciones adecuadas de almacenamiento, se produce frutos con algún tipo de daño provocando pérdidas especialmente para el agricultor (Ponce y Vela, 2010).

Sáenz et al., (2013) menciona que una vez recolectadas las tunas dejan que se seque al sol y las espinas son retiradas mediante cepillado a base de ramas tiernas. Berger et al., (1978) citado por Sáenz et al., (2013) reveló que uno de los principales problemas en poscosecha de la tuna es la deshidratación. Entre las técnicas para reducir la deshidratación está la aplicación de fungicidas, el uso de ceras y el embalaje de la fruta.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

Para iniciar el trabajo de investigación se buscó una parcela de tunas, ubicada en el cantón Salcedo, la Matriz, a una altura de 2680 m.s.n.m. perteneciente a la provincia de Cotopaxi. La cosecha de la tuna se hizo en la mañana para evitar que los espinos se desprendan con facilidad de la fruta debido al viento.

2.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental donde se evaluó variables para determinar el efecto producido del índice de cosecha y las estrategias de limpieza en el comportamiento poscosecha de la tuna.

Por otra parte también se utilizó la investigación bibliográfica y cuantitativa que permitirá cuantificar la recopilación y el análisis de datos mediante resultados numéricos que sirven para comparar los valores obtenidos en la fase de experimental.

2.3. Población y muestra

La población que se utilizó fue una parcela con 200 plantas de tuna, ubicada en cantón Salcedo, provincia Cotopaxi.

La muestra fue de 9 tratamientos y 3 repeticiones, cada tratamiento contó con 10 frutos.

2.3. Técnicas e instrumentos

Las técnicas utilizadas fueron: la observación, que permitió observar el índice de madurez del fruto para su cosecha y clasificación, la técnica de recolección de datos para posterior análisis e identificación de la influencia de los factores de estudio, índice de cosecha y estrategias de limpieza, en las variables analizadas.

El instrumento fue el libro de campo que permitió recolectar y tabular los datos obtenidos durante la investigación para luego ser analizados.

2.4. Factores de estudio

2.4.1. Índice de cosecha

I1: Estadio 1 Verde claro (VC).

I2: Estadio 2 amarillo predominante (AP).

I3: Estadio 3 Naranja rojizo (NR).

2.4.2. Estrategias de limpieza

E1: limpieza mecánica con escobas.

E2: limpieza con una fuente de calor.

E3: limpieza con malla de tela tul.

2.5. Tratamientos

De la interacción de los factores en estudio se obtuvo 9 tratamientos como se detalla en la tabla 3:

Tabla 3. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
T ₁	(I1E1)	Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza mecánica con escobas.
T ₂	(I1E2)	Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza con una fuente de calor
T ₃	(I1E3)	Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza con malla de tela tul.
T ₄	(I2E1)	Estadio 2 amarillo predominante con la estrategia de limpieza mecánica con escobas.
T ₅	(I2E2)	Estadio 2 amarillo predominante con la estrategia de limpieza con una fuente de calor
T ₆	(I2E3)	Estadio 2 amarillo predominante con la estrategia de limpieza con malla de tela tul.
T ₇	(I3E1)	Estadio 3 Naranja rojizo con la estrategia de limpieza mecánica con escobas.
T ₈	(I3E2)	Estadio 3 Naranja rojizo con la estrategia de limpieza con una fuente de calor
T ₉	(I3E3)	Estadio 3 Naranja rojizo con la estrategia de limpieza con malla de tela tul.

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

2.6. Diseño experimental

En la investigación se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial (3x3) por tres obteniendo 27 unidades experimentales, compuestas por 10 tunas cada unidad y cada tratamiento estuvo compuesto por 30 tunas. Los tratamientos fueron las combinaciones de los índices de madurez del fruto, considerando tres índices de madures y tres estrategias de limpieza.

2.7. Análisis estadístico

Se trabajó con el esquema de ADEVA y para la fuente de variación que presente significancia estadística se realizó la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 4. Esquema de análisis de varianza – ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
A – Índice de madurez (a – 1)	2
B – Estrategias de limpieza (b – 1)	2
A x B (a– 1) (b – 1)	4
Repeticiones (r-1)	2
Total	26

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

2.8. Costo por tratamiento

Se reportó el costo por estrategias de limpieza y por tratamiento.

2.9. Manejo del experimento

2.9.1. Recolección de la materia prima según índice de madurez

La variedad de tuna empleada fue la tuna blanca con espinos.

Se cosechó tunas en tres índices de madurez que corresponden a tres estadios:

I1: Estadio 1 Verde claro (VC); I2: Estadio 2 amarillo predominante (AP) y I3: Estadio 3 Naranja rojizo (NR). En los tres estadios se cosechó frutos de tamaño homogéneo libres de plagas y enfermedades.

2.9.2. Estrategias de limpieza de los espinos de la tuna

Una vez cosechada la tuna se procedió a la limpieza utilizando tres estrategias:

Estrategia 1 (E1): limpieza mecánica con escobas, para lo cual se utilizó una máquina manual limpiadora de tunas con diseño de la autora (Anexo. Fotografía 8). Las tunas se introdujeron en la máquina, la misma que contiene un manubrio con escobas y tiene un movimiento unidireccional de adelante hacia atrás para frotar las tunas.

Características de la máquina manual limpiadora de tunas

- Material de construcción: tol galvanizado de 1/20 de espesor, tubo cuadrado galvanizado de 1- ¼" y 2 mm de espesor, escobas y alfombra.
- Dimensiones de la máquina: 0,73 m de alto; 1,26 m de largo y 0,35 m de ancho.
- Dimensiones del cajón portador de las tunas: 0,80 m de largo; 0,35 m de ancho y 0,13 m de alto.
- La máquina está formada por un cajón ensamblado con 4 patas, y estas a la vez están unidas por tres soportes que le dan estabilidad a la máquina
- Al lado posterior tiene una canaleta para deslizar las tunas desespinaadas a un recipiente.
- Dispone de una cubierta con 5 escobas ubicadas equidistantes en la parte superior, esta cubierta posee un manubrio con movimiento unidireccional de adelante hacia atrás para frotar las tunas, las escobas cumplen la función de sacar los espinos de la tuna.
- Tiene una alfombra removible en la base del cajón para minimizar el deterioro de la fruta y también para sacar los espinos.
- Capacidad de la máquina: limpia 30 tunas cada 5 minutos, en este tiempo se incluye el tiempo de cargar y descargar las tunas en la máquina.

Estrategia 2 (E2): limpieza con una fuente de calor, se utilizó un soplete de mango de 30 cm, el cual se adaptó a un tanque de gas, y con la flama baja se quemó los espinos de la tuna, las mismas que reposaron en una bandeja metálica durante este proceso.

Estrategia 3 (E3): limpieza con malla de tela tul, en esta estrategia se adaptó la tela tul en un balde de 12 litros, en el cual se puso las tunas y se realizó movimientos giratorios para eliminar los espinos. A cada índice de madurez se aplicó las tres estrategias de limpieza.

2.9.3. Variables evaluadas

Para evaluar las diferentes variables se tomó 5 tunas para las variables destructivas y cinco tunas para las variables no destructivas de cada tratamiento.

Todos los tratamientos estuvieron en las mismas condiciones de temperatura, correspondiente a la que presentó el laboratorio durante el ensayo, fluctuando entre 18 a 22°C.

Las variables: color, porcentaje de enfermedades-plagas-fisiopatías, pérdida de peso y diámetro consideradas no destructivas se evaluó cada tres días hasta que salió la última tuna del ensayo considerada no apta para la comercialización por la presencia de enfermedades-plagas-fisiopatías, es así que a los 34 días de almacenamiento salió la última tuna.

En el caso de las variables destructivas como firmeza, pH y sólidos solubles, se realizó 5 tomas de datos cada tres días durante 13 días, mientras que las variables destructivas humedad y cenizas se tomó dos veces considerando que los cambios son mínimos, por lo que se evaluó al inicio y después de 7 días.

- **Color:** se trabajó con tres índices de cosecha correspondientes a tres códigos de la tabla de Munsell para vegetales: verde claro (VC) correspondiente al código 2,5GY6/10; amarillo predominante (AP) correspondiente al código 2,5GY8/10 y naranja rojizo (NR) código 5R6/10. La determinación del color se lo hizo cada tres días mediante la tabla de Munsell, esta tabla incluye todos los matices del rango visible del espectro electromagnético.
- **Porcentaje de enfermedades, plagas y fisiopatías:** se evaluó cinco tunas cada tres días, para el efecto se observó detenidamente cada fruta y en el caso de presentar algún tipo de daño ya sea provocado por enfermedades como manchas o pudriciones, plagas (huevos larvas), o fisiopatías como deshidratación o rajaduras, y en el día en que la fruta presentó algún tipo de daño como los ya mencionados se procedió a retirar del ensayo

considerando que ya ha perdido su calidad y no está apta para comercializar.

- **Pérdida de peso:** el peso se tomó con una balanza digital de cinco frutos por tratamiento cada tres días, y se sacó el porcentaje de pérdida de peso, en cada tratamiento se tomó este dato hasta que salió del experimento la última tuna por ser considerada no apta para su comercialización por presentar algún tipo de daño. El experimento en el laboratorio duró 34 días, tiempo en el que salió la última tuna.
- **Diámetro:** se evaluó cinco tunas cada tres días y se empleó un escalímetro metálico para medir el diámetro de los cinco frutos hasta que salió la última tuna del experimento. El experimento en el laboratorio duró 34 días, tiempo en el que salió la última tuna del experimento por presentar algún tipo de daño ya sea por enfermedad, plagas o fisiopatías, registrando así 12 tomas de datos.
- **Firmeza:** este indicador se tomó de cinco tunas cada tres días con un penetrómetro de frutas. Se tomó la firmeza de 1 fruto por tratamiento cada tres días hasta el treceavo día, realizando cinco tomas en total.
- **Sólidos solubles (°Brix):** se trabajó con cinco tunas y se avaluó una tuna por tratamiento cada tres días. Se empleó el refractómetro digital, para lo cual se utilizó 30 gramos de fruta sin cáscara, se licuó y luego se tomó una gota de este jugo y se colocó en el sensor del refractómetro para obtener la lectura, este valor se expresó como porcentaje de sólidos totales. Los datos se registraron hasta el treceavo día obteniendo cinco tomas.
- **pH:** se trabajó con cinco tunas y para evaluar el pH se utilizó un pH-metro digital. Se tomó 1 fruto de cada tratamiento cada tres días y se procedió a

tomar una parte del fruto, luego se licuó y se introdujo el pH-metro en el jugo obtenido. Los datos se registraron hasta el treceavo día obteniendo cinco tomas.

- **Humedad y cenizas:** tanto humedad como cenizas se realizó dos evaluaciones, el primer día y el séptimo, este rango de tiempo fue mayor al rango utilizado en las demás variables considerando que los cambios son mínimos cada día. Para determinar la humedad se utilizó una muestra de 30 g y se puso en la estufa durante 24 horas a 60°C. Luego para determinar la cantidad de cenizas se quemó las muestras al aire y posteriormente en una mufla.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Variable color

En este estudio se identificó tres índices de madurez correspondiente a tres colores mediante percepción visual durante la cosecha e identificación en la tabla de Munsell para vegetales: 2,5GY6/10 correspondiente al color verde claro, 2,5GY8/10 correspondiente al amarillo predominante y 5R6/10 correspondiente al naranja rojizo.

La siguiente tabla muestra la evolución del color de acuerdo al tratamiento:

Tabla 5. Comportamiento del color por tratamientos a los 1,4,7,10,13,16,19,22,25,28,31 y 43 días

Tratamientos	Día 1	Día 4	Día 7	Día 10	Día 13	Día 16	Día 19	Día 22	Día 25	Día 28	Día 31	Día 34
T1: I1E1	2,5GY6/10	2,5GY6/10	2,5GY6/10	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8
T3: I1E3	2,5GY6/10	2,5GY6/10	2,5GY6/10	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	2,5GY7/10	2,5GY7/10	2,5GY7/10	2,5GY7/10	
T2: I1E2	2,5GY6/10	2,5GY6/10	2,5GY6/10	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	5GY6/8	2,5GY7/10	2,5GY7/10			
T7: I3E1	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10				
T4: I2E1	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/12	2,5GY8/12	2,5GY8/12					
T5: I2E2	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/12	2,5GY8/12	2,5GY8/12					
T6: I2E3	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/10	2,5GY8/12	2,5GY8/12	2,5GY8/12					
T8: I3E2	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10					
T9: I3E3	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10	5R6/10					

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

La tabla 5 presenta la evolución del color de los tratamientos hasta que salen del ensayo por presencia ya sea de enfermedades, plagas y fisiopatías, se observó que los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 tuvieron un mínimo incremento en la tonalidad del color, no así los tratamientos T7, T8 y T9 que no se incrementó su tonalidad, se considera que es debido a que ya están en su máximo índice de madurez.

Según Sáenz et al. (2013) el momento óptimo de la cosecha debe ser cuando la fruta esté adecuada para el consumo, comercialización y procesamiento, debido a que la tuna es no climatérica y no madurará después de la cosecha se debe considerar los siguientes factores que determinan el momento óptimo de la cosecha como el tamaño, firmeza, color correspondiente al índice de madurez, contenido de sólidos solubles mínimo 14° Brix y caída de gloquidios.

En cuanto al índice de madurez Allegra et al. (2015) menciona que este parámetro influye en la vida útil de anaquel de la tuna, coincidiendo estos resultados con esta investigación que se identificó que a mayor índice de madurez menor es la vida útil de la fruta.

3.1.2. Variable Presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.

Los resultados obtenidos en el ANOVA se muestran a continuación:

Tabla 6. ANOVA para Presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías de tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.

F.V.	gl	Día 4		Día 7		Día 10		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28		Día 31		Día 34	
		p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.
Repetición	2	0,7394	ns	0,1634	ns	0,585	ns	0,7725	ns	0,9698	ns	0,1104	ns	0,1678	ns	>0,9999	ns	0,633	ns	0,7982	ns	>0,9999	ns
Factor A	2	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0002	**	0,001	**	0,0492	*	0,039	*
Factor B	2	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0001	**	0,0253	*	0,0021	**	0,011	*	0,2326	ns	0,2914	ns
Factor A*B	4	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0109	**	0,0004	**	0,0035	**	0,2226	ns	0,3003	ns
Error	16																						
Total	26																						
CV %		6,69		7,80		7,10		9,57		8,14		4,82		8,96		6,04		5,83		8,3		5,9	
PROMEDIO		5,19		9,63		9,63		39,26		67,41		90,37		91,11		95,56		96,30		97,04		97,78	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Ns: no significativo

*: Significativo

** : Altamente significativo

Según el análisis de varianza para la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías y se observa diferencias significativas para factor A (Índice de cosecha) a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días; para factor B (Estrategia de limpieza) y para la interacción A*B (Índice de cosecha* estrategia de limpieza) se observa diferencia significativa a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 y 28 días lo que significa que influyen en la presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías. Los coeficientes de variación alcanzados durante la investigación fueron de 6,69 % a los cuatro días; 7,80 % a los siete días; 7,10 % a los diez días; 9,57 % a los trece días; 8,14 % a los dieciséis días; 4,82 % a los diecinueve días; 8,96 % a los veinte y dos días; 6,04 % a los veinte y cinco días; 5,83 % a los veinte y ocho días; 8,3 % a los treinta y un días y 5,9 % a los treinta y cuatro días.

Tabla 6. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.

	Día 4			Día 7			Día 10			Día 13			Día 16			Día 19			Día 22			Día 25			Día 28			Día 31			Día 34		
Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos				
I3: (NR)	2,22	A	I1	4,44	A	I3	8,89	A	I1	28,8 9	A	I1	42,2 2	A	I1	73,3 3	A	I1	73,3 3	A	I1	86,6 7	A	I1	88,8 9	A	I1	91,1 1	A	I1	93,3 3	A	
I1: (VC)	4,44	B	I3	11,1 1	B	I2	8,89	A	I3	42,2 2	B	I2	75,5 6	B	I3	97,7 8	B	I3	100	B	I3	100	B	I3	100	B	I3	100	B	I3	100	B	
I2: (AP)	8,89	C	I2	13,3 3	C	I1	11,1 1	B	I2	46,6 7	B	I3	84,4 4	B	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha (I) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías a los 4 días, se presentan tres rangos de significancia, en el rango “A” se ubica I3 (naranja rojizo) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 2,22 %, mientras que los demás índices se ubicaron en rangos inferiores.

A los 7 días se presentó tres rangos de significancia, en el rango “A” se ubica I1 (verde claro) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 4,44 %. A los 10 días se presentó dos rangos de significación en el rango “A” se ubican I3 (naranja rojizo) y I2 (amarillo predominante) con 8,89 % de enfermedades, plagas y fisiopatías, los demás índices se presentaron mayor porcentaje y se ubicaron en rangos inferiores.

A partir del día 13 hasta el día 34 se presentan en el rango “A” el índice I1 (verde claro) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con medias de 28,9; 42,22; 73,33; 73,33; 86,6; 88,89; 91,11 y 93,33 %, respectivamente, mientras que en el rango “B” se presentó I2 (amarillo predominante) y I3 (naranja rojizo) con mayor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.

Los factores de deterioro de la tuna son de origen biótico y abiótico. Los primeros tienen que ver con el metabolismo del propio fruto, así como el ataque de microorganismos y los segundos con el medio ambiente y el manejo postcosecha. Al ser la tuna un fruto altamente perecedero, con una vida almacenamiento que varía entre nueve y quince días a temperatura ambiente dificulta su almacenamiento (Cantwell, 1995).

Berger et al., (1978) citado por Sáenz et al., (2013) reveló que uno de los principales problemas en poscosecha de la tuna es la deshidratación. Entre las técnicas para reducir la deshidratación está la aplicación de fungicidas, el uso de ceras y el embalaje de la fruta.

Figura 1. Diferencia de la presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna para índice de cosecha (I).

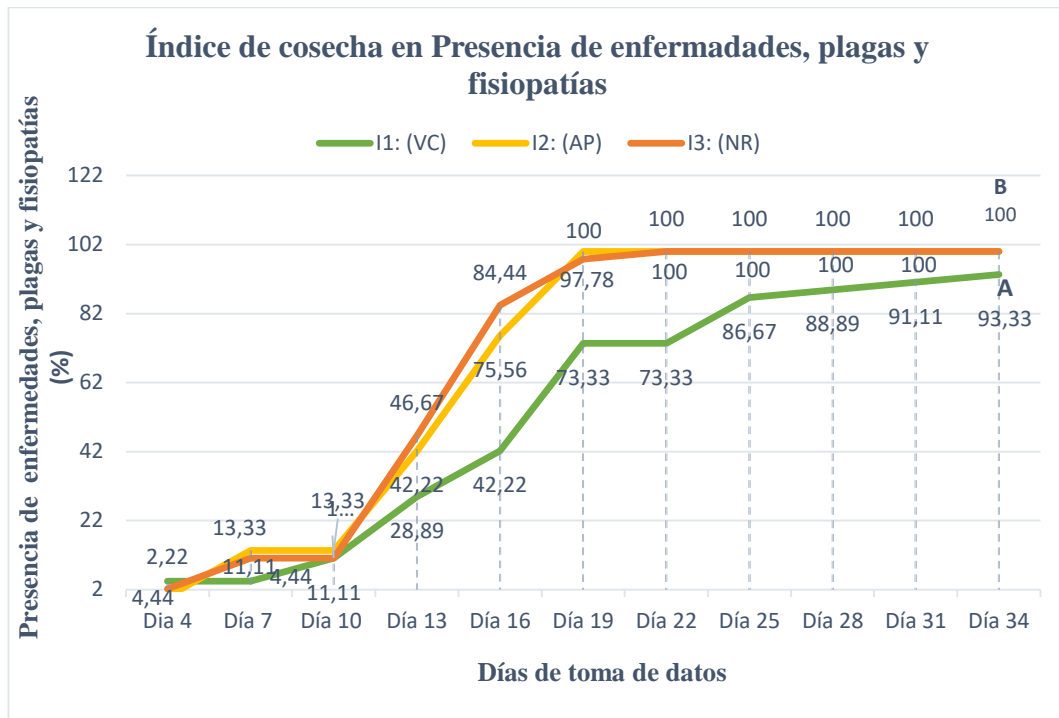


Tabla 7. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.

	Día 4		Día 7		Día 10		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28											
Factor B	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos										
E1	0	A	1	0	A	1	0	A	3	24,44	A	1	57,78	A	1	86,67	A	3	86,67	A	1	88,89	A	1	91,11	A		
E3	0	A	3	0	A	3	0	A	1	40	B	3	57,78	A	3	86,67	A	1	88,89	A	B	3	97,78	B	3	97,78	A	B
E2	15,56	B	2	28,89	B	2	28,89	B	2	53,33	C	2	86,67	B	2	97,78	B	2	97,78	B	2	100	B	2	100	B		

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para estrategia de limpieza (E) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías a los 4, 7 y 10 días, se presentan dos rangos de significancia, en el rango “A” se ubica E1 (Limpieza mecánica con escobas) y E3 (Limpieza con malla de tela tul) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 0 %, mientras que en el rango “B” se presentó E2 (Limpieza con una fuente de calor) con mayor porcentaje con 15,56 y 28,89 % de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías, respectivamente.

En el día 13, se presentan tres rangos de significancia, en el rango “A” se ubica E3 (Limpieza con malla de tela tul) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 24,44 %, mientras que en el rango “B” se presentó E2 (Limpieza con una fuente de calor) con mayor porcentaje con 53,33 % de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.

A los 16 y 19 días, se presentan dos rangos de significancia, en el rango “A” se ubica E1 (Limpieza mecánica con escobas) y E3 (Limpieza con malla de tela tul) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 57,78 y 86,67 %; mientras que en el rango “B” se presentó E2 (Limpieza con una fuente de calor) con mayor porcentaje con 86,67 y 97,78 % de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías, respectivamente.

A los 22 días, se presentan tres rangos de significancia, en el primer rango “A” se ubica E3 (Limpieza con malla de tela tul) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 86,67 %, mientras que en el último rango “B” se presentó E2 (Limpieza con una fuente de calor) con mayor porcentaje con 97,78 % de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.

En los 25 y 28 días E1 (Limpieza mecánica con escobas) se presenta en el rango “A” con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 88,89 y 91,11 %, respectivamente, mientras que en el rango “B” se presentó E2 (Limpieza con una fuente de calor) con 100 % de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías.

Figura 2. Diferencia de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna para estrategia de limpieza (E).

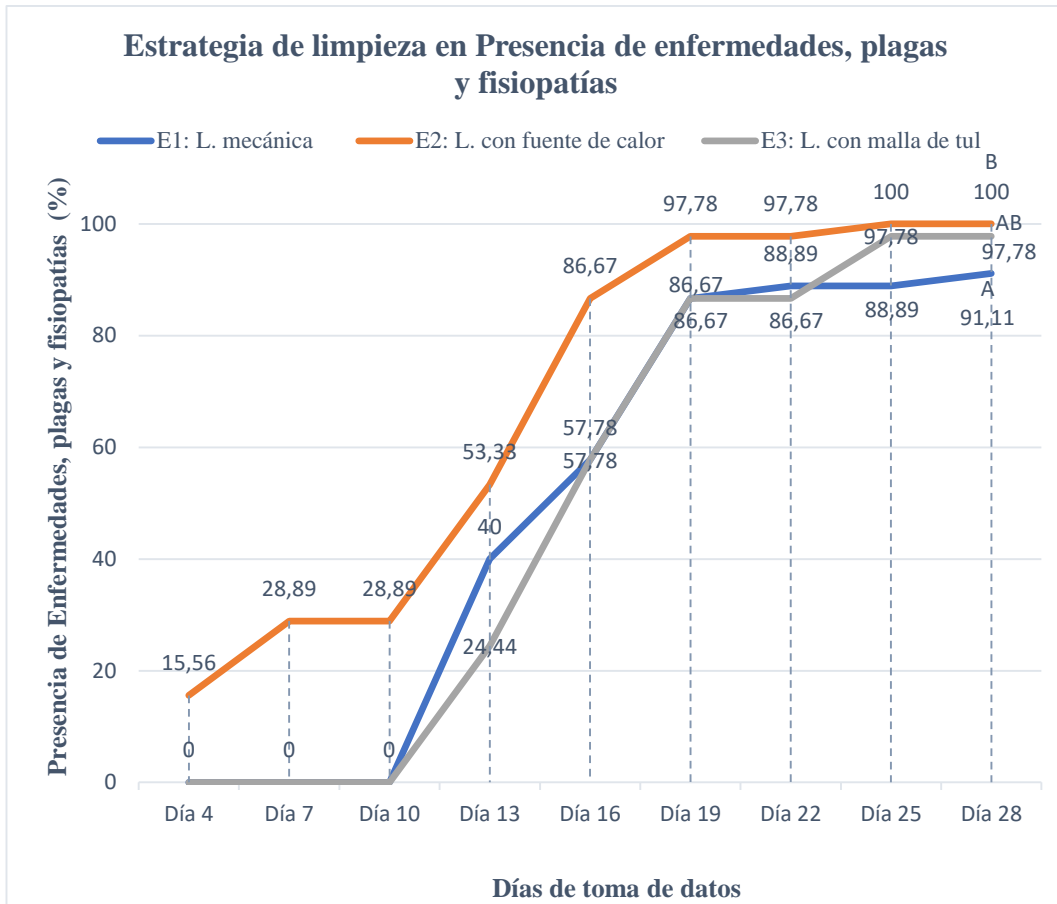


Tabla 8. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable Presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en tuna a los 7, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.

Día 7			Día 19			Día 22			Día 25			Día 28		
Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos
T3: I1E3	8,62	A	T3: I1E3	60	A	T3: I1E3	60	A	T1: I1E1	66,67	A	T1: I1E1	73,33	A
T1: I1E1	9,53	A	T1: I1E1	66,67	A B	T1: I1E1	66,67	A	T3: I1E3	93,33	B	T3: I1E3	93,33	B
T7: I3E1	10,25	A	T7: I3E1	93,33	B C	T2: I1E2	93,33	B	T7: I3E1	100	B	T7: I3E1	100	B
T4: I2E1	10,85	A	T2: I1E2	93,33	B C	T7: I3E1	100	B	T8: I3E2	100	B	T8: I3E2	100	B
T9: I3E3	11,53	A	T8: I3E2	100	C	T8: I3E2	100	B	T9: I3E3	100	B	T9: I3E3	100	B
T6: I2E3	12,45	A	T9: I3E3	100	C	T9: I3E3	100	B	T6: I2E3	100	B	T6: I2E3	100	B
T2: I1E2	13,33	A	T4: I2E1	100	C	T4: I2E1	100	B	T2: I1E2	100	B	T2: I1E2	100	B
T8: I3E2	33,33	B	T5: I2E2	100	C	T5: I2E2	100	B	T4: I2E1	100	B	T4: I2E1	100	B
T5: I2E2	40	B	T6: I2E3	100	C	T6: I2E3	100	B	T5: I2E2	100	B	T5: I2E2	100	B

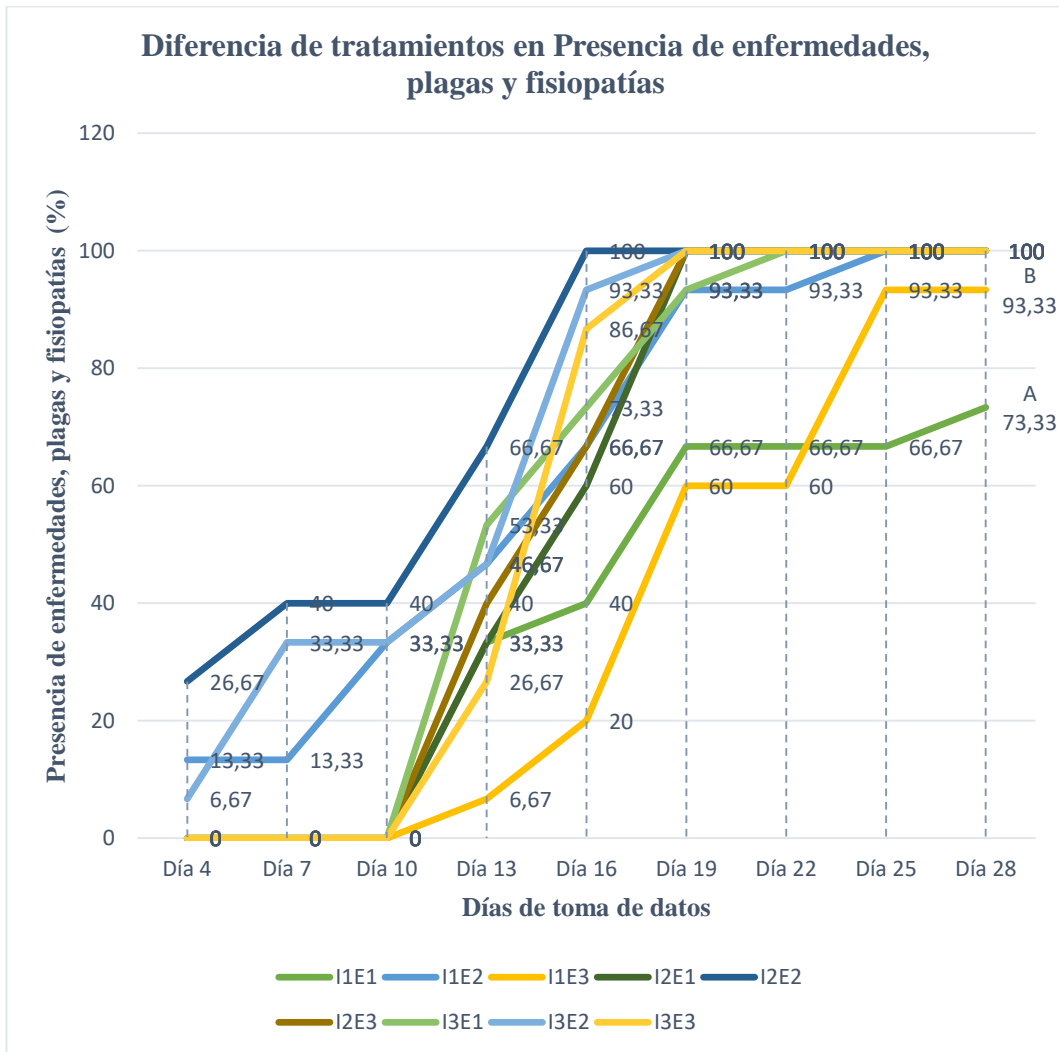
Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para la interacción índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías a los 7, 19 y 22 días, se presentan en primer lugar T3 (Estadio verde claro con limpieza con malla de tela tul) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 0 y 60 %.

A los 25 y 28 días, se presentan en primer lugar T1 (Estadio verde claro con limpieza mecánica con escobas) con menor porcentaje de presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías en la tuna con 66,67 y 73,33 %. Se observó que mientras la cáscara presenta algún tipo de daño ya sea por enfermedad, plaga o fisiopatía, la pulpa mantiene su calidad.

Se observó que la tuna cosechada en índice de cosecha verde claro y estrategia de limpieza mecánica con escobas correspondiente al tratamiento (IIE1) presentó menores daños por presencia de enfermedades, plagas y fisiopatías alargando su vida útil en anaquel hasta 28 días, siendo menor la vida en anaquel discutido por Choque (2021) quien señala que en condiciones al ambiente, la variedad blanca no se pudre hasta los 42 días y que en relación a la vida de anaquel se conserva, perfectamente hasta la tercera semana con pérdidas mínimas.

Figura 3. Diferencia de presencia de enfermedades plagas y fisiopatías, en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.3. Variable pérdida de peso

Tabla 9. ANOVA para pérdida de peso de tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.

F.V.	gl	Día 4		Día 7		Día 10		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28		Día 31		Día 34	
		p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.
Repetición	2	0,29	ns	0,0224	*	0,2158	ns	0,1685	ns	0,6076	ns	0,5113	ns	0,1601	ns	0,9112	ns	0,6505	Ns	0,6946	ns	0,9705	ns
Factor A	2	0,0102	*	0,995	ns	0,0017	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,0001	*	<0,0001	*	0,0003	*	0,0017	*	0,0553	ns	0,0321	*
Factor B	2	0,0116	*	0,0811	ns	0,3049	ns	<0,0001	*	<0,0001	*	0,0811	ns	0,0768	ns	0,0025	*	0,0134	*	0,1948	ns	0,2128	ns
Factor A*B	4	0,05	*	0,0552	ns	0,0934	ns	<0,0001	*	0,0082	*	0,1292	ns	0,0521	ns	0,0006	*	0,0047	*	0,1753	ns	0,1975	ns
Error	16																						
Total	26																						
CV %		8,57		8,34		6,44		6,64		9,03		9,61		8,04		5,41		5,12		6,98		4,37	
PROMEDIO		2,71		5,32		7,85		38,03		68,44		91,96		92,73		96,29		97,02		97,55		98,29	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según el análisis de varianza para la variable pérdida de peso se observa diferencias significativas para factor A (Índice de cosecha) a los 4,10. 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días; para factor B (Estrategia de limpieza) se observa a los 4,13, 16, 25 y 28 días; para la interacción A*B (Índice de cosecha* estrategia de limpieza) a los 4, 13, 16, 25 y 28 días lo que significa que influyen en la pérdida de peso.

Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable pérdida de peso son 8,57 % a los cuatro días; 8,34 % a los siete días; 6,44 % a los diez días; 6,64 % a los trece días; 9,03 % a los dieciséis días; 9,61 % a los diecinueve días; 8,04 % a los veinte y dos días; 5,41 % a los veinte y cinco días; 5,12 % a los veinte y ocho días; 6,98 % a los treinta y un días y 4,37 % a los treinta y cuatro días.

Tabla 10. Test de Tukey (5%) del factor A (índice de cosecha) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días de llevado al laboratorio.

	Día 4		Día 10		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28		Día 34						
Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos	Índice	Medias (%)	Rangos			
I2: (AP)	2,52	A	I1	7,34	A	I1	26,31	A	I1	44,05	A	I1	77,87	A	I1	88,87	A	I1	91,07	A	I1	94,86	A
I3: (NR)	2,72	A B	I2	7,83	A B	I3	40,62	B	I2	74,89	B	I3	98,02	B	I3	100	B	I3	100	B	I3	100	B
I1: (VC)	2,91	B	I3	8,39	B	I2	47,15	C	I3	86,39	C	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B	I2	100	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha (I) en la variable pérdida de peso en el día 4 se presenta en primer lugar el índice I2 (amarillo prominente) con 2,52 % , los demás índices presentan mayor pérdida de peso y se presentan en rangos inferiores. A 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días, se presenta en el rango “A” el índice I1 (verde claro) con menor pérdida de peso en la tuna con 7,34; 26,31; 44,05; 77,87; 78,18; 88,87; 91,07 y 94,86 %, los demás índices presentan mayor pérdida de peso con 100 % a los 34 días.

Choque (2021) reporta que la tuna blanca pierde un 10% de peso en los 42 días sometidos en refrigeración, lo que indica que la temperatura de almacenamiento influye en la pérdida de peso de los frutos, además hace referencia que la tuna variedad blanca es más resistente a la deshidratación por tener cáscara más gruesa.

Respecto a la pérdida de peso en los tres índices de cosecha está sobre el 2,50% hasta el día 19 y luego se incrementa más del 90%. Estos valores son superiores a los señalados por Choque (2021), lo que indica que la temperatura es un factor que influye directamente en la deshidratación de la fruta.

Figura 4. Diferencia de pérdida de peso en tuna para índice de cosecha (I).

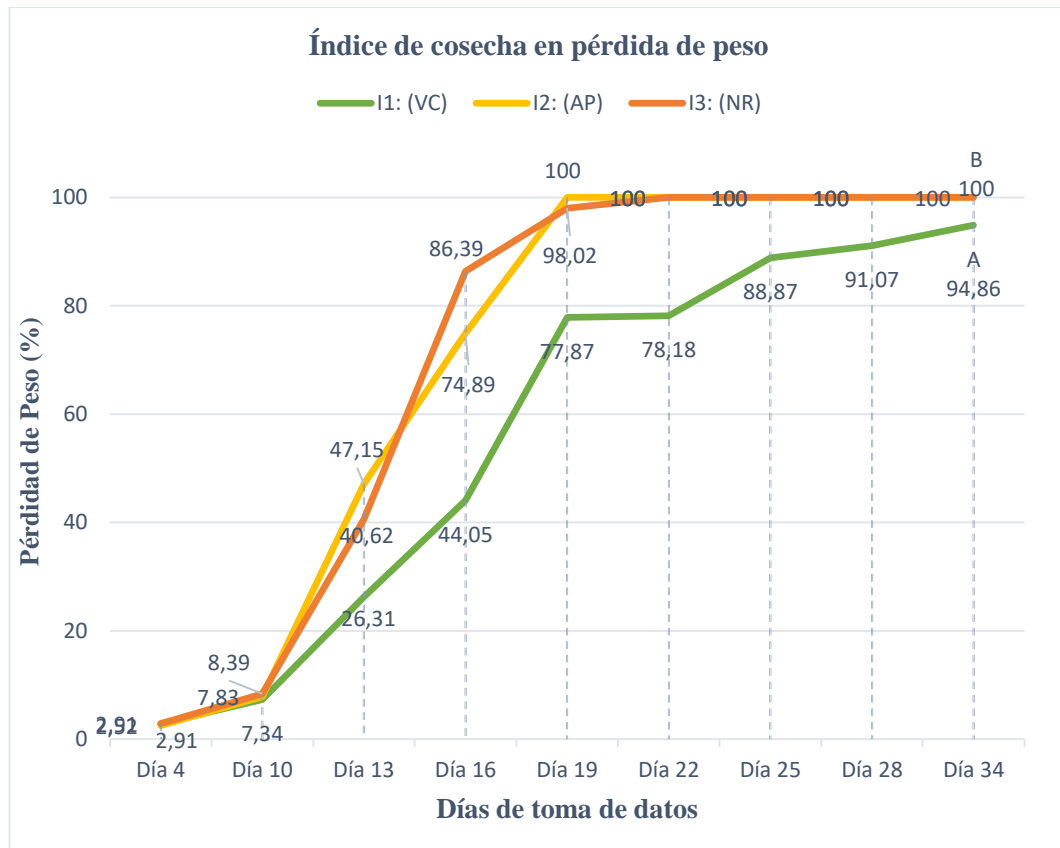


Tabla 11. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 13, 16, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.

Día 4			Día 13			Día 16			Día 25			Día 28		
Estrategia	Medias (%)	Rangos	Estrategia	Medias (%)	Rangos	Estrategia	Medias (%)	Rangos	Estrategia	Medias (%)	Rangos	Estrategia	Medias (%)	Rangos
E1	2,51	A	E3	30,4	A	E3	61,0	5 A	E1	90,3	8 A	E1	92,5	4 A
E3	2,78	A B	E2	40,3	B	E1	63,4	8 A	E3	98,4	9 B	E3	98,5	3 A B
E2	2,87	B	E1	43,3	B	E2	80,7	9 B	E2	100	B	E2	100	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según la prueba de significación de Tukey al 5%, examinando el factor estrategia de limpieza (E), en la pérdida de peso de la fruta en el día 4, la menor pérdida de peso reportó los frutos que se aplicó la E1 (Limpieza mecánica), con promedio de

2,51 %. ubicado en el primer rango “A”, seguido de las demás estrategias que se ubicaron en rangos inferiores.

A los 13 y 16 días, la menor pérdida de peso reportó los frutos que se aplicó la E3 (Limpieza con malla de tela tul), con promedio de 30,4 y 61,05 %. ubicado en el primer rango “A”, seguido de las demás estrategias.

A los 25 y 28 días, la menor pérdida de peso reportó los frutos que se aplicó la E1 (Limpieza mecánica con escobas, con promedio de 90,38 y 92,54 %. ubicado en el rango “A”, seguido de los tratamientos de los frutos que recibieron las estrategias E3 (Limpieza con malla de tela tul) y E2 (Limpieza con una fuente de calor) que se ubicaron en rangos inferiores.

Figura 5. Diferencia de peso en tuna para estrategia de limpieza (E).

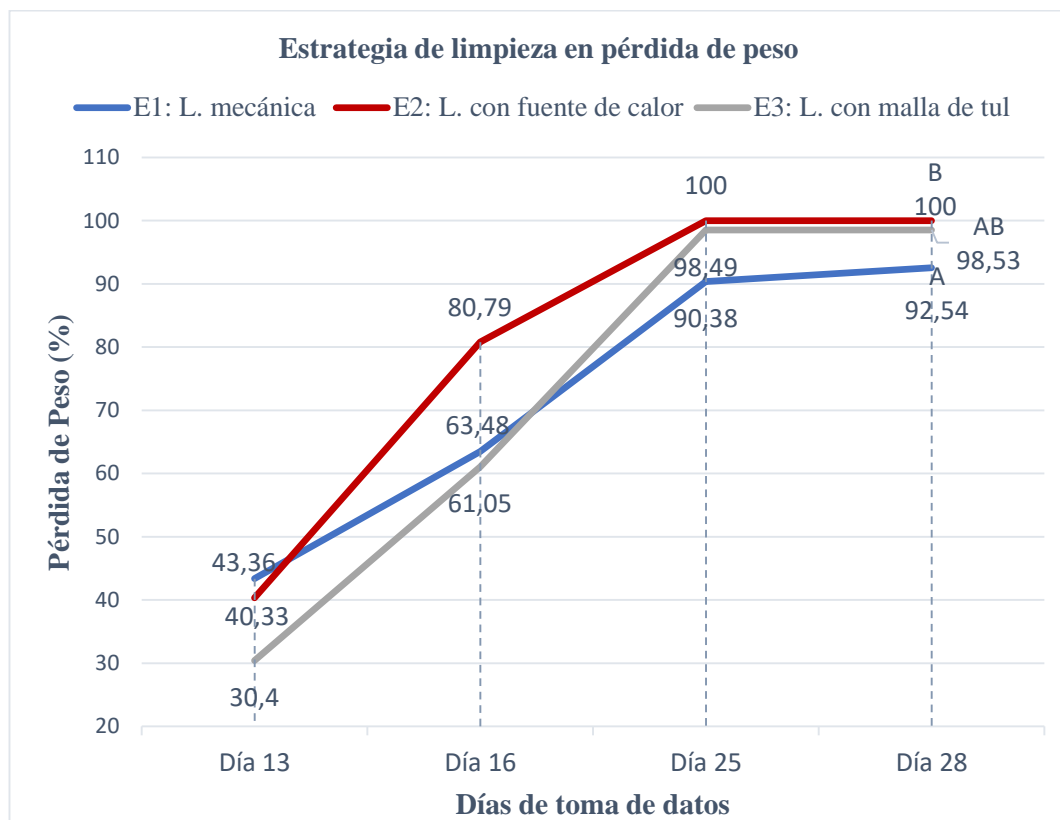


Tabla 12. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable pérdida de peso en tuna a los 4, 13, 16, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.

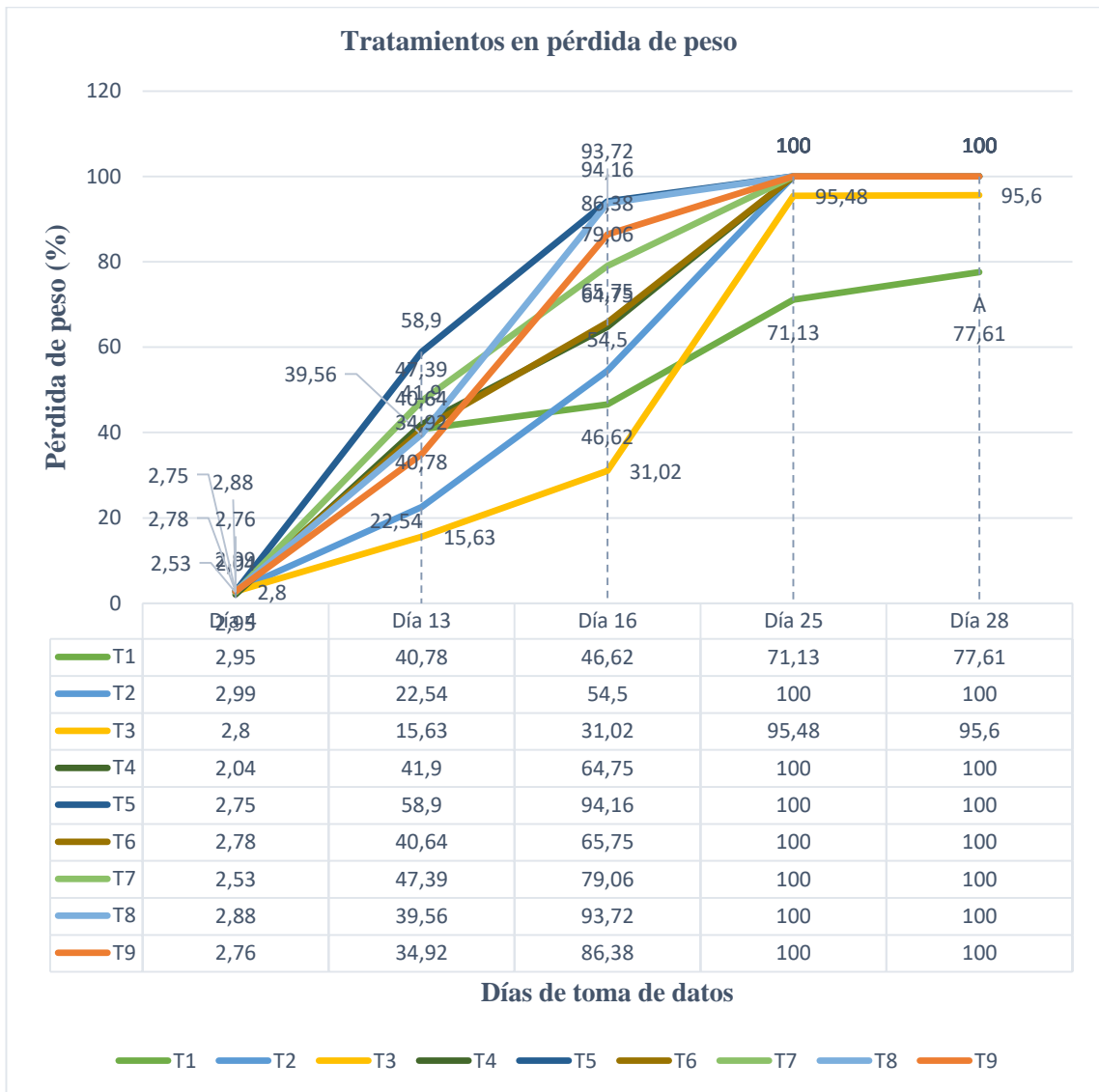
Día 4			Día 13			Día 16			Día 25			Día 28		
Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos	Tratamientos	Medias (%)	Rangos
T4: I2E1	2,04	A	T3: I1E3	15,63	A	T3: I1E3	31,02	A	T1: I1E1	71,13	A	T1: I1E1	77,61	A
T7: I3E1	2,53	A B	T2: I1E2	22,54	A B	T1: I1E1	46,62	A B	T3: I1E3	95,48	B	T3: I1E3	95,6	B
T5: I2E2	2,75	B	T9: I3E3	34,92	A B	T2: I1E2	54,5	B C	T7: I3E1	100	B	T7: I3E1	100	B
T9: I3E3	2,76	B	T8: I3E2	39,56	A B	T4: I2E1	64,75	C D	T8: I3E2	100	B	T8: I3E2	100	B
T6: I2E3	2,78	B	T6: I2E3	40,64	A B	T6: I2E3	65,75	C D	T9: I3E3	100	B	T9: I3E3	100	B
T3: I1E3	2,8	B	T1: I1E1	40,78	A B	T7: I3E1	79,06	D E	T6: I2E3	100	B	T6: I2E3	100	B
T8: I3E2	2,88	B	T4: I2E1	41,9	A B C	T9: I3E3	86,38	E	T2: I1E2	100	B	T2: I1E2	100	B
T1: I1E1	2,95	B	T7: I3E1	47,39	B C	T8: I3E2	93,72	E	T4: I2E1	100	B	T4: I2E1	100	B
T2: I1E2	2,99	B	T5: I2E2	58,9	C	T5: I2E2	94,16	E	T5: I2E2	100	B	T5: I2E2	100	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en pérdida de peso, en el día 4 se observó la menor pérdida de peso de fruto en el tratamiento 4 (I2E1 Estadio amarillo prominente con la estrategia de limpieza mecánica) con promedio de 2,04 %, ubicándose en el primer rango en la prueba.

A los 13 y 16 días se observó la menor pérdida de peso de fruto en el tratamiento I1E3 (Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza con malla de tela tul) con promedio de 15,63 y 31,02 %, ubicándose en el primer rango en la prueba. Les siguen varios tratamientos que se ubicaron en rangos inferiores; encontrando al final de la prueba, los tratamientos (T5 y T6), que reportaron la mayor pérdida de peso ubicados en últimos lugares en la prueba. A los 25 y 28 días se presentó dos rangos de significancia, se observó la menor pérdida de peso de fruto en el tratamiento I1E1 (Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza mecánica con escobas) con promedio de 71,13 y 77,61 %, ubicándose en el primer rango en la prueba, les siguen varios tratamientos que se ubicaron en rangos inferiores.

Figura 6. Diferencia de pérdida de peso en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.4. Variable pérdida de diámetro

Tabla 13. ANOVA para pérdida de diámetro de tuna a los 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 y 34 días de llevado al laboratorio.

F.V.	gl	Día 4		Día 7		Día 10		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28		Día 31		Día 34	
		p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.
Repetición	2	0,746	ns	0,875	ns	0,521	ns	0,48	ns	0,1875	ns	0,3586	ns	0,1028	ns	0,627	ns	0,979	ns	0,731	ns	0,615	ns
Factor A	2	0,001	*	0,522	ns	0,531	ns	<0,000	*	<0,000	*	<0,000	*	<0,000	*	<0,000	*	0,002	*	0,061	ns	0,040	ns
Factor B	2	0,377	ns	0,162	ns	0,058	ns	<0,000	*	<0,000	*	0,1426	ns	0,1017	ns	0,019	*	0,152	ns	0,631	ns	0,853	ns
Factor A*B	4	<0,001	*	0,079	ns	0,181	ns	<0,000	*	0,0094	*	0,0427	*	0,0094	*	0,0002	*	0,003	*	0,094	ns	0,059	ns
Error	16																						
Total	26																						
CV %		4,32		8,44		7,71		9,49		9,30		8,48		7,19		4,77		5		6,27		4,34	
PROMEDIO		0,59		1,28		1,37		2,63		4,04		5,11		5,14		5,32		5,36		5,39		5,42	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según el análisis de varianza para la variable pérdida de diámetro se observa diferencias significativas para factor A (Índice de cosecha) a los 4, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días; para factor B (Estrategia de limpieza) se observa diferencia significativa a los 13, 16 y 25 días y para la interacción A*B (Índice de cosecha* estrategia de limpieza) se tiene significancia a los 4, 13,16 ,19, 22, 25 y 28 días lo que significa que influyen en la pérdida de diámetro de la tuna.

Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable pérdida de diámetro son 4,32 % a los cuatro días; 8,44 % a los siete días; 7,71 % a los diez días; 9,49 % a los trece días; 9,30 % a los dieciséis días; 8,48 % a los diecinueve días; 7,19 % a los veinte y dos días; 4,77 % a los veinte y cinco días; 5 % a los veinte y ocho días; 6,27 % a los treinta y un días y 4,34 % a los treinta y cuatro días.

Tabla 14. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable pérdida de diámetro de la tuna a los 4, 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días de llevado al laboratorio.

	Día 4		Día 13		Día 16		Día 19		Día 22		Día 25		Día 28		Día 34					
Índice	Medias (cm)	Rangos	Índice	Medias (cm)	Rangos	Índice	Medias (cm)	Rangos	Índice	Medias (cm)	Rangos	Índice	Medias (cm)	Rangos	Índice	Medias (cm)	Rangos			
I3: (NR)	0,56	A	I1	2,14	A	I1	2,9	A	I1	4,39	A	I1	4,4	A	I1	5,06	A	I1	5,15	A
I2: (AP)	0,6	B	I3	2,69	A B	I2	4,39	B	I3	5,42	B	I3	5,5	B	I3	5,5	B	I3	5,5	B
I1: (VC)	0,61	B	I2	3,06	B	I3	4,85	B	I2	5,52	B	I2	5,52	B	I2	5,52	B	I2	5,52	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha (I) en la variable pérdida de diámetro a los 4 días el índice I3 (naranja rojizo) se presenta en el rango “A” con menor pérdida de diámetro con 0,56 cm en comparación a los otros índices que presentar mayor pérdida de diámetro de tuna.

A los 13, 16, 19, 22, 25, 28 y 34 días, se presentan dos rangos de significancia, en el rango “A” se ubica I1 (verde claro) con menor pérdida de diámetro de la tuna con 2,41; 2,9; 4,39; 4,4; 4,94, 5,06 y 5,15 cm, mientras que en el rango “B” se presentó I3 (naranja rojizo) y I2 (amarillo predominante) con mayor pérdida de diámetro con 5,5 y 5,52 cm a los 34 días.

Figura 7. Diferencia de pérdida de diámetro en tuna para índice de cosecha (I).

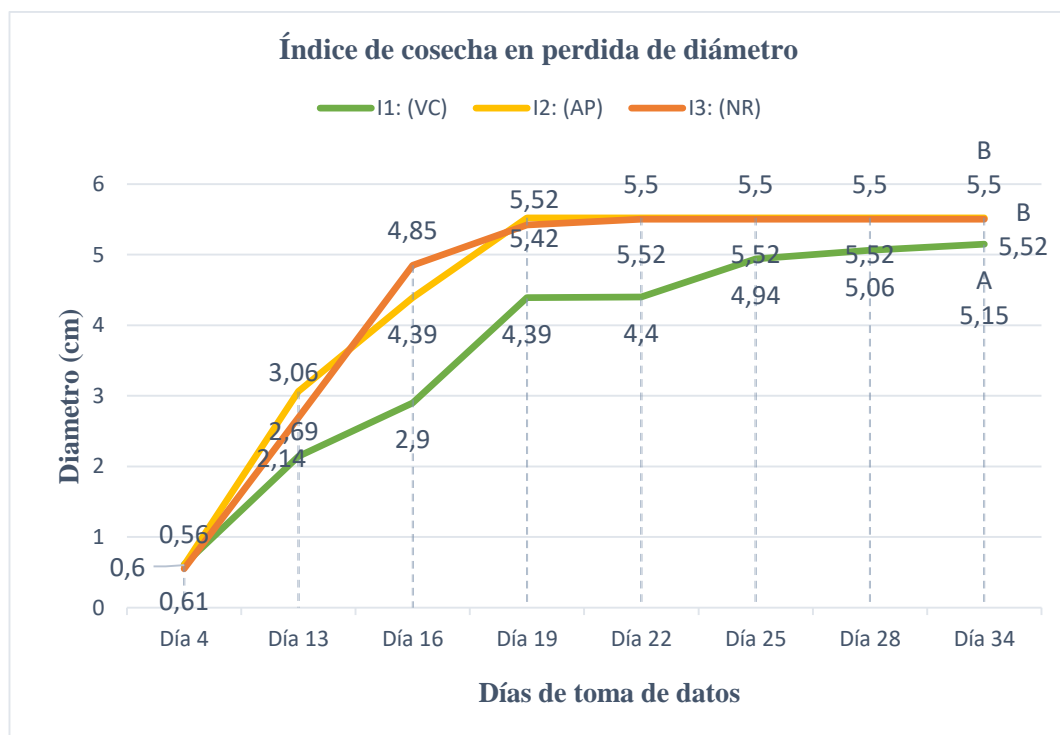


Tabla 15. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable pérdida de diámetro en tuna a los 13, 16 y 25 días de llevado al laboratorio.

Día 13			Día 16			Día 25		
Estrategia de limpieza	Medias (cm)	Rangos	Estrategia de limpieza	Medias (cm)	Rangos	Estrategia de limpieza	Medias (cm)	Rangos
E3: L. con malla de tul	2,32	A	E3: L. con malla de tul	3,7	A	E1: L. mecánica	5,1	A
E2: L. con fuente de calor	2,74	B	E1: L. mecánica	3,83	A B	E3: L. con malla de tul	5,41	A B
E1: L. mecánica	2,84	B	E2: L. con fuente de calor	4,61	B	E2: L. con fuente de calor	5,45	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Prueba de Tukey al 5% para estrategia de limpieza € en la variable pérdida de diámetro a los 13 y 16 días, se presentan E3 (Limpieza con malla de tela tul) en el rango “A” con menor pérdida de diámetro en la tuna con 2,32 cm, las demás estrategias se ubicaron en rangos inferiores. En el día 25 se presentó E1 (Limpieza mecánica con escobas) con menor pérdida de diámetro con 5,1 cm en el rango “A” mientras que las demás estrategias se ubicaron en rangos inferiores.

Figura 8. Diferencia de pérdida de diámetro en tuna para estrategia de limpieza (E).

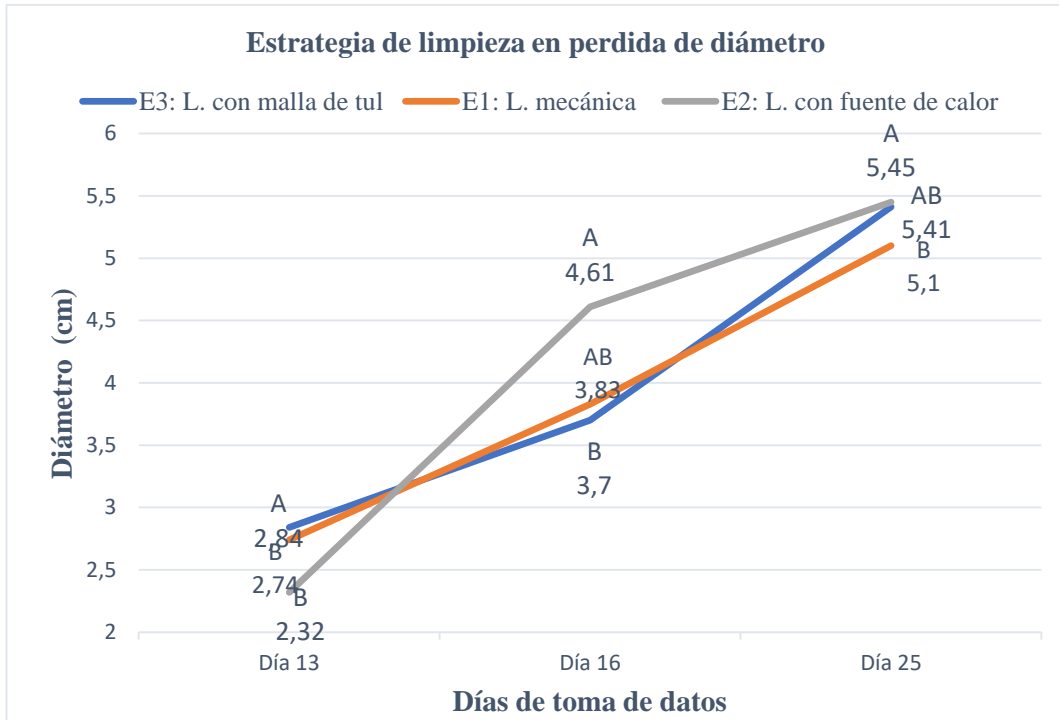


Tabla 16. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable pérdida de diámetro en tuna a los 4, 13, 16, 19, 22, 25 y 28 días de llevado al laboratorio.

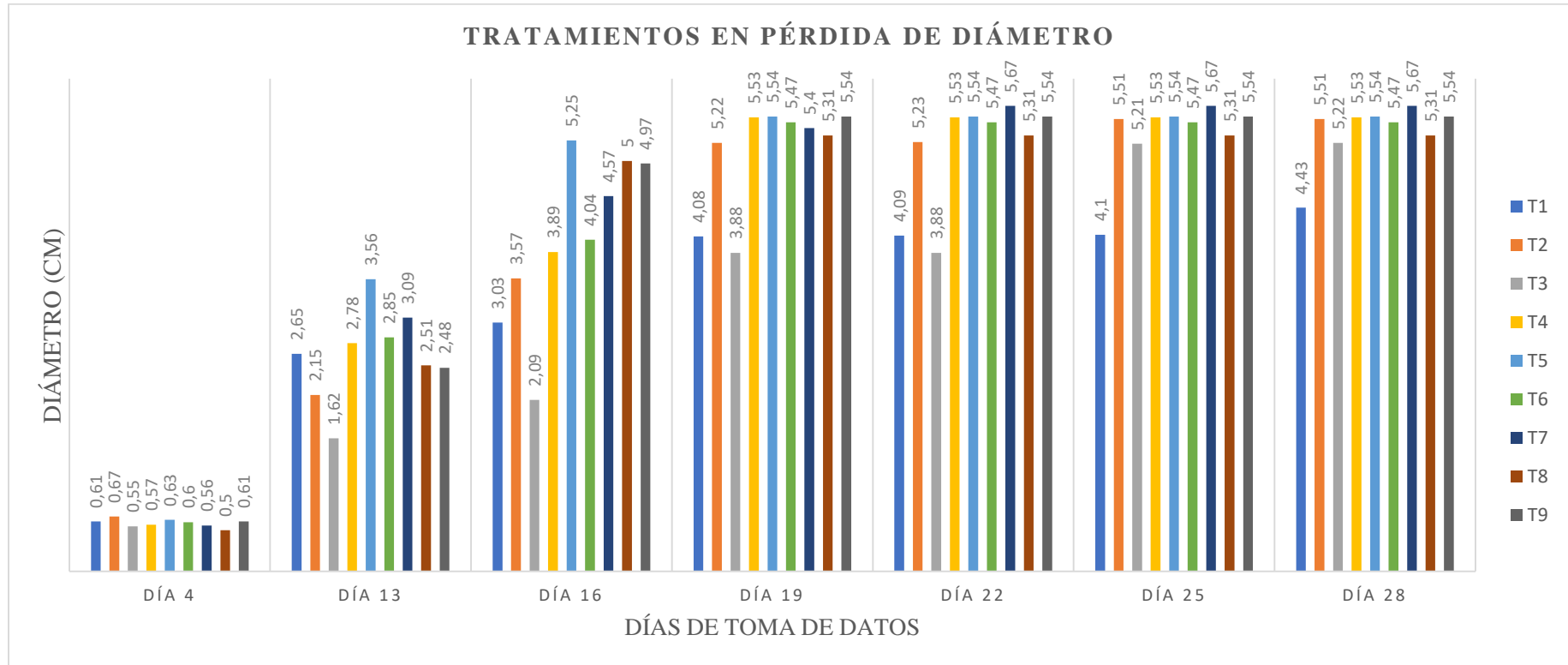
Día 4			Día 13			Día 16			Día 19			Día 22			Día 25			Día 28		
AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos	AXB	Medias (cm)	Rangos
T8:			T3:			T3:			T3:			T3:			T1:			T1:		
I3E2	0,5	A	I1E3	1,62	A	I1E3	2,09	A	I1E3	3,88	A	I1E3	3,88	A	I1E1	4,1	A	I1E1	4,43	A
T3:			T2:			T1:			T1:			T1:			T3:			T3:		
I1E3	0,55	A B	I1E2	2,15	A B	I1E1	3,03	A B	I1E1	4,08	A B	I1E1	4,09	A	I1E3	5,21	B	I1E3	5,22	B
T7:			T9:			T2:			T2:			T2:			T8:			T8:		
I3E1	0,56	A B C	I3E3	2,48	B C	I1E2	3,57	B C	I1E2	5,22	B C	I1E2	5,23	B	I3E2	5,31	B	I3E2	5,31	B
T4:			T8:			T4:			T8:			T8:			T6:			T6:		
I2E1	0,57	A B C	I3E2	2,51	B C	I2E1	3,89	B C D	I3E2	5,31	B C	I3E2	5,31	B	I2E3	5,47	B	I2E3	5,47	B
T6:			T1:			T6:			T7:			T6:			T2:			T2:		
I2E3	0,6	B C D	I1E1	2,65	B C	I2E3	4,04	B C D E	I3E1	5,4	C	I2E3	5,47	B	I1E2	5,51	B	I1E2	5,51	B
T9:			T4:			T7:			T6:			T4:			T4:			T4:		
I3E3	0,61	B C D	I2E1	2,78	B C	I3E1	4,57	C D E F	I2E3	5,47	C	I2E1	5,53	B	I2E1	5,53	B	I2E1	5,53	B
T1:			T6:			T9:			T4:			T9:			T9:			T9:		
I1E1	0,61	B C D	I2E3	2,85	B C D	I3E3	4,97	D E F	I2E1	5,53	C	I3E3	5,54	B	I3E3	5,54	B	I3E3	5,54	B
T5:			T7:			T8:			T9:			T5:			T5:			T5:		
I2E2	0,63	C D	I3E1	3,09	C D	I3E2	5	E F	I3E3	5,54	C	I2E2	5,54	B	I2E2	5,54	B	I2E2	5,54	B
T2:			T5:			T5:			T5:			T7:			T7:			T7:		
I1E2	0,67	D	I2E2	3,56	D	I2E2	5,25	F	I2E2	5,54	C	I3E1	5,67	B	I3E1	5,67	B	I3E1	5,67	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en el diámetro ecuatorial del fruto a los 4 días se presenta seis rangos de significación en el primer lugar se encuentra el tratamiento 8 (**I3E2**: Estadio naranja rojizo con estrategia de limpieza con fuente de calor) con 0,5 cm.

A los 13,16, 19 y 22 días se detectaron la menor pérdida de diámetro ecuatorial del fruto en el tratamiento 3 (**I1E3**: Estadio verde claro con la estrategia de limpieza con malla de tela tul) con promedio de 1,62; 2,09 y 3,88 cm, ubicándose en el primer rango luego les siguen varios tratamientos que se ubicaron en rangos inferiores. A los 25 y 28 días, se detectaron dos rangos de significación, la menor pérdida de diámetro se detectó en el tratamiento 1 (**I1E1**: Estadio verde claro con la estrategia de limpieza mecánica con escobas) con promedio de 4,1 y 4,43 cm, ubicándose en el primer rango seguido de varios tratamientos que se ubicaron y compartieron rangos inferiores.

Figura 9. Diferencia pérdida de diámetro en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.5. Variable firmeza

Tabla 17. ANOVA para firmeza de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.

F.V.	gl	Día 1		Día 4		Día 7		Día 10		Día 13	
		p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.
Repetición	2	0,6992	ns	0,3792	ns	0,1389	ns	0,5512	ns	0,1822	ns
Factor A	2	0,5957	ns	0,0438	*	0,0001	**	0,0001	**	0,7179	Ns
Factor B	2	0,1837	ns	0,7475	ns	0,1389	ns	0,5512	ns	0,1256	Ns
Factor A*B	4	0,1409	ns	0,0296	*	0,0133	*	0,2139	ns	0,4065	Ns
Error	16										
Total	26										
CV %		28,40		22,30		11,07		17,35		20,29	
PROMEDIO		2,02		2,26		2,27		1,96		2,16	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

En la Tabla, se muestra el análisis de varianza para la variable firmeza de tuna a los 4 y 7 días de llevado al laboratorio se puede evidenciar hubo una diferencia significativa para el factor A (índice de cosecha) y la interacción A*B (índice de cosecha por estrategia de limpieza).

A los 10 días se puede evidenciar hubo un efecto del factor A (índice de cosecha) sobre la firmeza.

Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable firmeza son 28,40 % en el primer día, 22,30 % a los cuatro días, 11,07 % a los siete días, 17,35 % a los diez días y 20,29 % a los trece días.

Tabla 18. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable firmeza de la tuna en los 4, 7 y 10 días de llevado al laboratorio.

Índice	Día 4		Índice	Día 7		Índice	Día 10	
	Medias	Rangos		Medias	Rangos		Medias	Rangos
I1: (VC)	2,63	A	I1: (VC)	2,61	A	I1: (VC)	2,67	A
I2: (AP)	2,11	B	I3: (NR)	2,28	B	I2: (AP)	1,78	B
I3: (NR)	2,03	B	I2: (AP)	1,92	C	I3: (NR)	1,44	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Aplicado la Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha (I) en la variable firmeza a los 4, 7 y 10 días, I1 (verde claro) se ubicó en el rango “A” con mayor firmeza con 2,63 ; 2,61 y 2,67 kg, respectivamente, mientras que los demás índices se presentaron menor firmeza ubicándose en rangos inferiores. La tendencia de la firmeza indica que a mayor índice de madurez va disminuyendo, tendencia que también es señalada por Mostacero (2018) que observó que la firmeza disminuye cuando aumenta el índice de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento.

Figura 10. Diferencia de firmeza en tuna para índice de cosecha (I).

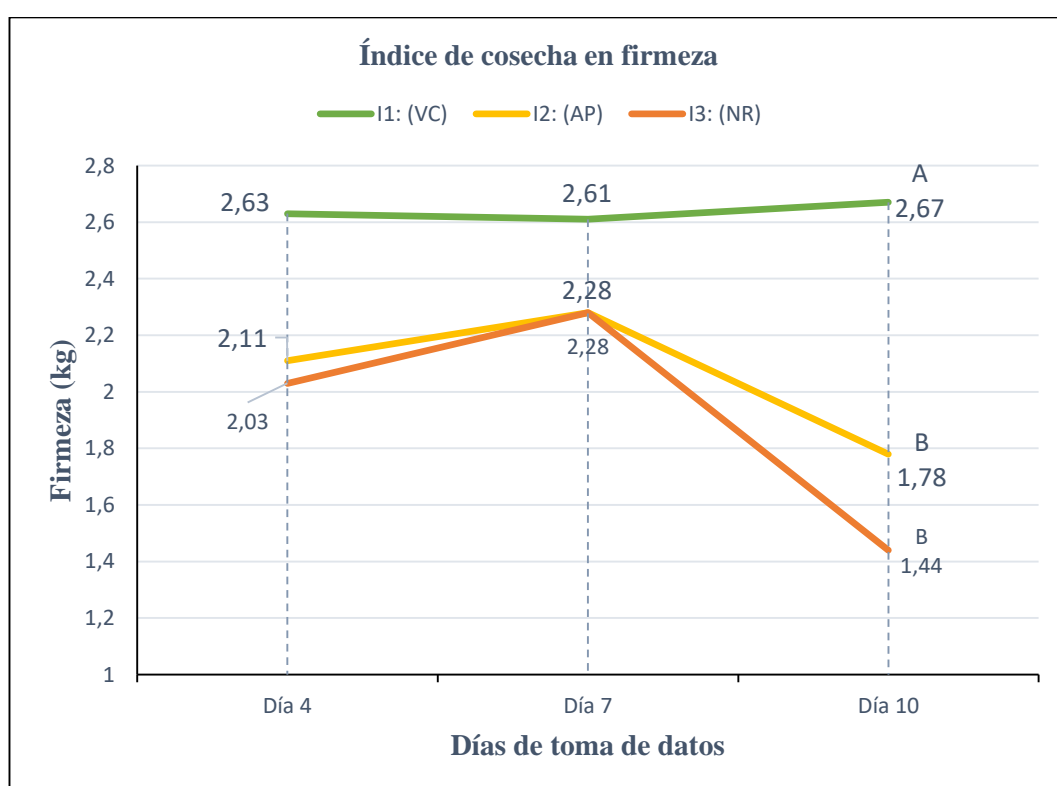


Tabla 19. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable firmeza en tuna a los 4 y 7 días de llevado al laboratorio.

Tratamientos	Día 4		Día 7	
	Medias	Rangos	Tratamientos	Medias Rangos
T2: I1E2	3,07	A	T1: I1E1	2,67 A
T9: I3E3	2,5	A B	T3: I1E3	2,67 A
T3: I1E3	2,5	A B	T2: I1E2	2,5 A

T1: I1E1	2,33	A	B	T8: I3E2	2,33	A
T7: I3E1	2,33	A	B	T9: I3E3	2,33	A
T5: I2E2	2,25	A	B	T4: I2E1	2,33	A
T6: I2E3	2,08	A	B	T7: I3E1	2,17	A
T4: I2E1	2	A	B	T5: I2E2	2	A B
T10: I3E2	1,25	B		T6: I2E3	1,42	B

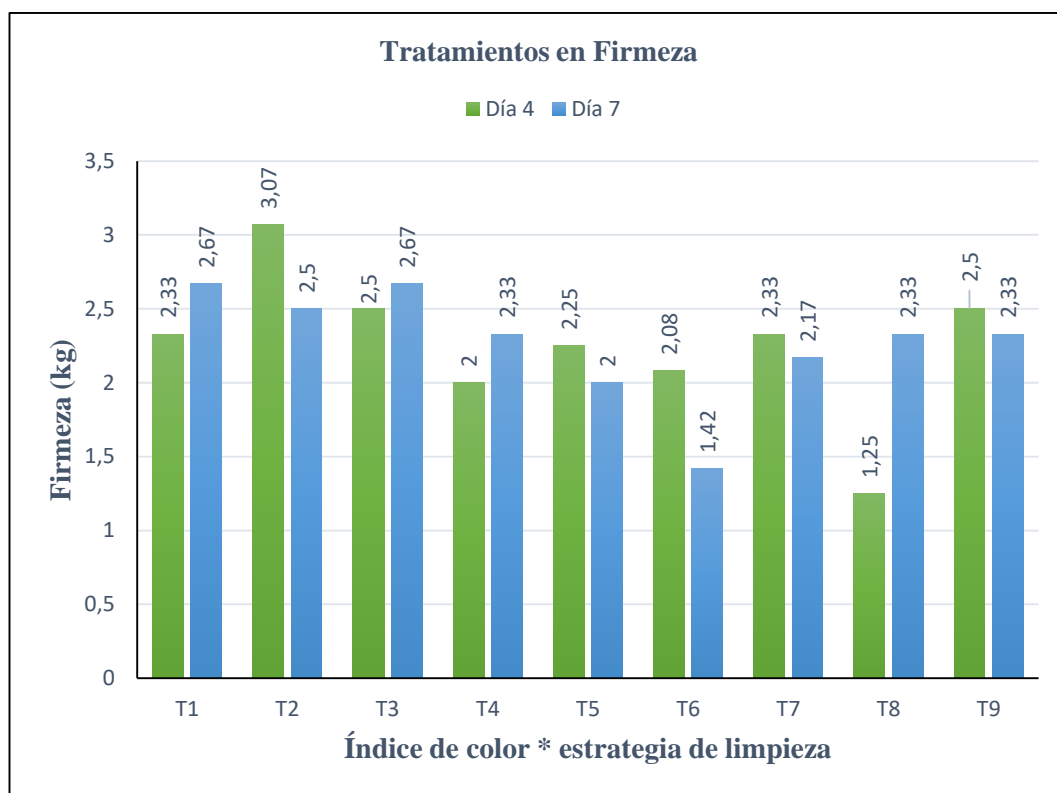
Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Aplicando la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la firmeza del fruto a los 4 días se detectaron tres rangos de significación. La mayor firmeza del fruto se detectó en el tratamiento I1E2 (Estadio verde claro con limpieza con una fuente de calor) con promedio de 3,07 kg, ubicándose en el primer rango, seguido de varios tratamientos que se ubicaron y compartieron rangos inferiores; encontrando al final de la prueba el tratamiento I3E2 (Estadio Naranja rojizo con limpieza con una fuente de calor) que reportaron los frutos con menor firmeza con 1,25 kg.

En el día 7 se detectaron de igual manera tres rangos de significación. La mayor firmeza del fruto se detectó en los tratamientos I1E1 (Estadio verde claro con limpieza mecánica con escobas) y I1E3 (Estadio verde claro con limpieza con mallas de tela tul) con promedio de 2,67 kg, seguido de varios tratamientos que se ubicaron y compartieron el primer rango y rangos inferiores; encontrando al final de la prueba, el tratamiento 6 (Estadio 2 amarillo predominante con la estrategia de limpieza con malla de tela tul) que reportaron menor firmeza de frutos con 1,42 kg.

Sáenz et al. (2013) reporta que la firmeza de la tuna varía entre los rangos 1,3 y 3,3 N, y los resultados obtenidos en esta investigación están dentro de estos rangos.

Figura 1: Diferencia de firmeza en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.6. Variable Sólidos solubles (°Brix)

Tabla 20. ANOVA para sólidos solubles de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.

F.V.	gl	Día 1		Día 4		Día 7		Día 10		Día 13	
		p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.	p-valor	sig.
Repetición	2	0,1884	ns	0,5146	ns	0,9648	ns	0,5221	ns	0,8664	Ns
Índice de cosecha	2	0,1792	ns	0,0003	**	0,0002	**	0,0027	**	0,0052	**
Estrategia de limpieza	2	0,1606	ns	0,6251	ns	0,5008	ns	0,1746	ns	0,3285	Ns
Índice*Estrategia	4	0,0536	*	0,2168	ns	0,0069	**	0,3808	ns	0,8106	ns
Error	16										
Total	26										
CV %		5,95		10,09		9,72		8,03		10,13	
PROMEDIO		10,285		12,715		12,31		11,75		12,493	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Mediante el análisis de variancia la variable sólidos solubles de tuna, se observa

que el factor índice de cosecha fue significativo a los 4, 7, 10 y 13 días. El factor estrategia de limpieza no reportó significación estadística en los días de investigación, mientras que la interacción entre los dos factores índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) fue significativo en los sólidos solubles el día 1 y el día 7. Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable sólidos solubles son 5,95 % en el primer día, 10,09 % a los cuatro días, 9,72 % a los siete días, 8,03 % a los diez días y 10,13 % a los trece días.

Tabla 21. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable sólidos solubles de la tuna a los 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.

Índice	Día 4		Día 7		Día 10		Día 13	
	Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos
I3: (NR)	14,38	A	13,66	A	12,82	A	13,68	A
I2: (AP)	12,61	B	12,71	A	11,21	B	12,42	A B
I1: (VC)	11,16	B	10,58	B	11,21	B	11,38	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Analizando el factor índice de cosecha, en la evaluación de la concentración de sólidos solubles a los 4, 7, 10 y 13 días, según la prueba de Tukey al 5% la mayor concentración de sólidos solubles registraron los frutos cosechados en el Estadio 3 (NR) Naranja rojizo (I3), con promedio de 14,38 ; 13,66 ; 12,82 y 13,68 grados Brix, ubicado en el primer rango; estos resultados son similares a los reportados por Es-Sbata et al. (2022) y Sáenz et al. (2013) que obtuvieron un valor de 14,24 en el índice de madurez rojizo y 14°Brix respectivamente; mientras que estos promedios son mayores a los reportados por Bolaños et al. (2012) en tuna blanca de 9,5 Brix y Terán, et al (2015) que reportó rangos de 8,3°Brix; la diferencia puede ser por los índices de madurez, mientras que, los frutos cosechados en el Estadio 2 (AP) amarillo predominante (I2) y Estadio 1 (VC) Verde claro (I1) reportaron menor concentración de sólidos solubles, por lo que se ubicaron en rangos inferiores. El estadio 1 y 2 reportaron menor concentración de sólidos solubles.

Figura 11. Diferencia de sólidos solubles en tuna para índice de cosecha (I).

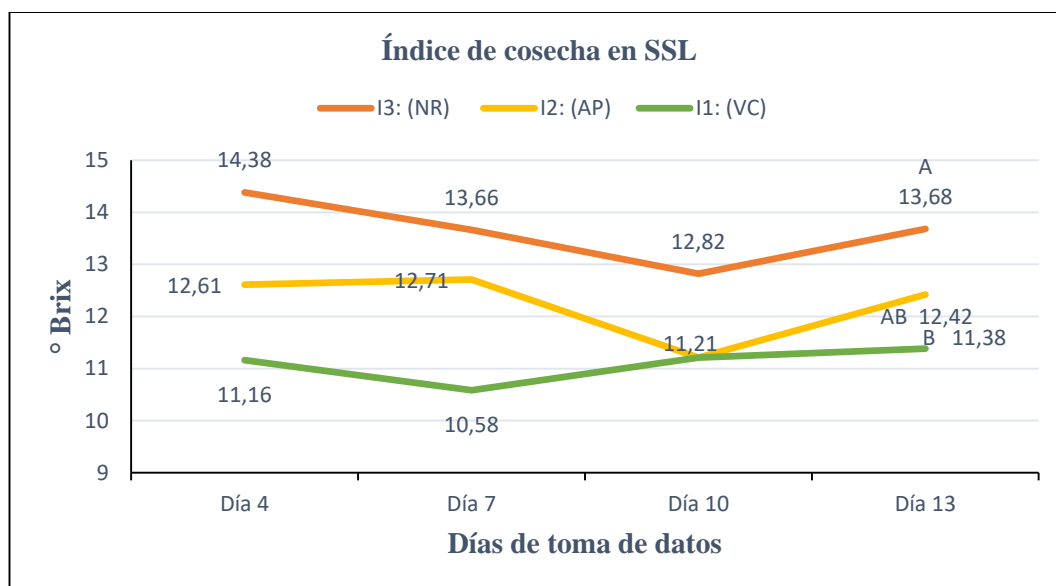


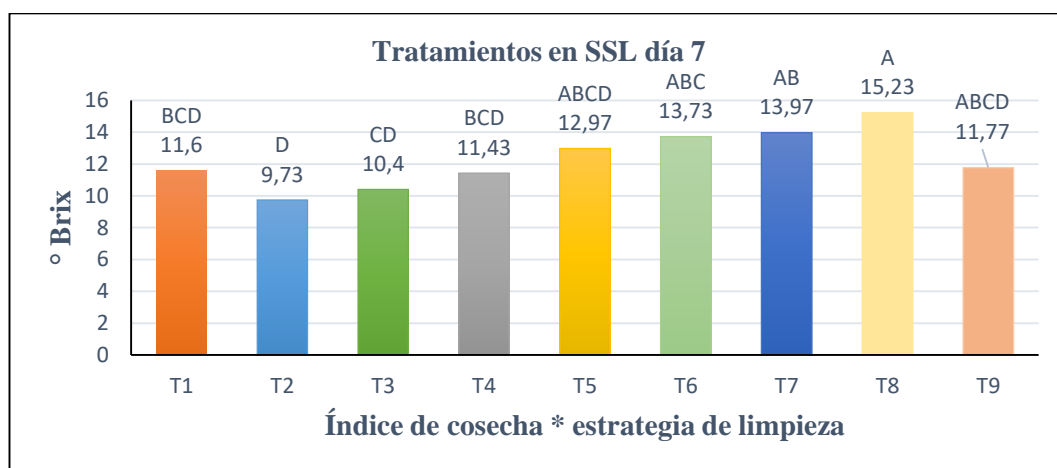
Tabla 22. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable sólido soluble en tuna a los 1 y 7 días de llevado al laboratorio.

Día 7		
Tratamientos	Medias	Rangos
T8: I3E2	15,23	A
T7: I3E1	13,97	A B
T6: I2E3	13,73	A B C
T5: I2E2	12,97	A B C D
T9: I3E3	11,77	A B C D
T1: I1E1	11,6	B C D
T4: I2E1	11,43	B C D
T3: I1E3	10,4	C D
T2: I1E2	9,73	D

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en contenido de sólidos solubles, en el día 7 se establecieron siete rangos de significación. La mayor ganancia de sólidos solubles se detectó en los frutos del tratamiento I3E2 (Estadio 3 Naranja rojizo con la estrategia de limpieza con una fuente de calor) con promedio de 15,23 grados Brix, al ubicarse este valor en el primer rango. Seguido de varios tratamientos que se ubicaron y compartieron rangos inferiores; encontrando al final de la prueba, el tratamiento I1E2 (Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza con una fuente de calor) con 9,73 grados Brix.

En cuanto a los tratamientos la mayor concentración de sólidos solubles se detectó en los frutos del tratamiento I3E2 con promedio de 15,23 °Brix y el tratamiento I1E2 con 9,73 °Brix, resultado similar al obtenido por Bolaños et al. (2012).

Figura 12. Diferencia de sólidos solubles en tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.7. Variable pH

Tabla 23. ANOVA para pH de tuna a los 1, 4, 7, 10 y 13 días de llevado al laboratorio.

F.V.	Gl	Día 1		Día 4		Día 7		Día 10		Día 13	
		p-valor	Sig	p-valor	sig	p-valor	Sig	p-valor	sig	p-valor	sig
Repetición	2	0,8733	ns	0,5546	ns	0,1246	Ns	0,2918	ns	0,3412	ns
Factor A	2	0,0014	**	0,2059	ns	0,5235	Ns	0,3427	ns	0,0001	**
Factor B	2	0,2103	ns	0,2142	ns	0,5411	Ns	0,2761	ns	0,9406	ns
Factor A*B	4	0,6754	ns	0,2089	ns	0,2897	Ns	0,3647	ns	0,8308	ns
Error	16										
Total	26										
CV %		1,23		5,45		12,93		4,25		5,66	
PROMEDIO		6,29		6,13		6,04		6,05		6,12	

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Realizado el análisis de varianza para la variable pH de tuna en el primer y treceavo

día de llevado al laboratorio se puede evidenciar que hubo una diferencia significativa para el factor A (índice de cosecha) mientras que el factor B (estrategia de cosecha) y la interacción entre los dos factores no mostraron diferencias. Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable pH son 1,23 % en el primer día, 5,45 % a los cuatro días, 12,93 % a los siete días, 4,25 % a los diez días y 5,66 % a los trece días, lo que otorga confiabilidad a los resultados evaluados.

Tabla 24. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable pH de la tuna en el día 1 y 13 de llevado al laboratorio.

Índice	Día 1		Índice	Día 13	
	Medias (pH)	Rangos		Medias (pH)	Rangos
I3: (NR)	6,35	A	I2: (AP)	6,61	A
I2: (AP)	6,34	A	I3: (NR)	6,24	A
I1: (VC)	6,2	B	I1: (VC)	5,52	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

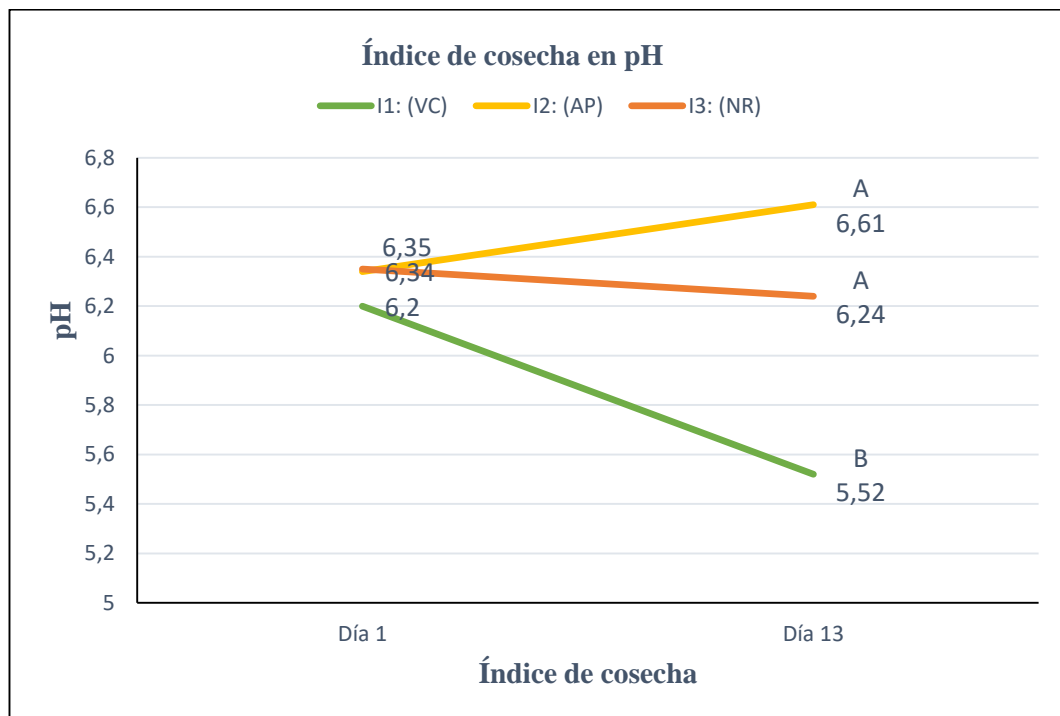
Analizando el factor índice de cosecha, en la evaluación del pH, la prueba de Tukey al 5% separó los promedios en dos rangos de significación. El mayor pH en el primer día que se registró los frutos cosechados en Estadio 3 (NR) Naranja rojizo (I3) y Estadio 2 (AP) amarillo predominante (I2), con promedio de 6,35 y 6,34 pH, ubicado en el primer rango; mientras que, los frutos cosechados en Estadio 1 (VC) Verde claro (I1), reportaron menor pH (6,2), por lo que se ubicaron en el segundo rango y último lugar en la prueba.

En el día 13 que fue la última toda de datos el mayor pH se registró en los frutos cosechados en Estadio 2 (NR) amarillo predominante (I2) y Estadio 3 (NR) Naranja rojizo (I3), con promedio de 6,61 y 6,24 pH, ubicados en el primer rango; estos valores son similares obtenidos por Pinedo et al., (2010) que obtuvieron valores de 6.70 y 6.66 en dos variedades de tuna (variedad Burróna y Cristalina) al inicio del almacenamiento y un pH de 6 a los 30 días de almacenamiento; mientras que, los frutos cosechados en Estadio 1 (VC) Verde claro (I1), reportaron menor pH 5,52 a los 13 días de almacenamiento, por lo que se ubicaron en el segundo rango. Para

Sáenz et al. (2013) en forma general el pH en opuntia se mantiene alrededor de 6. Este pH indica la bondad de la tuna para su consumo por estar cerca al pH neutro.

En el día 13 el mayor pH se registró en los frutos cosechados en Estadio 2 (AP) amarillo predominante (I2) y Estadio 3 (NR) Naranja rojizo (I3), con promedio de 6,61 y 6,24 pH; mientras que, los frutos cosechados en Estadio 1 (VC) Verde claro (I1), reportaron menor pH (5,52). Rangos similares de pH fue encontrado por Terán, et al (2015) con 5,985 para la variedad tuna española y por Valero et al. (2020) en tuna verde con pH de 5,2. Choque, (2021) encontró en su investigación que la variedad blanca presentó el mayor pH en comparación con otras variedades, a su vez refleja el menor porcentaje de acidez, este hallazgo permite identificar que el índice de cosecha naranja rojizo presentó mayor pH y por consiguiente la acidez es menor a los índices de cosecha amarillo predominante y verde claro.

Figura 13. Diferencia de pH en tuna para índice de cosecha (I).



3.1.8. Variable Humedad de pulpa

Tabla 25. ANOVA para humedad de pulpa de tuna en la I y II toma.

F.V.	Gl	TOMA I			TOMA II		
		F	p-valor	sig.	F	p-valor	sig.
Repetición	2	0,01	0,9928	ns	0,14	0,8702	Ns
Factor A	2	2,42	0,1205	ns	3,75	0,0463	*
Factor B	2	0,65	0,5372	ns	0,83	0,4546	Ns
Factor A*B	4	2,41	0,0925	*	0,17	0,9503	Ns
Error	16						
Total	26						
CV %		1,43			1,62		
PROMEDIO		81,62			81,02		

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Efectuado el análisis de varianza para la variable humedad de pulpa de tuna se puede evidenciar hubo una diferencia significativa para el factor A (índice de cosecha) en la segunda toma del ensayo, mientras que el factor B (estrategia de limpieza) y la interacción entre los dos factores no mostraron diferencias. Los coeficientes de variación alcanzada durante toda la investigación para la variable humedad de pulpa son 1,43 % en la primera toma y 1,62 % en la segunda toma.

Tabla 26. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha (I) en la variable humedad de pulpa de tuna.

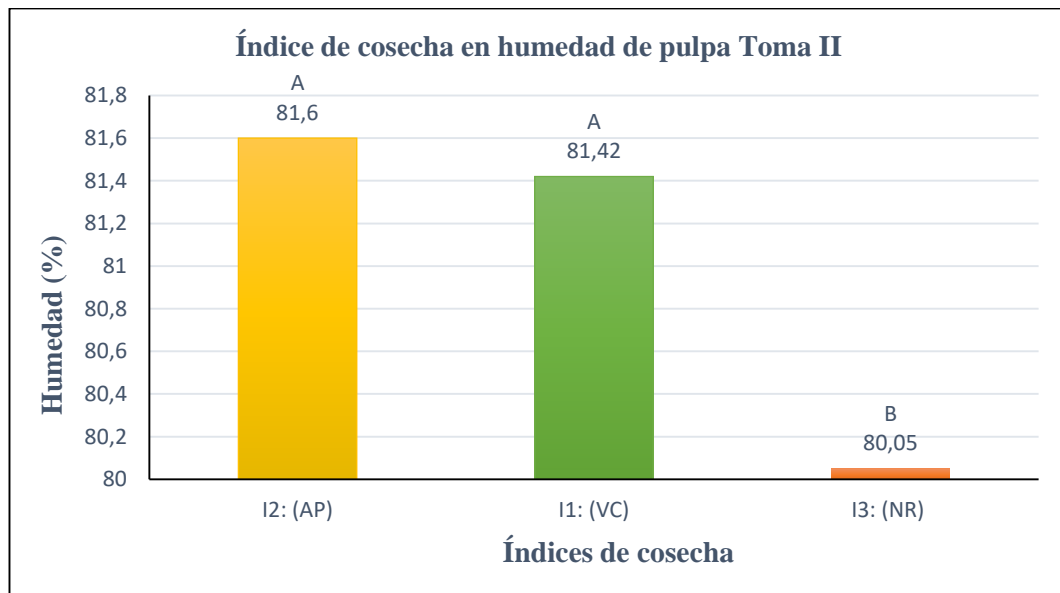
Toma II		
Índice de cosecha	Medias	Rangos
I2: (AP)	81,6	A
I1: (VC)	81,42	A
I3: (NR)	80,05	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Evaluated el factor índice de cosecha, en la evaluación de humedad de pulpa de fruta, según la prueba de Tukey al 5% se establecieron dos rangos de significación en la segunda toma correspondiente al día séptimo de toma de datos. La mayor humedad de pulpa de fruta reportó los frutos cosechados en Estadio 2 (AP) amarillo predominante (I2) con 81,6 % y Estadio 1 (VC) Verde claro (I1) con 81,42 % de humedad de pulpa, ubicados en el primer rango; seguido de Estadio 3 (NR) Naranja

rojizo (I3) con promedio 80,05 % de humedad de pulpa, ubicado en el segundo rango. Chiteva y Wairagu (2013) en su estudio encontró valores mayores de humedad de la pulpa con 87.07 ± 0.86 , y menciona que los valores de la composición nutricional pueden cambiar de acuerdo a la edad y la época del año.

Figura 14. Diferencia de humedad de pulpa de fruta de tuna para índice de cosecha (I).



3.1.9. Variable Humedad de cáscara

Tabla 27. ANOVA para humedad de cáscara de tuna en la I y II toma.

F.V.	TOMA I				TOMA II		
	gl	F	p-valor	sig.	F	p-valor	sig.
Repetición	2	1,26	0,3108	ns	0,45	0,6468	ns
Factor A	2	23,95	0,0001	**	13,79	0,0003	**
Factor B	2	4,84	0,0227	*	0,42	0,6629	ns
Factor A*B	4	4,17	0,0168	*	0,19	0,9407	ns
Error	16						
Total	26						
CV %		1,50			2,37		
PROMEDIO		86,78			83,62		

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según el análisis de varianza para la variable humedad de cáscara de tuna, el factor índice de cosecha presenta significancia estadística en la primera y segunda toma,

día 1 y día 7 respectivamente, mientras que el factor estrategia de limpieza y la interacción índice de cosecha por estrategia de limpieza fueron significativos en la primera toma del ensayo. Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable humedad de la cascada de tuna son 1,50 % en la primera toma y 2,37 % en la segunda toma.

Tabla 28. ANOVA para humedad de cáscara de tuna en la I y II toma.

Toma I			Toma II		
Índice de cosecha	Medias	Rangos	Índice de cosecha	Medias	Rangos
I1: (VC)	88,78	A	I1: (VC)	85,83	A
I2: (AP)	87	B	I2: (AP)	84,04	A
I3: (NR)	84,56	C	I3: (NR)	80,98	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Examinado el factor índice de cosecha, en la evaluación de humedad de la cáscara, según la prueba de Tukey al 5% se estableció tres rangos de significación bien definidos en la primera toma y dos rangos en la segunda toma. La mayor humedad de cáscara reportó los frutos cosechados en Estadio 1 (VC) Verde claro (I1) con 88,78 y 85,83 % de humedad de cáscara, ubicado en el primer rango; seguido de los Estadio 2 (AP) amarillo predominante (I2), con promedio de 87 y 84,04 % de humedad de cáscara, y Estadio 3 (NR) Naranja rojizo (I3) con promedio de 84,56 y 80,98 % de humedad de cáscara.

Terán, et al (2015) en su estudio obtuvo un porcentaje de humedad de la cáscara de $88,624 \pm 1,222$ cuyo valor es mayor y supera a los valores de índices de cosecha tanto en la toma I como en la toma II del día 1 y día 7 respectivamente.

Figura 15. Diferencia de humedad de cáscara de tuna para índice de cosecha (I).

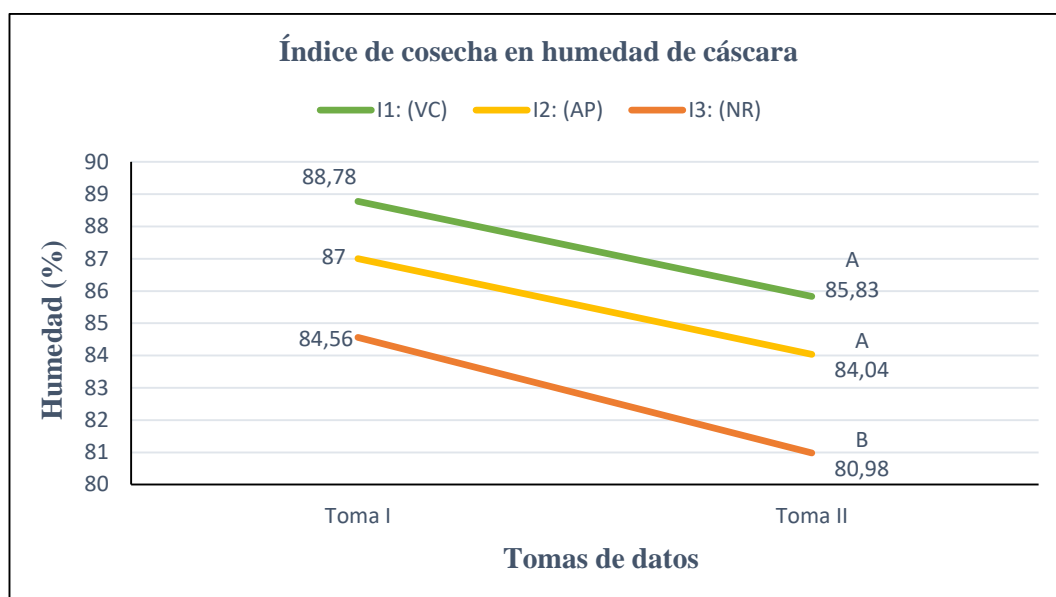


Tabla 29. Test de Tukey (5%) para estrategia de limpieza (E) en la variable humedad de cáscara de tuna en toma I.

Toma I		
Estrategia de limpieza	Medias (%)	Rangos
E2: limpieza con fuente de calor	87,85	A
E3: limpieza con malla de tela tul	86,44	A B
E1: limpieza mecánica con escobas	86,04	B

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Con respecto al factor estrategia de limpieza, en la humedad de cáscara de tuna, la prueba de significación de Tukey al 5%, separó tres rangos de significación en la toma I. La mayor humedad reportó los frutos en la que se aplicó estrategia de limpieza con fuente de calor (E2) con promedio de 87,85 % de humedad de cáscara, ubicado en el primer rango; seguido de los tratamientos de los frutos que se aplicaron estrategia de limpieza con malla de tela tul (E3), con promedio de 86,44 % de humedad de cáscara, ocupando el segundo rango; en tanto que, la menor

humedad reportaron los frutos de la estrategia de limpieza mecánica con escobas (E1) con promedio de 86,04 % ubicándose en el último rango.

Figura 16. Diferencia de humedad de cáscara en tuna para estrategia de limpieza (E).

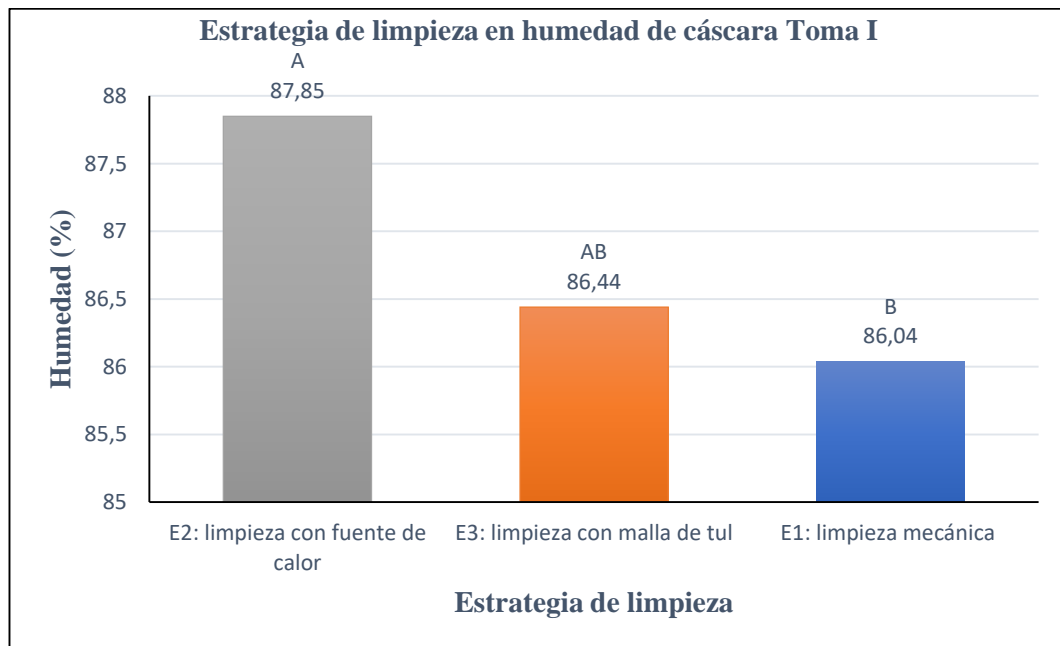


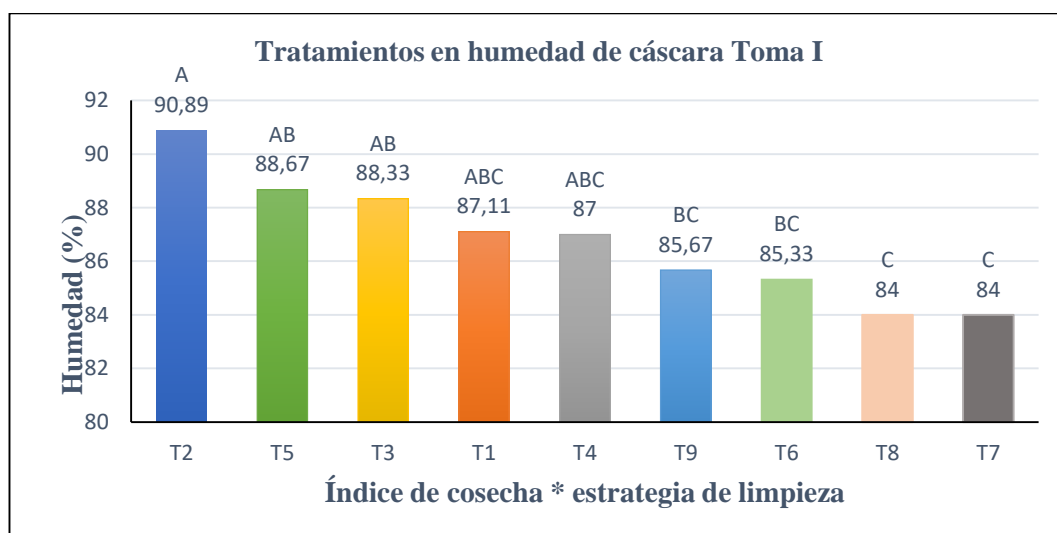
Tabla 30. Test de Tukey (5%) para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E) en la variable humedad de cáscara de tuna en la toma I.

Toma I		
Tratamientos	Medias (%)	Rangos
T2: I1E2	90,89	A
T5: I2E2	88,67	A B
T3: I1E3	88,33	A B
T1: I1E1	87,11	A B C
T4: I2E1	87	A B C
T9: I3E3	85,67	B C
T6: I2E3	85,33	B C
T8: I3E2	84	C
T7: I3E1	84	C

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos, en la evaluación de la humedad en la primera toma, la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% separó los promedios en cinco rangos de significación. La mayor humedad registró los frutos de tratamiento IIE2 (Estadio 1 verde claro con la estrategia de limpieza con una fuente de calor), con promedio de 90,89 % de humedad de cáscara de fruta, ubicado en el primer rango; en tanto que, los demás tratamientos reportaron la menor humedad por lo que se ubicaron en rangos inferiores.

Figura 17. Diferencia de humedad de cáscara de tuna para índice de cosecha por estrategia de limpieza (I*E).



3.1.10. Variable Cenizas

Tabla 31. ANOVA para cenizas de tuna en la I y II toma.

F.V.	Gl	TOMA I			TOMA II		
		F	p-valor	sig.	F	p-valor	sig.
Repetición	2	0,42	0,6649	ns	3,61	0,0509	*
Índice de cosecha	2	0,45	0,6466	ns	1,73	0,2092	ns
Estrategia de limpieza	2	0,71	0,5053	ns	0,5	0,6185	ns
Índice*Estrategia	4	1,24	0,3344	ns	0,36	0,8336	ns
Error	16						
Total	26						
CV %		1,60			3,50		
PROMEDIO		97,29			94,47		

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Según el análisis de varianza para la variable cenizas, el factor índice de cosecha, el factor estrategia de limpieza y la interacción de factores no fueron significativos en ninguna toma del ensayo. Los coeficientes de variación alcanzado durante toda la investigación para la variable humedad de la cascada de tuna son 1,60 % en la primera toma y 3,50 % en la segunda toma.

3.1.11. Costos por tratamiento

El costo por tratamiento de la interacción Índice de cosecha * Estrategias de limpieza se detalla en las tablas 32, 33 y 34.

Tabla 32. Costos para la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con escobas									
Costos Directos					Costos Indirectos				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$
Tuna	90	Unidad	0,10	9,00	Gavetas	0,33	Unidad	12,00	3,96
Depreciación de la máquina para limpiar mecánicamente las tunas	0,06	Hora	6,00	0,36	Guantes	1	Unidad	2,50	2,50
Mano de Obra	0,06	Hora	2,00	0,12	Traje para cosecha	0,33	Unidad	25,00	8,25
Total				9,48	Bandejas desechables	9	Unidad	0,90	8,10
Costo por tuna				0,11	Total				22,81
Costo/tratamiento				3,16	Costo por tratamiento			9,00	2,53

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Tabla 33. Costos para la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con fuente de calor

Costos Directos					Costos Indirectos				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$
Tuna	90	Unidad	0,10	9,00	Bandejas desechables	9	Unidad	0,90	8,10
Depreciación del Soplete de mango de 30 cm + Gas	0,1	Hora	3,00	0,30	Traje para cosecha	0,33	Unidad	25,00	8,25
Mano de Obra	0,1	Hora	2,00	0,20	Termómetro digital	1	Unidad	20,00	20,00
Guantes	1	Unidad	2,5	2,5	Gavetas	0,33	Unidad	12,00	3,96
Total				12,00	Total				36,35
Costo por tuna				0,13	Costo por tratamiento			9,00	4,04
Costo por tratamiento				4,00					

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

Tabla 34. Costos para la interacción Índice de cosecha * Estrategia de limpieza con malla tela tul.									
Costos Directos					Costos Indirectos				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario/\$	Valor total/\$
Tuna	90	Unidad	0,10	9,00	Balde	1	Unidad	4,00	4,00
Tela tul	0,4	Unidad	2,50	1,00	Gavetas	0,33	Unidad	12,00	3,96
Guantes	1	Unidad	1,75	1,75	Guantes	1	Unidad	1,75	1,75
Mano de Obra	0,25	hora	2,00	0,50	Traje para cosecha	0,33	Unidad	25,00	8,25
Total				12,25	Bandejas desechables	9	Unidad	0,90	8,10
Costo por tuna				0,14	Total				26,06
Costo/tratamiento				4,08	Costo por tratamiento			9,00	2,90

Elaborado por: Ríos, L. (2023)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se evaluó los tres índices de cosecha y las tres estrategias de limpieza de la tuna, concluyendo que el mejor índice de cosecha para alargar el tiempo de vida de la tuna en anaquel es el Verde claro, conjuntamente con la estrategia de limpieza con escobas, a diferencia de las estrategias de una fuente de calor y tela tul, la primera estrategia produce menos daño mecánico en los frutos.

Las características organolépticas físico-químicas del fruto interno de la tuna no se ve afectado por la estrategia de limpieza que se utilice, más bien las características sensoriales se puede ver afectada utilizando la fuente de calor debido a que por el calor que recibe la fruta se puede presentar manchas en la cáscara de color anaranjado, sin embargo, la estrategia que permite conservar por más tiempo dichas características en la estrategia de limpieza mecánica con escobas.

En cuanto al costo directo por tratamiento se observó que la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza mecánica con escobas presentó el menor costo por tuna con un costo de \$0,11; correspondiente a \$3,16 por tratamiento. Le sigue la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con fuente de calor con un costo de \$0,13 por tuna, correspondiente a \$4,00 por tratamiento. La interacción que mayor costo directo presentó fue la interacción Índice de cosecha*Estrategia de limpieza con tela tul con un costo de \$0,14 por tuna, correspondiente a \$4,08 por tratamiento.

RECOMENDACIONES

Si el producto es destinado a permanecer más tiempo en anaquel se debe cosechar en el índice de color Verde claro, caso contrario se puede cosechar en el índice de color amarillo predominante.

Al utilizar fuente de calor como estrategia de limpieza de las tunas es importante realizarlo a fuego lento para evitar quemadura en la cáscara de la fruta y así evitar daños externos de la tuna, ya que al tener una cáscara gruesa no afecta la pulpa sin embargo afecta su calidad externa.

Para minimizar el daño de la tuna y alargar su vida en anaquel se debe utilizar la estrategia de limpieza de los espinos de forma mecánica con escobas, utilizando el diseño que se presentó en esta tesis. Además, esta estrategia de limpieza tuvo menor costo directo por tuna debido a la disminución del tiempo en mano de obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, T.G., Pereira, P., Silva, M.A., Vicente, F., Ramalho, R., & Costa, HS (2020). Chapter 44 - Prickly pear. En A. Jaiswal (ed.). *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (págs.709-728. Academic Press. doi:10.1016/b978-0-12-812780-3.00044-1
- Allegra, A., Sortino, G., Miciletta, G., Riotto, M., Fasciana, T., y Inglese, P. (2015). The influence of harvest period and fruit ripeness at harvest on minimally processed cactus pears (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) stored under passive atmosphere, *Postharvest Biology and Technology*, 104: 57-62.
- Bazán, J. y Curbina, C. (2016). La siembra de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) en un desierto nor costeño, caso CIPTT _ UAP, Mucupe, Chiclayo. *Ciencia y Desarrollo*, 17(2): 35-38.
- Bolaños, E. et al. (2012). Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia spp.*) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia*, 20(55): 3-10.
- Cantwell, M. (1995). Postharvest management of fruits and vegetables stems. p. 120-143. En: *Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. G. Barbera, P. Inglese and E. Pimienta-Barrios (eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 132.
- Chiteva, R. y Wairagu, N. (2013). Chemical and nutritional content of *Opuntia ficus-indica* (L.). *African Journal of Biotechnology*, 12(21): 3311.
- Choque, H. (2021). Evaluación de daños y pérdidas postcosecha de 4 variedades de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en condición de frío conservación (Doctoral dissertation, FCAPYF-UMSS). Repositorio de la Universidad mayor de San Simón. <http://hdl.handle.net/123456789/34288>
- Corrales, J. (2000). Fisiología y tecnología poscosecha del fruto de tuna y del nopal verdura. https://drive.google.com/file/d/0B85D5mbV1N6Ad0g2Q2FHeDhYdE0/view?resourcekey=0-t9JqON3D0RAyAt_a3a0Og
- Cota-Sánchez, J. (2016). Chapter 28 - Nutritional Composition of the Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) Fruit. En M. Simmonds y V Preedy (Eds.),

- Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (págs. 691-712). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00028-3>
- Cota-Sánchez, J.H. y Croutch, D.S., (2008). Notes on the floral biology of *Praecereus euchlorus* subsp. *euchlorus* (Cactaceae). *Schumannia* 5, 99–103.
- FAO, (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Agro-industrial use of nopal. 2p.
- Giraldo, L.G., Ferreira, B., Rosa, E., Días, A., (2023). Fruta *Opuntia ficus-indica* : una revisión sistemática de sus actividades fitoquímicas y farmacológicas. *Plants*. 12 (3), 543. <https://doi.org/10.3390/plants12030543>
- Guerrero-Beltrán, J., (2020). Chapter 18.10 - Subtropical fruits: Prickly pear. In Editor(s): Maria Isabel Gil, Randolph Beaudry, Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce, Academic Press, 2020, Pages 469-475
- Guerrero-Beltrán, J. y Ochoa-Velasco, C. (2018). Figo da india—*Opuntia* spp. En S. Rodrigues, E. de Oliveira Silva, E. Sousa de Brito (Eds.), *Exotic Fruits* (pags. 187-201) Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00024-1>
- Hernández, B., Ruiz, A., Ramírez, V., Sandoval, S., & Dávila, M. (2020). Análisis económico de productores y comercializadores de nopal en el Valle de Teotihuacán. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 9(17), 72-108.
DOI: <https://doi.org/10.23913/ricea.v9i17.147>
- Inglese, P., Basile, F., Schirra, M. (2002). Cactus pear fruit production. In S.P. Nobel (Ed.). *Cacti Biology and Uses*. California University Press, Los Angeles, United States (págs. 163-184).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI). (2007). Características Principales del Cultivo del Nopal en el Distrito Federal Caso Milpa Alta.
- Iqbal, M., Hamid, A., Imtiaz, H., Rizwan, M., Imran, M., Sheikh, U.A.A. y Saira, I. (2020). Nopal: una mala hierba de las tierras secas para complementar la seguridad alimentaria en un clima cambiante. *Planta Daninha*, 38. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100040>

- Louppis, A., Constantinou, M., Kontominas, M., Blando, F. y Stamatakos. G. (2023). Geographical and botanical differentiation of Mediterranean prickly pear using specific chemical markers, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 119. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105219>
- Magaña-Benítez, W., Baldín, A. M., Corrales, G. J., Saucedo, V. C., & Sauri, E. (2013). Variaciones bioquímicas fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*Hylocereus undanatus*) almacenadas en ambiente natural. *Rev Iber Tecnología Postcosecha*, 4(1), 21-30.
- Martín, M.; Ribeiro, M.; Almenida, C. (2013). Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y medicinales de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y su principal uso agroindustrial: una revisión. *Plants*, 12(7): 1512.
- Mostacero, B. (2018). Evaluación de la madurez y características físico-químicas y sensoriales en poscosecha de tuna (*Opuntia ficus-indica*) variedad amarilla almacenada en refrigeración. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann URI: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3248>
- Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M., Emonti, G., Farris, G.A. (2000) Influence of Storage Temperature on Shelf-life of Minimally Processed Cactus Pear Fruits, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 33, Issue 1: 15-20.
- Pinedo, J. M.; Franco, A.; Hernández, A. D. (2010). Comportamiento poscosecha de cultivares de tuna por efecto del manejo del huerto y temperatura de frigoconservación. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1), 43-58.
- Potgieter, J., y D'Aquino, S., (2018). Producción de tuna y manejo poscosecha. En P. Inglese, C. Mondragon, A. Nefzaoui, C. Sáenz. (Eds.), *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal* (pp. 53-73). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Ponce, A. y Vela, D. (2010). Manejo post cosecha de dos variedades de Tuna (*Opuntia ficus indica*) producida en el valle del chota. [Tesis de ingeniería agroindustrial, Universidad Técnica Del Norte]. Repositorio Institucional de la UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/247>

- Rodríguez, S., Orphee, C., Macías, S., Generoso, S. y Gomes, L. (1996). Tuna: Propiedades físico-químicas de dos variedades. *Aliment. Latinoamer.* 210:34-37.
- Roldan, E. y Chavarría, H. (2022). Nopal/tuna, mercado y territorio en México: un enfoque de capacidades. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (21), 100-123. DOI 10.17141/eutopia.21.2022.5435
- Sáenz, C., Berger, H., Rodríguez-Félix, A., Galletti, L., Corrales, J., Sepúlveda, E., Varnero, M., García, V., Cuevas, R., Arias, E., Mondragón, C., Higuera, I., y Rosell, C. (2013). Aprovechamiento agroindustrial del nopal.
- Salas, D. (1998). Manejo post-cosecha del higo (*Opuntia Ficus-Indica*). 2-6p.
- Sánchez, F. (2012). Potencial del cultivo de la chumbera (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller) para la obtención de biocombustibles (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid). Disponible en https://oa.upm.es/14773/1/FRANCISCO_SANCHEZ_GODOY.pdf
- Sandoval, S. J.; Ramírez, V.; Hernández, B. E. (2019). Alternativas de producción del nopal en el Estado de México.
- Santos, M. S., Barba, A. P., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., & Nègre-Salvayre, A. (2017). *Opuntia* spp.: Characterization and benefits in chronic diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2017/8634249>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México: Gobierno de México.
- Terán, Y., García, T., Chaparro, L., Petit, D., Garrido, E., Barazarte, H., D'Aubeterre, R., Mujica, Y. (2014). Cambios en las características químicas y físicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* L. durante la maduración. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Supl. 1: 756-765.
- Terán, Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, E. y D'Aubeterre, R. (2015). Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1): 69-74.
- Torres-Ponce, R., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M., y Nevárez-Moorillón, G. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en

farmacia, alimentos y nutrición animal. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(5), 1129-1142.

Valero, J., González, R., Sigala-Hernández, A., Núñez, J., Ruiz-May, E., García, J., Larqué-Saavedra, A., Martínez-Ruiz, N. (2020). Atributos sensoriales, características fisicoquímicas y antioxidantes, y perfil proteico de frutos silvestres de tuna (*O. macrocentra* Engelm., *O. phaeacantha* Engelm., y *O. engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm.) y frutos comerciales de tuna (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). *Investigación Internacional de Alimentos*, 140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109909>

ANEXOS

Fotografía 1. Cosecha de tunas



Fotografía 2. Clasificación de la tuna de acuerdo a los tres índices de cosecha



Fotografía 3. E1: Limpieza mecánica con escobas.



Fotografía 4. E2: limpieza con una fuente de calor.



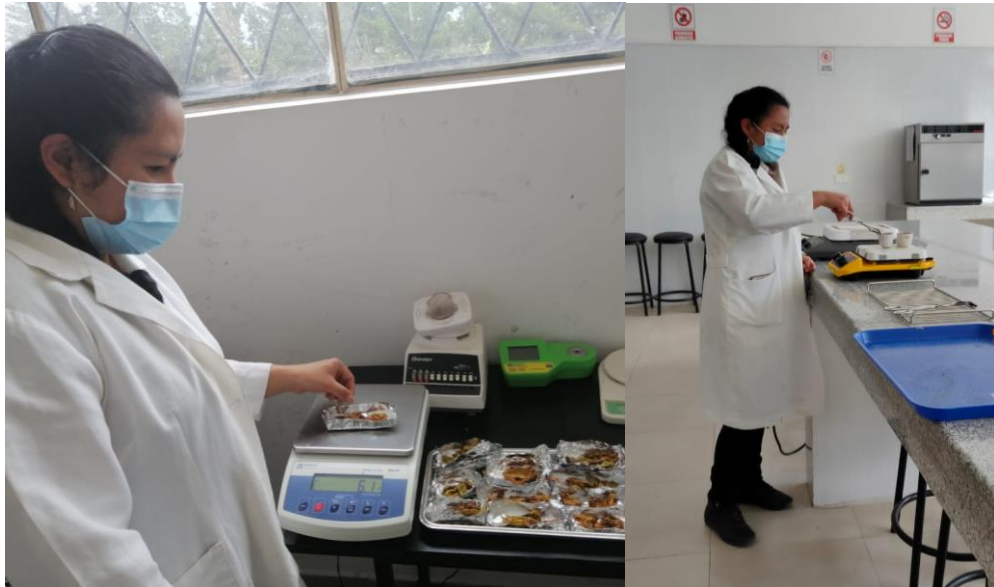
Fotografía 5. E3: limpieza con malla de tela tul.



Fotografía 6. Instalación del ensayo en el laboratorio de la UTC



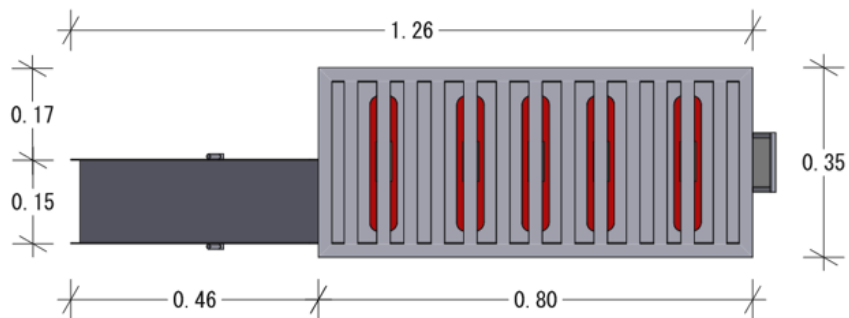
Fotografía 7. Trabajo en el laboratorio



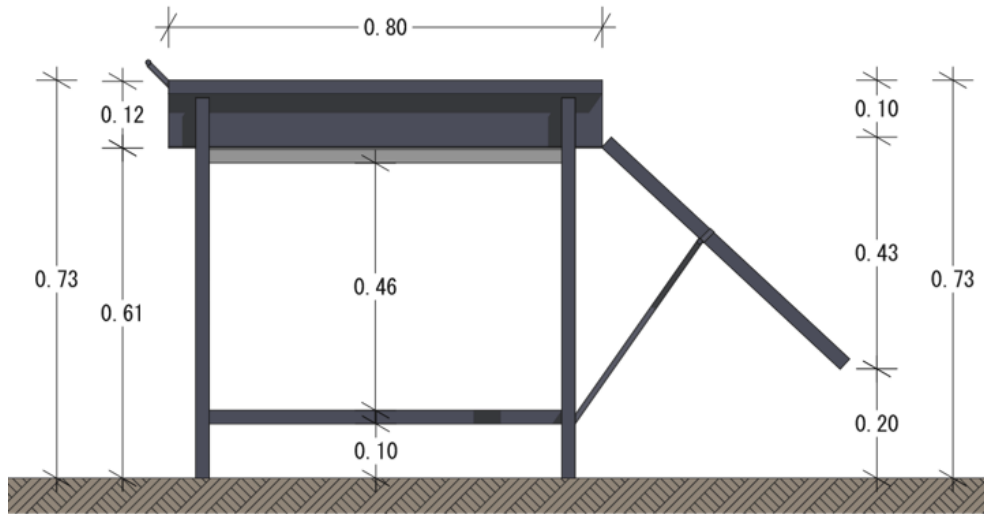
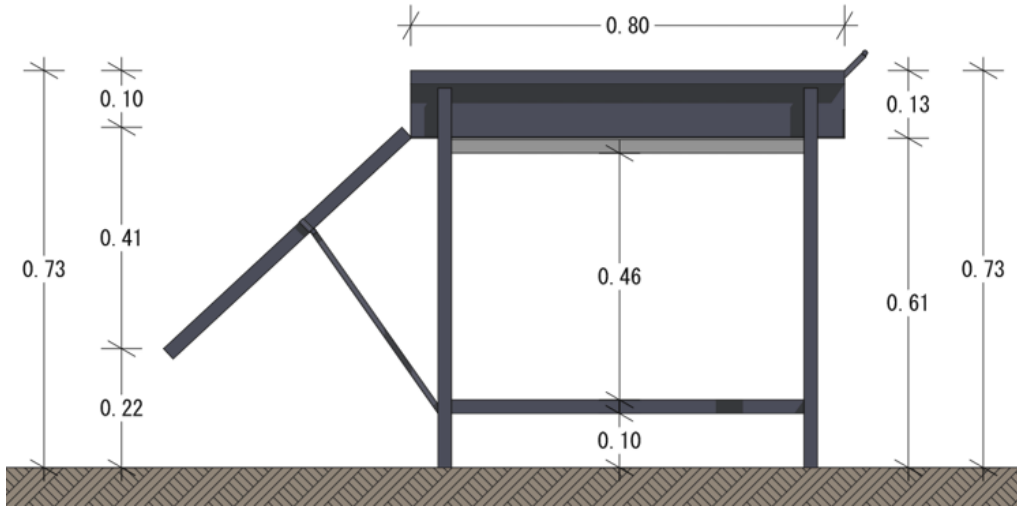
Fotografía 8. Diseño de la máquina manual limpiadora de tunas

Escala 1:20

VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA ANTERIOR Y POSTERIOR

