

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
HUANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS
AGRONÓMICOS Y FORESTALES**



TESIS

**Características organolépticas de la calidad y rendimiento del
fruto de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en
Canaán – INIA.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Agronomía

PRESENTADO POR:

Cerda Ayala, Yoselin Analy

ASESOR:

Dr. Juan Quispe Rodríguez

HUANTA - AYACUCHO

2025

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA CALIDAD
Y RENDIMIENTO DEL FRUTO DE LOS BIOTIPOS
PROMISORIOS DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) En CANAÁN –
INIA.**

TESISTA.

Bach. Cerda Ayala, Yoselin Analy

ASESOR

Dr. Juan Quispe Rodríguez

CIP N° 21016



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En ciudad de Luricocha, en el en el auditorio de la Instalaciones del campus universitario de Intay de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvió a Ccollana, a los 15 días del mes de diciembre de 2025, siendo las 16:30 horas. se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Reynaldo Sucari León
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Dr. Juan Quispe Rodríguez

Presidente
Miembro titular 2
Miembro titular 3

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 0113-2025-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Yoselin Analy Cerda Ayala**, con la tesis titulada: "**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL FRUTO DE LOS BIOTIPOS PROMISORIOS DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN CANAÁN - INIA**"; asesorado por el Dr. Juan Quispe Rodríguez, para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones: NINGUNA

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Buenos	(✓)
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de DIECISEIS 16/20
Siendo las 5:32 pm se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.


.....
Dr. Reynaldo Sucari León
Presidente


.....
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Miembro Titular 2


.....
Dr. Juan Quispe Rodríguez
Miembro Titular 3

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS YOSELIN ANALY - INAF - 2025 cor
reguido.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

32348 Words

RECUENTO DE CARACTERES

183364 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

150 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.8MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 29, 2025 10:54 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 29, 2025 11:01 AM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Firmado digitalmente por QUISPE RODRIGUEZ Juan FAU 20574653798 soft
 Fecha: 2025.10.29 11:34:58 -05'00'



DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo a mis padres, hermanos y familiares que siempre estuvieron conmigo, que fueron mi mayor fuente de inspiración y motivación para seguir adelante en este proceso de formación profesional.

A mis padres, Paulina Ayala Gutiérrez y Grover Cerda Arango, que siempre estuvieron conmigo deseándome y apoyándome siempre con su sabiduría, amor y perseverancia me han enseñado que la vida es tan dura, pero siempre estuvieron conmigo. Gracias por su apoyo incondicional a mis padres.

A mi tía, Karina Vega Bautista, por apoyarme y motivarme en todo momento que siempre estuvieron conmigo incluso en los momentos más difíciles.

A todos, les agradezco por ser mi mayor apoyo, porque este logro no solo es de mí sino de ustedes también, muchas gracias.

Cerda Ayala, Yoselin Analy

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por permitirme seguir adelante, así mismo a mis padres, hermanos y familiares, han estado día a día en mi proceso de formación apoyándome.

En especial al Dr. Juan Quispe Rodríguez, por su invaluable disposición como guía, así como la paciencia y sabiduría que ha mostrado al compartir sus valiosas enseñanzas, conocimientos y experiencias. Su papel como asesor ha sido fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias mediante su dedicación y pasión por la enseñanza dejando una huella imborrable en mi proceso de formación profesional.

Dar las gracias a Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) por su constante apoyo, compromiso y colaboración durante el desarrollo de mi formación profesional. Su participación fue esencial para el fortalecimiento de mis conocimientos y para la culminación satisfactoria de esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente a lo largo de estos años de formación.

Cerda Ayala, Yoselin Analy

RESUMEN

La tuna, una planta de la familia de los cactus que crece rápidamente, está adaptada a condiciones ecológicas difíciles y es originaria de América, siendo una de las muchas riquezas que posee Perú. A pesar de los diversos beneficios que proporciona desde la base hasta los frutos, hasta el momento, no existen investigaciones adecuadas sobre la totalidad del fruto. El objetivo de esta investigación es evaluar las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán – INIA, ubicada a una altitud de 2 740 m.s.n.m. La investigación se desarrolló El estudio se desarrolló entre diciembre de 2024 y junio de 2025, bajo un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo transversal (ex post facto). Se evaluaron seis biotipos promisorios (PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152, PTI0157 y PTI023A), considerando una muestra de 96 individuos. Las variables analizadas incluyeron características morfométricas (diámetro, longitud, peso del fruto, peso de pulpa y peso de cáscara), fisicoquímicas (pH y grados Brix) y parámetros de rendimiento, mediante técnicas de medición en campo y análisis de laboratorio. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los biotipos evaluados. El diámetro promedio del fruto fue de 62,2 mm, destacando el biotipo PTI0157 con los mayores valores, mientras que la longitud promedio alcanzó 86,13 mm. En cuanto al peso del fruto, el promedio general fue de 207,37 g, sobresaliendo el biotipo PTI0138 por presentar el mayor peso total. Los valores de sólidos solubles oscilaron entre 11,86 y 12,38 °Brix, y el pH se mantuvo dentro del rango de 5,85 a 6,34, considerados óptimos para el consumo fresco y la agroindustrialización. Se concluye que los biotipos PTI0157 y PTI0138 presentan características superiores en términos de tamaño, peso de pulpa y rendimiento, lo que los convierte en alternativas promisorios para su promoción en sistemas de producción intensiva y procesos de valorización agroindustrial. Estos hallazgos contribuyen a la identificación de materiales genéticos con mayor potencial productivo y calidad, fortaleciendo el desarrollo sostenible del cultivo de la tuna en la región de Ayacucho.

Palabras claves: Tuna, *Opuntia ficus-indica*, características organolépticas, biotipos, rendimiento.

ABSTRACT

The prickly pear cactus, a fast-growing plant in the cactus family, is adapted to harsh ecological conditions and is native to the Americas, representing one of Peru's many treasures. Despite the various benefits it provides from its base to its fruit, there is currently no adequate research on the entire fruit. The objective of this research is to evaluate the organoleptic characteristics of fruit quality and yield of promising prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) biotypes at Canaán – INIA, located at an altitude of 2,740 meters above sea level. The study was conducted between December 2024 and June 2025, using a quantitative approach and a non-experimental, cross-sectional (ex post facto) design. Six promising biotypes (PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152, PTI0157, and PTI023A) were evaluated, considering a sample of 96 individuals. The variables analyzed included morphometric characteristics (diameter, length, fruit weight, pulp weight, and peel weight), physicochemical characteristics (pH and Brix degrees), and yield parameters, measured in the field and analyzed in the laboratory. The results showed significant differences among the evaluated biotypes. The average fruit diameter was 62.2 mm, with biotype PTI0157 exhibiting the highest values, while the average length reached 86.13 mm. The overall average fruit weight was 207.37 g, with biotype PTI0138 having the highest total weight. Soluble solids values ranged from 11.86 to 12.38 °Brix, and the pH remained within the range of 5.85 to 6.34, considered optimal for fresh consumption and processing. It is concluded that biotypes PTI0157 and PTI0138 exhibit superior characteristics in terms of size, pulp weight, and yield, making them promising alternatives for promotion in intensive production systems and agro-industrial processing. These findings contribute to the identification of genetic materials with greater productive potential and quality, strengthening the sustainable development of prickly pear cultivation in the Ayacucho region.

Key words: Prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, organoleptic characteristics, biotypes, yield.

ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	xxiii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema.....	26
1.2. Formulación del problema de investigación.....	27
1.2.1 Problema general	27
1.2.2 Problema específico	27
1.3. Objetivos de investigación	28
1.3.1 Objetivo General.....	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
1.4. Justificación e importancia	28
1.4.1. <i>Teórico</i>	29
1.4.2. <i>Práctico</i>	29
1.4.3. <i>Metodológico</i>	29
1.4.4. <i>Económica</i>	30
1.4.5. <i>Social</i>	30
1.4.6. <i>Ambiental</i>	30
1.5. Formulación de hipótesis.....	30
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	30
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	31
1.6. Variables.....	31
1.6.1. <i>Variable independiente</i>	31

1.6.2.	<i>Variable dependiente:</i>	31
1.7.	Operacionalización de variables	33

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes.....	34
2.1.1.	<i>Internacional</i>	34
2.1.2	<i>Nacional</i>	39
2.1.3	<i>Local</i>	40
2.2.	Bases teóricas	42
2.2.1.	<i>La tuna</i>	42
2.2.2.	<i>Características organolépticas</i>	48
2.3.	Definición de términos	49

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	51
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	51
3.1.2.	<i>Nivel de investigación</i>	51
3.1.3.	<i>Diseño de investigación</i>	51
3.1.3.1.	Material biológico.....	52
3.1.3.2.	Características del área experimental (cultivo en INIA).....	52
3.1.3.3.	Evaluación de características organolépticas, morfométricas, físicoquímicas y rendimiento.....	54
a.	Organolépticas:	54
b.	Características Morfométricas:	54
c.	Características Físicoquímicas:.....	54
3.2.	Ámbito temporal y espacial.....	54
3.2.1.	<i>Ámbito temporal</i>	54

3.2.2.	<i>Ámbito político</i>	54
3.2.3.	<i>Ámbito geográfico</i>	55
3.3.	Población y muestra	56
3.3.1.	<i>Población</i>	56
3.3.2.	<i>Muestra</i>	56
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	57
3.4.1.	<i>Técnica de evaluación</i>	57
3.4.2.	<i>Instrumento de recolección de datos</i>	57
3.5.	Procedimientos	58
3.5.1.	<i>Pre – campo</i>	58
3.5.2.	<i>Fase de campo</i>	58
3.5.3.	<i>Fase de gabinete</i>	59
3.6.	Análisis de datos	59

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados.....	60
4.1.1.	<i>Estadística descriptiva</i>	60
4.1.2.	<i>Estadística inferencial</i>	81
4.2.	Discusión	109

CAPITULO V

Conclusiones	117
---------------------------	------------

CAPITULO VI

Recomendaciones	118
------------------------------	------------

CAPITULO VII

Referencias bibliográficas	120
---	------------

CAPITULO VIII

Anexos	126
---------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	33
Tabla 2 Composición nutricional de las pulpas de tuna (porcentaje de la parte comestible).....	45
Tabla 3 Características físicas de la tuna	46
Tabla 4 Características fisicoquímicas de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>)	46
Tabla 5 Composición mineral de pulpas de tuna (porcentaje parte comestible)..	47
Tabla 6 Características del área experimental.....	52
Tabla 7 Estadística descriptiva para el diametro (mm) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	60
Tabla 8 Estadística descriptiva para la longitud (mm) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	62
Tabla 9 Estadística descriptiva para el peso del fruto (g) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	64
Tabla 10 Estadística descriptiva para el peso de la pulpa de fruto (g) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	66
Tabla 11 Estadística descriptiva para el peso de la cascara del fruto (g) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	68
Tabla 12 Estadística descriptiva para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	70

Tabla 13 Estadística descriptiva para el grado brix de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	71
Tabla 14 Estadística descriptiva para el número de frutos por planta de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	73
Tabla 15 Estadística descriptiva para el peso (kg) de frutos por planta de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	75
Tabla 16 Estadística descriptiva para el número de frutos en proceso de llenado (NFL) de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	77
Tabla 17 Características organolépticas de la calidad de los de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	79
Tabla 18 Prueba de normalidad para el diametro de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	82
Tabla 19 Prueba de Kruskal-Wallis para el diametro de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	82
Tabla 20 Prueba de Dunn-Bonferroni para el diametro de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	84
Tabla 21 Prueba de normalidad para la longitud de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	85

Tabla 22 Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	86
Tabla 23 Prueba de Dunn-Bonferroni para longitud de fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	86
Tabla 24 Prueba de normalidad para el peso de fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	88
Tabla 25 Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	88
Tabla 26 Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	89
Tabla 27 Prueba de normalidad para el peso de la pulpa del fruto de de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	90
Tabla 28 Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	91
Tabla 29 Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	92
Tabla 30 Prueba de normalidad para el peso de la cascara del fruto de de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	93

Tabla 31 Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	94
Tabla 32 Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	95
Tabla 33 Prueba de normalidad para el pH de fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	96
Tabla 34 Prueba de Kruskal-Wallis para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	97
Tabla 35 Prueba de Dunn-Bonferroni para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	98
Tabla 36 Prueba de normalidad para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	99
Tabla 37 Prueba de Kruskal-Wallis para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	99
Tabla 38 Prueba de Dunn-Bonferroni para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	100
Tabla 39 Prueba de normalidad para el número de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	101

Tabla 40 Prueba de Kruskal-Wallis para el número de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	102
Tabla 41 Prueba de Dunn-Bonferroni para el número de frutos de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	103
Tabla 42 Prueba de normalidad para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	104
Tabla 43 Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	105
Tabla 44 Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	106
Tabla 45 Prueba de normalidad para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	107
Tabla 46 Prueba de Kruskal-Wallis para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán	108
Tabla 47 Prueba de Dunn-Bonferroni para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribucion de los biotipos de tuna en parcela experiemntal	53
Figura 2 Ubicación geográfica.....	55
Figura 3 Ámbito de estudio.....	56
Figura 4 Distribución del diámetro del fruto en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán	61
Figura 5 Distribución la longitud (mm) del fruto en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán	63
Figura 6 Distribución del peso del fruto (g) del fruto en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán.....	65
Figura 7 Distribución para el peso de la pulpa de fruto (g) en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán.....	67
Figura 8 Distribución para el peso de la cascara del fruto (g) en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán	69
Figura 9 Distribución para el pH del fruto en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán.....	71
Figura 10 Distribución para el grado brix del fruto en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán	73
Figura 11 Distribución para el número de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán.....	75
Figura 12 Distribución para el peso (kg) de frutos por planta de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en la EEA – Canaán.....	77

- Figura 13** Distribución para el número de frutos en proceso de llenado (NFLL) de frutos por planta de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán 78
- Figura 14** Características organolépticas de la calidad de los de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán 80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1 Matriz de consistencia	127
Anexos 2 Ficha de evaluación de diámetro y longitud.....	128
Anexos 3 Ficha de evaluación peso de la fruta, cascara y pulpa	129
Anexos 4: Ficha de evaluación del pH	130
Anexos 5: Ficha de evaluación del °Brix	131
Anexos 6 Ficha de evaluación del diámetro, longitud, peso de la fruta, cascara y pulpa, pH, B° y IR	132
Anexos 7 Caracterizacion del fruto	133
Anexos 8 Rendimiento de la tuna	140
Anexos 9 Panel fotográfico.....	143
Anexos 10 Medición de la longitud y diámetro con el equipo vernier digital....	143
Anexos 11 Medición del pH y temperatura con el equipo del peachimetro.....	143
Anexos 12 Medición del peso de la fruta con el equipo de la balanza semianalítica.	144
Anexos 13 Medición del IR y °Brix con el refractometro.....	144
Anexos 14 Campo experimental de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	145
Anexos 15 Etapa de floración y coagulación del futo de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	145
Anexos 16 Fruto del biotipo 0060 (PER - 100) color anaranjada de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>).....	146
Anexos 17 Limpieza y recojo de los frutos de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)..	146
Anexos 18 Rotulado de cada fruto de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>) para su respectivo análisis	147
Anexos 19 Los frutos de la tuna anaranjada en el laboratorio para su respectivo analisis.....	147
Anexos 20 Medición de la longitud de los frutos de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	148
Anexo 21 Medición del diámetro de los frutos de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	148
Anexo 22 Pelado del fruto para sus respectivos análisis	149
Anexos 23 Peso de los frutos de la tuna sin cascara	149
Anexo 24 Despulpado del fruto de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	150

Anexos 25 Análisis del pH y °B e IR del jugo de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)	150
Anexos 26 Desecho orgánico de la tuna (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>).....	151

INTRODUCCIÓN

La especie *Opuntia ficus-indica*, comúnmente conocida como "tuna", se considera uno de los cactáceos de mayor relevancia económica a nivel global. Esta planta exhibe un elevado potencial de desarrollo y ofrece diversas oportunidades en el mercado. Sus frutos constituyen una fuente alimentaria y económica esencial para un significativo número de familias, en virtud de su alto valor nutricional (Ávalos et al., 2013; Espinosa, 2017).

El género *Opuntia* comprende diversas especies de tunas. En Perú, los frutos de estas especies se clasifican según su coloración en cuatro tipos: blanca, amarilla, colorada y morada. La tuna es una especie capaz de desarrollarse en terrenos donde otros cultivos enfrentan limitaciones debido a la escasez de agua, lo que le confiere la característica de ser una planta rústica. Sin embargo, se ha observado que las plantaciones de tuna en diversas localidades de Ayacucho y la Costa del Perú no han tenido un desarrollo adecuado, lo cual se atribuye a la falta de estudios exhaustivos sobre el pH y la salinidad del suelo. Ante esta situación, el programa de investigación en frutales de la EEA-Canaán, durante los años 1998 y 1999, inició la instalación de una colección compuesta por 116 accesiones en el Anexo Huanchacc (2380 msnm), ubicado en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta. Posteriormente, en el año 2007, la SDRG estableció una nueva colección más completa, que incluye 183 accesiones en Vizcachayocc (2750 msnm) – Canaán, con un mejoramiento en la distribución y ordenamiento, con el propósito de caracterizar, mantener e identificar los biotipos promisorios (Tineo, 2019).

Es el ingreso financiero más importante de las familias rurales. Ayacucho produce el 45% de la producción nacional de tuna y su superficie es de más de 30 mil hectáreas de bosques con alta variabilidad genética, la mayoría de los cuales se encuentran en estado silvestre sin la correspondiente identificación de variedad ni procesamiento agronómico, a la gran propagación de enfermedades y plagas, que, entre otras cosas, reducen el rendimiento y la calidad de los frutos (DRAA, 2015, citado por Gutiérrez, 2019).

La tuna se posiciona como uno de los frutos con mayor potencial de producción en Perú, país en el cual se han catalogado más de 300 variedades. La región de Ayacucho no solo se distingue como una de las principales áreas de

cultivo, representando el 32.56% de la producción total, sino que también alberga un banco de germoplasma considerado único en el ámbito nacional. Este banco se dedica al estudio de biotipos de la planta con el objetivo de desarrollar variedades que sean más resistentes y económicamente viables para el cultivo. Además de su apreciado sabor y sus beneficios nutricionales, la tuna contribuye de manera significativa a la disminución de la contaminación del aire (Agraria.pe, 2023)

Por esta razón, el estudio propone como objetivo principal: Evaluar las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán – INIA. A través de este estudio, se pretende reconocer biotipos que ofrezcan beneficios competitivos en relación con la calidad sensorial y la productividad, con el objetivo de promoverlos en sistemas de producción fuera de su temporada habitual.

Comprender estos parámetros facilitará la elección de variedades que sean más aceptadas en el mercado, mejorará las prácticas agrícolas y promoverá la agroindustrialización local, a través del desarrollo de productos diferenciados que provengan de la tuna. Los beneficios mencionados abarcan el aumento de las ganancias para los productores, la optimización del rendimiento por hectárea, la creación de productos con valor añadido (como conservas o colorantes naturales), y el fortalecimiento de una producción sostenible y capaz de adaptarse a condiciones secas, lo que, a su vez, apoya el desarrollo del sector agropecuario en la región.

El estudio se organiza en seis capítulos:

Capítulo I: El problema aborda la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y la relevancia del estudio. Asimismo, incluye la elaboración de hipótesis, tanto generales como específicos, así como la determinación de las variables.

Capítulo II: Este apartado aborda el marco teórico, el cual incluye la revisión de estudios previos a nivel internacional, nacional y local, las fundamentaciones teóricas y la explicación de los términos utilizados.

Capítulo III: En este capítulo se expone la metodología, que incluye el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, el área de intervención, la población y la muestra, además de los instrumentos utilizados para la recolección de datos, finalizando con el análisis de los datos obtenidos.

Capítulo IV: Contiene los resultados y la discusión, organizados de acuerdo con los objetivos definidos en el estudio.

Capítulo V: Se presentan las conclusiones alcanzadas en el estudio realizado.

Capítulo VI: Se ofrecen sugerencias relacionadas con la labor de investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El cultivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) ha cobrado relevancia a nivel internacional debido a su versatilidad en la alimentación, la medicina tradicional y la agroindustria. En países como México, principal centro de domesticación y diversidad de la especie, la tuna se produce en 27 estados, destacando la tuna comestible en Coahuila y Zacatecas, la tuna vegetal en Morelos y Ciudad de México, y la tuna tunera en el Estado de México (Sandoval et al., 2019). A nivel global, se reconoce el potencial de esta cactácea por su alta resistencia a condiciones climáticas extremas y su aporte en la lucha contra la desertificación, siendo además fuente de ingresos económicos para pequeños y medianos agricultores (FAO, 2017). Sin embargo, a pesar de su importancia, persisten problemas relacionados con la baja tecnificación en su manejo, la heterogeneidad genética de los biotipos y la variabilidad en la calidad de sus frutos, lo cual limita su competitividad en mercados internacionales.

En el contexto nacional, el Perú es considerado uno de los diez países megadiversos, albergando frutales nativos como la *Opuntia sp.*, conocida comúnmente como tuna. Esta fruta es ampliamente consumida en la dieta de los pueblos andinos, tanto en su forma fresca como en diversos derivados agroindustriales (Gutiérrez, 2019). La producción de tuna está presente en 15 departamentos, destacando Ayacucho y Cusco con el 32,6% y 22,8% de la producción nacional, respectivamente (Sierra y Selva exportadora, 2022). No obstante, los rendimientos son bajos e inestables en comparación con otros países productores, debido a la propagación de plagas, enfermedades y a la falta de prácticas agronómicas estandarizadas. En Arequipa, por ejemplo, la priorización del cultivo de cochinilla sobre la tuna ha reducido el rendimiento promedio a 2,7 t/ha, frente al promedio nacional de 7,8 t/ha (Sierra y Selva exportadora, 2022). A esto se suma la carencia de estudios sistemáticos que caractericen los biotipos locales de tuna, lo que limita su aprovechamiento como recurso estratégico en la agricultura familiar.

A nivel local, Ayacucho es la principal región productora, concentrando el 45% de la producción nacional de tuna, con más de 30 mil hectáreas de bosques de *Opuntia sp.* que presentan una amplia variabilidad genética (DRAA, 2015, citado por Gutiérrez, 2019). Sin embargo, gran parte de esta superficie se encuentra en estado silvestre, sin procesos de identificación varietal ni manejo técnico adecuado, lo que favorece la propagación de plagas y enfermedades que reducen tanto el rendimiento como la calidad de los frutos. En Canaán – INIA, se observa que el rendimiento promedio apenas alcanza las 20 t/ha, cifra que refleja el potencial desaprovechado de los biotipos promisorios existentes (DDTA, 2023). Este desconocimiento del potencial biológico y agrícola de la tuna genera brechas productivas y comerciales, afectando la economía de los agricultores locales, quienes dependen de este cultivo como fuente de ingresos y seguridad alimentaria.

En este escenario, se hace necesario evaluar las características organolépticas y el rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán – INIA, con el fin de generar información científica que permita su adecuada valorización y aprovechamiento en la agricultura familiar y comercial. El estudio permitirá identificar biotipos de alto valor, mejorar las prácticas de cultivo y promover la inserción de la tuna en mercados diferenciados, fortaleciendo el desarrollo sostenible de las comunidades rurales de Ayacucho.

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el comportamiento de las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cuáles son las diferencias en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria – Canaán?

- ¿Cómo serán las características organolépticas de calidad presentan los frutos de los seis biotipos promisorios de tuna cultivados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, y cómo varían entre ellos?
- ¿Qué resultados se obtienen del análisis estadístico comparativo de las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento de los frutos de los seis biotipos promisorios de tuna en condiciones de campo en la EEA – Canaán, y qué biotipos presentan un comportamiento superior?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) mediante análisis comparativos en condiciones de campo en la EEA – Canaán.
- Analizar las características organolépticas de la calidad de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.
- Analizar estadístico comparativo de las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.

1.4. Justificación e importancia

Hoy en día, los consumidores no sólo exigen alimentos limpios, seguros y de alta calidad, sino que también prestan más atención a las propiedades y beneficios para la salud de los alimentos, lo que conduce al uso de nuevos tipos de alimentos. Este trabajo de investigación se centra en el valor científico de

determinar las características de calidad de los frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) bajo condiciones agroecológicas de los valles interandinos de la sierra del Perú. Esto contribuirá a la producción de este producto orgánico con excelente solubilidad, valor nutricional y propiedades microbiológicas aceptables, por lo tanto, el cultivo de tuna es muy bueno para controlar los niveles de glucosa en sangre y también ayuda a favorecer la digestión y prevenir el estreñimiento crónico.

1.4.1. Teórico

Esta investigación se realiza con la oportunidad de contribuir al conocimiento actual de las propiedades organolépticas, su calidad y rendimiento como herramienta para evaluar los logros de los métodos de investigación científica, cuyos resultados puedan organizarse en aplicaciones e ingresar al campo agrícola como una Ciencia.

1.4.2. Práctico

Este proyecto de investigación se realiza porque existe la necesidad de mejorar los recursos andinos en la indagación científica de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), a fin de ofrecer mayor calidad y rendimiento en la producción de tuna para la región Ayacucho, coadyubando en la mejora de la calidad de vida del productor y la población en general, validadas con los resultados de la investigación.

1.4.3. Metodológico

Se aportara con una nueva técnica que permita conocer las características organolépticas del producto tuna a fin de mejorar la calidad de vida con un fruto muy saludable para la salud de las personas y además de ser medicinal en la cura de varias enfermedades sobre todo gastro intestinales, no solo para la región de Ayacucho sino a nivel nacional e internacional, conociendo sus características organolépticas del producto estará orientado con seguridad a un mercado de agro exportación, más aún que las exigencias de suelo y baja precipitación favorecen una buena producción de tuna para satisfacer la demanda nacional e internacional.

1.4.4. Económica

Con esta investigación se busca coadyubar en mejorar la calidad de vida y los ingresos económicos del productor de tuna de la región Ayacucho y distritos, generando más oportunidades en la producción y rendimiento del cultivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) así mismo con el posible procesamiento de los frutos mejorará la industrialización de las materias primas mencionadas, lo que dará más ingresos a quienes trabajan en el cultivo de la tuna, lo que conducirá a un mayor desarrollo en la población.

1.4.5. Social

Este proyecto de investigación tendrá un impacto significativo en la sociedad porque el uso de recursos andinos como la tuna contribuirá a una vida saludable generando sostenible al aumentar los ingresos de los productores de tuna con mejor calidad y rendimiento mejorando la producción de tuna en cantidad y calidad, así como aportando beneficios al cliente por los elementos nutritivos y medicinales que contiene.

1.4.6. Ambiental

Con el presente trabajo de investigación como es el de determinar las características organolépticas de la calidad de los frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) bajo condiciones agroecológicas de los valles interandinos tiene una preponderancia en el tema ambiental, en relación a lo que actualmente se viene realizando en las diferentes prácticas culturales para la producción de la tuna, permitirá establecer como el caso del efecto de la temperatura sobre las características organolépticas de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) con el fin de establecer condiciones de almacenamiento y a partir de estas prolongar la vida en anaquel de esta valiosa fruta con la finalidad de utilizar tecnologías limpias para su conservación.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Existen diferencias significativas en las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto entre los biotipos

promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados bajo condiciones agroecológicas de la Estación Experimental Agraria – Canaán del INIA.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias significativas en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en condiciones de campo en la EEA – Canaán.
- Las características organolépticas de la calidad del fruto varían entre los seis biotipos promisorios de tuna cultivados en la Estación Experimental Agraria – Canaán.
- El análisis estadístico comparativo permite identificar diferencias significativas en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los seis biotipos promisorios de tuna, lo que posibilita identificar materiales con mejor desempeño agronómico en las condiciones de la EEA – Canaán.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*)

1.6.2. Variable dependiente:

- Características morfométricas:
 - Diámetro (mm)
 - Longitud (mm)
 - Peso de la pulpa (g)
 - Peso de la cascara (g)
 - Peso del fruto (g)
- Características organolépticas
 - dulzura
 - pH
 - Grados Brix (contenido de sólidos solubles / dulzor)
- Rendimiento:
 - Número de frutos por planta

- Peso total de frutos por planta (kg)
- Potencial productivo (por biotipo)

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala
Independiente	Biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Material genético vegetal que representa variantes morfológicas y fisiológicas de la especie <i>Opuntia ficus-indica</i> , con potencial de desarrollo agronómico (Mondragón-Jacobo & Pérez-González, 2021).	Biotipos promisorios seleccionados y cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria – Canaán del INIA.	Fruto de la tuna (Código del biotipo: PTI0152, PTI023A, PTI0070, PTI0040, PTI0138 y PTI0157)	Categorica nominal
	Características morfométricas	Atributos físicos medibles del fruto que permiten evaluar su tamaño y peso (Saenz et al., 2006).	Medición directa de parámetros físicos de los frutos cosechados en campo.	Peso del fruto (g), Diámetro ecuatorial (mm), Longitud (mm), Peso de la cáscara (g), Peso de pulpa (g).	Cuantitativa continua
	Características organolépticas (dulzura)	Conjunto de propiedades sensoriales percibidas por los sentidos, en este caso, centradas en la percepción del sabor dulce del fruto, evaluada a través del contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y el pH (Piga, 2004).	Evaluación de la dulzura mediante el contenido de sólidos solubles totales (°Brix), medido con refractómetro manual o digital.	Contenido de sólidos solubles (°Brix), Categoría de dulzura (muy baja, baja, moderada, alta.) y pH	Cuantitativa continua Categorica ordinal
Dependiente	Rendimiento	Cantidad de producción obtenida por planta, considerando tanto el número de frutos como el peso total generado (Inglese et al., 2018).	Cosecha y cuantificación de los frutos por planta, registrando número total, peso total y frutos en proceso de llenado.	Número de frutos por planta, Peso total de frutos por planta (kg), Frutos en llenado (número)	Cuantitativa discreta y continua

Nota: elaboración propia, 2025.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

De acuerdo con Ha et al. (2024) en su artículo “*Opuntia ficus-indica* (L.): Una visión general de las aplicaciones recientes y las oportunidades en la alimentación”, (Vietnam). La *Opuntia ficus-indica* (nopal o tuna) ha sido empleada tradicionalmente como alimento y bebida, destacando además por su pigmento natural, la betalaína, utilizado como colorante alimenticio. Sus compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides poseen propiedades terapéuticas con efectos hipoglucemiantes, antiinflamatorios, antioxidantes y antimicrobianos. La planta muestra gran versatilidad, encontrando aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética, alimentaria, ganadera y hasta en biocombustibles y construcción. Investigaciones recientes señalan su potencial antitumoral, con resultados favorables en modelos in vitro e in vivo, aunque se requiere mayor evidencia clínica para validar dichos efectos. En general, la especie presenta un perfil seguro y bien tolerado, consolidándose como un recurso de valor en la salud y en diversos sectores productivos.

De acuerdo con Alwaseai & Al-gabr (2023) en su artículo “Propiedades fisicoquímicas de frutos de tuna silvestre (*Opuntia ficus-indica*) en Yemen”. Un estudio realizado en mercados locales de Dhamar, Yemen, evaluó las propiedades físicas y químicas de la *Opuntia ficus-indica*. Se determinó que el peso promedio del fruto fue de 89,27 g, con una composición porcentual de 53,72 % de pulpa, 45,38 % de cáscara, 3,79 % de semillas y 34,85 % de jugo extraído. En cuanto a sus características químicas, el jugo presentó 86,83 % de humedad, 12,75 °Brix de sólidos solubles totales, pH de 6,07, baja acidez (0,09 %) y un contenido apreciable de ácido ascórbico (28,41 mg/100 mL). Además, la relación °Brix/acidez alcanzó un valor de 178,87, lo que evidencia una fruta dulce y de sabor agradable. Estos resultados destacan que las tunas silvestres de Yemen poseen atributos fisicoquímicos favorables, que las hacen aptas para el consumo fresco, la transformación industrial y la exportación.

De acuerdo con Ferreira et al. (2022) en su artículo “Efecto de la pasteurización térmica y de alta presión sobre las propiedades microbianas y fisicoquímicas de los jugos de *Opuntia ficus-indica*”, (Portugal). Las frutas de *Opuntia ficus-indica* destacan por su valor nutricional y la presencia de compuestos bioactivos, siendo sus jugos ampliamente aceptados por los consumidores. No obstante, la limitada vida útil sin tratamiento dificulta su aprovechamiento comercial. Un estudio comparó la pasteurización térmica (71,1 °C por 30 s) y la pasteurización por alta presión (500 MPa durante 10 min) en jugos de los cultivares ‘Rossa’, ‘Gialla’ y ‘Bianca’. Los resultados mostraron que ambos métodos mejoraron la seguridad microbiana y prolongaron el almacenamiento a 4 °C, incrementando la vida útil en 22 y 52 días, respectivamente. Además, ambas técnicas redujeron en un 75 % la variación de parámetros de calidad como °Brix, acidez titulable y pardeamiento, manteniendo también el contenido polifenólico y la capacidad antioxidante. En particular, el tratamiento de alta presión fue más eficaz en preservar el sabor, al minimizar la pérdida de sólidos solubles y el aumento de acidez, lo que evidencia su potencial para mejorar la estabilidad y aceptabilidad comercial de los jugos de tuna.

De acuerdo con Coetzer et al. (2019) en su artículo “Interacciones genotipo × ambiente del nopal (*Opuntia ficus-indica*) en las regiones semiáridas de Sudáfrica: producción de frutos”, (Sudáfrica). La productividad de *Opuntia ficus-indica* depende en gran medida de la adaptación del cultivar al ambiente. Un estudio de 10 años, realizado con 42 cultivares bajo un diseño de bloques completamente al azar, analizó la relación entre el rendimiento de fruta y factores climáticos. Los resultados mostraron variaciones significativas en la estabilidad de los cultivares, donde ‘Van As’ destacó por su constancia en la producción. Asimismo, los cultivares ‘Morado’, ‘Meyers’, ‘Zastron’, ‘Van As’ y ‘Gymno Carpo’ evidenciaron altos rendimientos tanto con raleo de frutos como sin él. Se observó una fuerte correlación entre la producción y la precipitación en los meses de octubre a noviembre (84,8 %) durante las primeras temporadas, y de octubre a diciembre (94,0 %) en los años posteriores, mientras que la temperatura y las unidades de calor mostraron menor influencia. En conclusión, la distribución de las lluvias resultó un factor determinante en la producción de tuna, siendo las precipitaciones de inicios de verano las más relevantes para el rendimiento del cultivo.

De acuerdo a Reis et al. (2018) en su artículo “Producción de frutos de ecotipos de *Opuntia ficus-indica* en comparación con clones comerciales italianos.”, (Portugal). Un estudio comparativo evaluó la producción de biomasa y el rendimiento de fruto en 16 ecotipos portugueses de *Opuntia ficus-indica*, cultivados en suelos marginales sin labranza, contrastándolos con los cultivares italianos ‘Bianca’ y ‘Gialla’. Se observaron diferencias significativas entre ecotipos en los parámetros de biomasa y productividad, lo que permitió agruparlos en distintos niveles de rendimiento. Los ecotipos sin espinas OFI-12 y OFI-13 destacaron con una producción de biomasa promedio de 9,9 Mg/ha de materia seca, comparable al cultivar ‘Gialla’ (11,9 Mg/ha). En cuanto al rendimiento de fruto, los ecotipos portugueses presentaron valores entre 2,4 y 10,1 Mg/ha de peso fresco, mientras que los cultivares italianos alcanzaron producciones superiores (13,8 y 13,6 Mg/ha para ‘Gialla’ y ‘Bianca’, respectivamente). Además, el cultivar ‘Gialla’ y los ecotipos con pulpa anaranjada generaron frutos de mayor tamaño y peso que ‘Bianca’ y los ecotipos de pulpa blanca. Estos hallazgos resaltan el potencial productivo de ciertos ecotipos portugueses frente a variedades comerciales reconocidas.

De acuerdo a Celi & Alcívar (2018), en su artículo “Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*, *m*) mediante regulación de carga frutal”, (Ecuador). Para evaluar el efecto de la carga de fruto de tuna (*Opuntia ficus-indica*, *M*) sobre el rendimiento y calidad del fruto, realizó una prueba consistente en el ajuste de diferentes niveles de carga de fruto según los cladodios individuales (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 frutos/cladodio) En la zona de El Noviciado, situada en la comuna de Pudahuel, en Santiago de Chile. Los tratamientos que presentaron una menor carga frutal resultaron en una disminución del rendimiento de los frutos, pero al mismo tiempo, mejoraron la calidad de los mismos en términos de peso fresco, tamaño, relación entre pulpa y cáscara, y firmeza. No obstante, se observó que el porcentaje de jugo en la pulpa disminuyó con la reducción de la carga frutal. La carga frutal, sin embargo, no influyó en los niveles de sólidos solubles, pH y acidez titulable de la pulpa. Al efectuar una comparación entre las plantas con carga ajustada y las de carga natural, se determinó que el ajuste de carga facilita obtener rendimientos y pesos frescos de frutos superiores para un nivel de carga equivalente. Asimismo, se observó que la carga natural ejerce un impacto más

notable en la disminución del peso promedio y del rendimiento al incrementarse la carga.

De acuerdo a Inglese et al. (2010) en su artículo “Influencia de factores ambientales y del árbol en la calidad del fruto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Italia”. En Italia se evaluó la calidad del fruto de *Opuntia ficus-indica* en las principales zonas de cultivo, con el propósito de identificar las fuentes de variabilidad y mejorar el valor comercial del cultivo. El estudio incluyó los cultivares ‘Gialla’ y ‘Rossa’, cultivados en diez huertos comerciales, mediante técnicas de producción fuera de temporada. Se analizó un total de 750 frutos por zona con la participación de un panel de consumidores. Los resultados mostraron que el peso, la forma y el contenido de sólidos solubles totales variaron significativamente según factores ambientales como la ubicación y la altitud, mientras que el porcentaje de pulpa, el pH y la acidez titulable permanecieron estables. Asimismo, los cultivares influyeron principalmente en el peso del fruto y el contenido de semillas. A nivel intraárbol, se evidenció que el peso del fruto disminuyó con el incremento del número de frutos por árbol y cladodio, y que la intercepción de luz y el peso seco del cladodio fueron determinantes en la acumulación de azúcares y biomasa. En contraste, la superficie del cladodio mostró poca relación con la calidad. Finalmente, el análisis sensorial no pudo diferenciar los frutos según el cultivar ni el ambiente, lo que indica que la calidad está más vinculada a factores de manejo y fisiología que a la genética de la variedad.

De acuerdo a Nefzaoui (2009) en su artículo “Cactus: Un cultivo para afrontar los retos del cambio climático en zonas secas”. (Túnez). El desarrollo sostenible de las zonas áridas y semiáridas depende de la implementación de sistemas agrícolas basados en cultivos resistentes a la escasez de agua, altas temperaturas y suelos pobres. En este contexto, *Opuntia ficus-indica* (fruto de cactus) constituye una alternativa estratégica, al aportar alimentos, forraje, biomasa, cochinilla para la producción de carmín y diversos subproductos como bebidas, medicamentos y cosméticos. Además, cumple un papel ecológico relevante en la lucha contra la desertificación, al prevenir la erosión y proporcionar refugio para la fauna silvestre. El género *Opuntia*, con más de 300 especies, ha cobrado interés científico desde la década de 1980 debido a la multifuncionalidad de sus frutos,

cladodios y flores, así como al valor agregado de sus compuestos químicos con potencial funcional en la nutrición y la salud. Su capacidad para crecer en suelos degradados y soportar sequías severas refuerza su importancia como cultivo resiliente frente al cambio climático. En consecuencia, los cactus poseen un amplio espectro de usos: como forraje, verdura, fruta en sistemas hortícolas sustentables, fuente de colorantes naturales, materia prima para productos procesados y suplementos alimenticios, además de aplicaciones medicinales en el tratamiento de gastritis, diabetes, hipercolesterolemia y obesidad.

De acuerdo a Felker et al. (2005) en su artículo “Comparación de variedades de *Opuntia ficus indica* de origen mexicano y argentino en rendimiento y calidad de fruto en Argentina”. En Argentina se evaluó la producción y calidad de frutos de *Opuntia ficus-indica* mediante un diseño de bloques completos aleatorizados, comparando 19 accesiones prometedoras de Texas con ocho selecciones de la variedad local “Santiagoña” y un clon sudafricano. Las accesiones de Texas, originarias del norte de México y previamente evaluadas durante 15 años en Kingsville, se caracterizan por su resistencia al frío, mientras que las argentinas fueron seleccionadas por su alto rendimiento en ensayos locales. Los resultados mostraron un rango de producción de 3000 a 22 000 kg/ha en la cuarta temporada para las accesiones norteamericanas, y de 2100 a 6400 kg/ha en la tercera temporada para los materiales argentinos. Las variedades argentinas destacaron por su mayor firmeza de pulpa (≈ 2 kg) y elevado contenido de azúcares (13,4–15,2 °Brix), aunque con menor porcentaje de pulpa (40–47 %) en comparación con los materiales de Texas. Además, se identificaron diferencias notables en firmeza y estructura de la pulpa, así como correlaciones negativas entre firmeza y pH, lo que sugiere mecanismos fisiológicos asociados a la plasticidad de la pared celular. También se observaron diferencias significativas entre clones morfológicamente indistinguibles, como los casos de 1279 y 1300 de Texas, lo que subraya la necesidad de seleccionar y conservar plantas individuales dentro de variedades aparentemente homogéneas.

De acuerdo con Gurrieri et al. (2000) en su artículo “Caracterización química de la tuna siciliana (*Opuntia ficus indica*) y perspectivas para el almacenamiento de su jugo”, (Italia). Llevaron a cabo una caracterización química

de cultivares sicilianos de *Opuntia ficus-indica*, enfocándose en la estabilidad del jugo bajo condiciones de almacenamiento prolongado. El estudio reportó que este jugo posee baja acidez y un pH elevado, lo cual requirió ajustes con ácidos orgánicos para cumplir con los estándares de procesamiento. Asimismo, se identificó un alto contenido de azúcares y vitamina C, además de minerales como manganeso, hierro y zinc, principalmente localizados en la piel y pulpa. La baja actividad de la enzima pectina metilesterasa contribuyó a la estabilidad del jugo durante dos meses, evitando sedimentación significativa. Finalmente, las pruebas sensoriales indicaron que el jugo de tuna es bien aceptado por los consumidores, comparándose favorablemente con otros jugos de frutas tradicionales. Estos hallazgos respaldan la relevancia del fruto de *Opuntia ficus-indica* como materia prima para la industria de bebidas, debido a sus propiedades químicas y potencial de conservación.

2.1.2 Nacional

De acuerdo con Jorge & Troncoso (2016), manifiestan en su estudio de investigación sobre la “Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna)” (Perú - Lima). Realizado en la Universidad Nacional de la Molina, que tuvo como objetivo determinar la capacidad antioxidante de *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de *Opuntia ficus-indica* (tuna). Con un diseño de estudio analítico observacional resultó en un alto valor de capacidad antioxidante del ayrampo en comparación de la tuna, y este valor de capacidad antioxidante fue directamente proporcional a la concentración de sus componentes bioactivos (vitamina C y polifenoles totales). Agrega que este comportamiento se puede explicar porque el poder antioxidante de los alimentos proviene del efecto antioxidante de sus diversos compuestos, como polifenoles, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc., que tienen un efecto sinérgico sobre el poder antioxidante del tracto digestivo. En ambos casos, se encontró que la capacidad antioxidante de los frutos de *Opuntia* provino de la vitamina C, que es más del 50%, y la contribución de la vitamina C a la capacidad antioxidante de la tuna fue ligeramente mayor que la del ayrampo. Finalmente, según los resultados obtenidos, hubo mayor relación entre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante que entre la vitamina C y la capacidad antioxidante en la *Opuntia*.

De acuerdo con Mendoza (2014), en su trabajo de investigación Titulado “Caracterización bromatológica, microbiológica y sensorial del néctar de tuna (*Opuntia ficus Indica*) edulcorado con stevia (*Stevia Rebauáiana Bertoni*)”, (Perú - Huancavelica). Tuvo como objetivo determinar las propiedades Bromatológica, Microbiológica y Sensorial del Néctar de Tuna (*Opuntia ficus indica*) edulcorado con Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*), basándose en revisiones bibliográficas relacionadas con el aprovechamiento de Tuna y Stevia utilizado como edulcorante. Los efectos se determinaron utilizando un único tratamiento (TA = 0,5% de néctar de tuna con azúcar de stevia) seleccionado por 30 paneles de control de expertos. Se crearon tres tratamientos para el estudio: sabor, olor y color. El TA aprobado tiene propiedades bromatológicas (humedad 88,86%, cenizas 0,49%, Proteína 0,63%, grasa 0,05%, fibra 0,09%, carbohidratos 16,70%, acidez (índice de ácido málico) 0,0335, pH 5,89 y solubilidad sólida (°Brix) 10), microbiológica (número de organismos aeróbicos vivos (UFC/ml) 3,6x10³, recuento de coliformes (UFC/ml) inferior a 10 y recuento de E. coli (UFC/ml) inferior a 10); El objetivo es mostrar a los consumidores que evalúan los aspectos sensoriales los aspectos finales del producto que son más aceptables. En conclusión, logró obtener néctar tuno edulcorado con stevia utilizando los parámetros de control de proceso recomendados por NTP; se desarrollaron 3 tratamientos (TA = 0.5% néctar de tuna edulcorado con stevia), (TB = 1% néctar de higo endulzado con stevia) y (TC = 0.5% néctar de tuna edulcorado con stevia), - en evaluación sensorial, TA fue el espécimen encontrado. Ser el más aceptable para un panel de 30 personas que evaluaron las propiedades de sabor, aroma y color. Fue posible caracterizar el néctar de tuna edulcorado con stevia (TA = 0,5% néctar de tuna edulcorado con stevia) con mejor consumo; producido en las condiciones de Acobamba - Huancavelica, en conclusión, dando los siguientes resultados: humedad 88.86%, cenizas 0.49%, proteína 0.63%, grasa 0.05%, fibra 0.09%, carbohidratos 16.70%, acidez (exp. en ácido málico) 0.03358, pH 5,89 y sólidos solubles (°Brix) 10.

2.1.3 Local

De acuerdo con Marcaquispe (2021), en su trabajo de investigación Titulada “Constante térmica y fenología reproductiva de 5 biotipos promisorios de *Opuntia Ficus Indica* – INIA, Ayacucho 2019” (Perú - Ayacucho). A pesar de la creciente demanda de tuna, solo está disponible en el mercado interno de enero a marzo, y no

hay demanda durante el resto del año. Conocemos la tecnología y los requisitos. El objetivo de esta investigación fue determinar la constante térmica en cada fase de la fenología reproductiva y su relación en la calidad del fruto de 5 biotipos promisorios de *Opuntia ficus indica*. Se realizó un estudio descriptivo en plantas bienales dispuestas en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) establecidas en el área experimental del Instituto Nacional de Agricultura (INIA Canaán Ayacucho) de noviembre de 2019 a mayo de 2020. Balances térmicos, fechas de emergencia de se registró cada etapa fenológica (aparición de yemas florales, antesis, maduración del fruto y temporada completa) y la duración de las etapas. Los datos de temperatura obtenidos de la Oficina de Gestión y Conservación del Gobierno de la Región Ayacucho (OPEMAN) se utilizaron para calcular los grados día de desarrollo (GDD) mediante el método residual, considerando como calidad los caracteres morfológicos de *Opuntia sp.* INIA-2003. Las temperaturas y tiempos promedio requeridos para completar el índice reproductivo de los cinco biotipos potenciales son los siguientes: 889.63 GDD y 49 días desde emergencia de brotes hasta floración; 1861.72 GDD y 111 días desde floración hasta maduración del fruto 2751.31 GDD y 161 días en periodo reproductivo. Los brotes que emergieron en días diferentes requieren la misma cantidad de calor y el ritmo de desarrollo se ralentiza a medida que desciende la temperatura media. En ese momento se encontró una correlación media entre la temperatura y la calidad del fruto, pero para el biotipo PTI-067^a, hubo una correlación significativa entre la longitud de CT VS y el diámetro del fruto. En conclusión, se identificó la relación entre temperaturas y fenología reproductiva para cinco biotipos de *Opuntia ficus indica*, mostrando que diferentes biotipos tienen diferentes respuestas y diferencias en la concentración de GDD, lo cual no es muy significativo. Existe una relación promedio entre las propiedades térmicas de cinco variables biológicas y la calidad del fruto (peso, longitud, diámetro y contenido de azúcar) de *Opuntia ficus indica*, Excepto para el genotipo PTI-067^a, hubo una correlación significativa entre el indicador de longitud (proporción = 0,77) y el diámetro del fruto (proporción = 0,81).

De acuerdo con Gutiérrez (2019), en su trabajo de investigación titulada “Fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho 2016” (Perú - Ayacucho).

El objetivo de la investigación fue determinar la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” en el Banco Nacional de Germoplasma perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, Ayacucho ubicada a una altitud de 2740 m.s.n.m. El trabajo se realizó desde junio de 2017 hasta enero de 2018. El tipo de investigación fue descriptivo, evaluando la fenología floral de 30 muestras de *Opuntia sp* 10 biotipos, las cuales fueron evaluadas en tres periodos, 5 de mayo, 19 de junio y 7 de junio. Agosto 2017. Sobre la aparición del botón floral, anthesis (momento en que se abren las flores) y madurez del fruto; Para las dos últimas etapas se registraron días pasados; Para la variable fruto se calculó el número total de frutos maduros y verdes por biotipo. Los resultados de la variable fenológica fueron los siguientes: desde emergencia de botones florales (EBF) hasta anthesis (A) los biotipos PTI-157, PTI-013, PTI-138 desde la A hasta la madurez hortícola (MH) el biotipo PTI-013, PTI-153 y PTI-157 requirieron 86, 89 y 92 días y tuvieron una curva de crecimiento sigmoidea; En cuanto al porcentaje de apertura floral, el biotipo PTI-023^a tuvo dos días, mientras que los demás biotipos tuvieron tres días, lo que se vio claramente en el tercer período de evaluación. La máxima producción de frutos se obtiene en el biotipo PTI-023, 38 kg/biotipo y la relación entre floración y fenología de frutos de *Opuntia sp*. Se encontró que existe una relación lineal positiva entre el tiempo de evaluación y el número promedio de frutos. Por biotipo, período de evaluación - producción de frutos, tipo de biotipo y variables evaluadas tienen muy poca relación. En conclusión, la fenología de la floración de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INIA, se altera según a cada biotipo y en cada época de floración. Se observaron diferencias en la fenología; siendo los biotipos PTI-157, PTI-013, PTI-153, PTI-060 de antelación intermedia 137, 139, 142, 148 días, respectivamente mientras los biotipos PTI-023^a, PTI-090, PTI-138, PTI-040, PTI-070 y PTI-152 de antelación tardía 152, 152, 153, 153, 155 y 160 días, respectivamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La tuna

El tunal, herencia prehispánica, crece rápidamente y tiene gran adaptabilidad a las condiciones limitadas del planeta, tanto en términos de recursos hídricos, suelos y aspectos ambientales. Se utiliza en la producción de tuna,

hortalizas, forrajes y sustrato en reproducción de cochinilla. Estas razones han alentado significativamente la investigación que enfatiza nuevas oportunidades para la eficiencia agrícola, la adaptabilidad, el desarrollo de las plantas, la erradicación de enfermedades, la mejora del rendimiento de la cosecha, calidad en las operaciones del post cosecha e industrialización (Castro et al., 2009; Reyes et al., 2009 citado por Marcaquispe, 2021).

El tunal *Opuntia ficus-indica* perteneciente al género *Opuntia*, especie endémica del continente americano, se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Mendoza, 2014). Se cree que las estribaciones occidentales de los Andes en Perú y Bolivia, así como la meseta central de México, son el centro de origen de la especie *Opuntia ficus-indica*, conocida como “tuna”. Desde estos lugares, la especie se ha extendido a otros países, incluyendo España, Italia y Australia (Pulgar, 1992 citado por Marcaquispe, 2021).

En la historia de nuestro país, los primeros vestigios del uso de esta fruta se remontan a la época del Horizonte Pre-agrícola, hace 10 000 años. Estos restos fueron encontrados en los basurales cercanos a la cueva de Pachamachay, ubicada cerca del lago de Junín a una altitud de 4 200 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, el primer informe definitivo sobre el uso de esta fruta está fechado en México en 1515 (Inglese et al., 2018).

Las *Opuntias* tienen un gran poder de adaptación que les permite colonizar casi cualquier entorno. Su capacidad para modificar su forma a lo largo del tiempo les ha permitido adaptarse a una amplia variedad de hábitats. Entre los países mencionados se encuentran Chile, Perú, Brasil, México, Bolivia, Colombia, Estados Unidos de América, Italia, España, y muchos más (Pérez de Valle, 2006).

Según el libro “Perú, diez mil años de domesticación” de Antonio Brack, reconocido ecologista e investigador, la tuna era cultivada y utilizada como alimento por los antiguos peruanos hace más de 2,000 años.

La planta de tuna (*Opuntia ficus-indica*.) es de gran importancia en los sistemas agro-pastoriles de los Andes peruanos (Amaya, 2009), sobre todo en los valles interandinos donde ha encontrado las condiciones ideales para crecer (Avendaño et al., 2008).

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) representa uno de los recursos con ventajas comparativas y competitivas relevantes desde el punto de vista socioeconómico en la región de Ayacucho. Esta área cuenta con más de 20 mil hectáreas de bosques que albergan tunaes silvestres de la variedad amarilla y más de 2 mil hectáreas dedicadas al cultivo de diferentes agroecotipos de tuna. La producción de esta fruta es fundamental para los agricultores, ya que forma parte de su dieta básica y les proporciona empleo e ingresos económicos durante la temporada de producción y comercialización de la tuna (Condeña et al., 2018).

La producción total de tuna en la región de Ayacucho ha mostrado una tendencia casi constante en los últimos trece años. En 2002, la producción era de 15,119 (TM), y en 2014 aumentó a 15,907 TM, lo que representa un crecimiento ligero del 5% en este período. No obstante, entre los años 2002 y 2010, la producción creció de 15,119 tm a 16,250 tm, lo que implica un aumento del 7.5%. Sin embargo, la producción disminuyó en 2011, 2012 y 2013, y se recuperó en 2014, alcanzando las 15,907 tm. Adicionalmente, se observa que los precios de la tuna en el campo, entre 2002 y 2014, se incrementaron de 0.52 soles soles.kg⁻¹ a 0.74 soles soles.kg⁻¹, registrando un crecimiento del 42% en trece años. Sin embargo, entre 2002 y 2008, los precios se mantuvieron cerca de 0.52 soles soles.kg⁻¹; tras el año 2009, se produjo un ligero aumento hasta alcanzar 0.74 soles soles.kg⁻¹ en 2014 (Torres, 2016).

2.2.1.1 Clasificación taxonómica.

Según el sistema de clasificación de Cronquist (1988), el tunal *Opuntia ficus-indica* tiene la siguiente posición taxonómica (Rosillo, 2016).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Carophyllales

Familia: Cactaceae

Género: *Opuntia*

Especie: *Opuntia ficus-indica*

Nombre vulgar: Tuna, chumbo, higo, nopalli, nopal.

2.2.1.2 Composición nutricional de la tuna.

La tuna es rica en nutrientes que son muy beneficiosos para el desarrollo saludable de los niños, como minerales, fibra, vitaminas A, B, B2, C y K, proteínas, vitamina B6, clorofila, y más (Amaya, 2009).

La composición nutricional de la pulpa de tuna verde, morada y naranja se muestra en la Tabla 1. Esta fruta es más nutritiva que otras frutas en muchos sentidos. Las vitaminas incluyen ácido ascórbico, caroteno y alto contenido de ácido, niacina, tiamina, riboflavina y oligoelementos que contienen altas concentraciones de hierro, zinc y magnesio.

En su composición fitoquímica es rico en potentes sustancias antioxidantes como betalainas, compuestos fenólicos, betacianinas y flavonoides. Se ha demostrado que tiene actividades antioxidantes, hipolipemiantes, gastrointestinales, neuroprotectoras, hepatoprotectoras y cicatrizantes (Saenz et al., 2006).

Tabla 2

Composición nutricional de las pulpas de tuna (porcentaje de la parte comestible)

Parámetros	Tuna verde	Tuna púrpura	Tuna naranja
Humedad (%)	83.8	85.98	85.1
Proteína (%)	0.82	0.38	0.82
Grasa (%)	0.09	0.02	-
Fibra (%)	0.23	0.05	-
Ceniza (%)	0.44	0.32	0.26
Azúcar total (%)	14.06	13.25	14.8
Vitamina C (mg/100g)	20.33	20.0	24.1
B-caroteno (mg/100g)	0.53	-	2.28
Betanina (mg/100g)	-	100	-

Nota: Esta tabla muestra como son los porcentajes de la composición nutricional de la tuna, recuperado de Sepúlveda y Sáenz, 1990 citado por (Saenz et al., 2006).

2.2.1.3 Características físicas.

La tuna tiene diferentes características según la subespecie que representa. En general, según el estudio de Reyes Agüero et al. (2004), evaluando la variación morfológica en la apariencia de frutos recolectados en 21 días, plantíos de tipo

experimentales y comerciales, se puede decir que las variedades comercializadas en México se encuentran dentro de los parámetros especificados en la Tabla 3.

Tabla 3

Características físicas de la tuna

Características	Rango de valores
Peso total	40 – 190 g
Peso cáscara	14 – 100 g
Peso pulpa	45 – 130 g
N° de semillas	65 – 480
Diámetro _{semillas}	0.1 – 0.5 cm
Longitud _{fruto}	6.0 – 10.0 cm
Diámetro _{fruto}	3.5 – 6.5 cm
Sólidos solubles _{pulpas}	10.0 – 17.0 °Bx

Nota: Rango de valores de determinadas propiedades físicas de diversas variedades, adaptada de (Reyes – Agüero et al. 2004 citado por Mendoza, 2014).

Según otros autores (Reyes – Agüero et al. 2004 citado por Mendoza, 2014), en la sección, la piel y la pulpa representan un 40-50% cada una, y las semillas un 5-10%.

2.2.1.4 Características fisicoquímicas de la tuna.

En la Tabla 4 se muestran las propiedades fisicoquímicas como contenido de humedad, °Brix, pH, densidad y acidez total obtenidas de la pulpa.

Tabla 4

Características fisicoquímicas de la pulpa de tuna (Opuntia ficus-indica)

Parámetros	Cantidad	
Humedad (%)	79,4*	83,5***
°Brix	13*	14,3**
pH	6,33*	6,31**
Densidad (g/ml)	1,05*	
Acidez total (g ácido cítrico/ 100 ml)	0,06*	

Nota: Esta tabla se muestra las características fisicoquímicas de los diferentes parámetros de la tuna, recuperado *Matos y Aguilar, 2010 **Cerezal y Duarte, 2005. *** MINSA, 2009

Las diferencias en el contenido mineral de las distintas variedades (verde, morada, naranja) de tuna se deben al lugar de origen. Porque las plantas obtienen minerales del suelo (Saenz et al., 2006) que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Composición mineral de pulpas de tuna (porcentaje parte comestible).

Mineral	Tuna verde	Tuna púrpura	Tuna naranja
Ca	12.8	13.2	35.8
Mg	16.1	11.5	11.8
Fe	0.4	0.1	0.2
Na	0.6	0.5	0.9
K	217.0	19.6	117.7
P	32.8	4.9	8.5

Nota: Esta tabla se muestra las composiciones minerales de los diferentes biotipos de la tuna, recuperado de (Saenz et al., 2006)

2.2.1.5 Variedades de tuna.

Opuntia spp. Es una fruta carnosa, dulce, poco ácida y dulce que viene en una variedad de colores, que incluyen verde, morado, naranja, amarillo y blanco (Saenz et al., 2006). Según el sistema integrado de comercio exterior SICEX (2014), las variedades de tuna son las siguientes.

2.2.1.5.1 Tuna blanca.

Se produce tanto en la Costa como en la Sierra. El fruto es de color verde claro, de consistencia buena, firme, jugosa, muy dulce, con pocas semillas. Su cáscara es dura, gruesa y con espinas pequeñas. La calidad del producto lo hace más popular, por lo que es mejor comercializarlo como producto nuevo (Sierra y Selva exportadora, 2022).

Se sabe que los frutos son verdes, pero son de color blanco claro, dulces, dulces y cremosos. El producto más deseado del mercado. La altura de la planta es de 1,5 a 2,5 m, el color de las flores es amarillo claro. El diámetro del tallo es de 20 a 25 cm (SICEX, 2014 citado por Herrera, 2018).

2.2.1.5.2 Tuna morada.

Se produce principalmente en la Sierra son frutos grandes, jugoso, dulce, delicado, es más harinosa que la tuna blanca. Los colores van del rojo claro al rojo oscuro y posiblemente al violeta. Buen rendimiento y calidad. Tiene cáscara gruesa con escasas y pequeñas espinas (Sierra y Selva exportadora, 2022).

Procede de una planta de más de 3 metros de altura. Las flores son de color violeta. La calidad de los productos es buena (SICEX, 2014 citado por Herrera, 2018).

2.2.1.5.3 Tuna anaranjada.

La amarilla serrana (de monte o de huerta) y la amarilla costeña. Las tunas amarillas serranas son de menor tamaño que la variedad blanca, en cambio la tuna amarilla costeña es de similar tamaño. En ambas partes la pulpa es de color amarillo anaranjado, dulce, con pocas semillas y un poco más harinosa que la tuna blanca. La cáscara es gruesa (Sierra y Selva exportadora, 2022).

Procede de una planta de 2 a 3 metros de altura. El diámetro de las hojas es de 15 a 25 cm. Es resistente a plagas y enfermedades. Esta es la mejor cochinilla para hacer cochinilla (SICEX, 2014 citado por Herrera, 2018).

2.2.2. *Características organolépticas*

Las características organolépticas son los estímulos que los órganos sensoriales del examinador perciben, como el olor, el sabor y la textura, entre otros. Estos estímulos interactúan con los sentidos y generan distintas percepciones (UPAEP, 2013).

Son las llamadas propiedades organolépticas o sensoriales de los alimentos que pueden ser captadas por la mente (Gutiérrez, 2000). Las cualidades de los alimentos se pueden captar mediante la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto. A través de nuestra mente, los antojos se envían a nuestro cerebro, lo que nos permite interpretar los alimentos.

Todos los modales, excepto el gusto, forman la primera impresión de la comida. Ya que la comida suele verse afectada primero por la vista, el oído o el olfato (Gutiérrez, 2000). Reuniendo todos tus pensamientos podrás pensar en los aspectos positivos de tu dieta. Se dice que todos ellos están interrelacionados y su interacción genera conciencia para todos.

Si bien la audición es importante en una evaluación sensorial, también se deben considerar los elementos que resultan confusos para el evaluador. Estos incluyen color, aroma, textura y sabor (Gutiérrez, 2000).

2.3. Definición de términos

Diámetro: El diámetro de la fruta, también conocido como calibre, es la medida del tamaño máximo de la fruta tomada generalmente en su punto más ancho (en el caso de frutos redondos u ovalados). Esta medida se usa para clasificar la fruta, determinar su calidad comercial y seleccionar los frutos para cosecha, empaque y venta (El calibre de las frutas; 2021).

Longitud: La longitud de la fruta se refiere a la medida del fruto en su dimensión mayor a lo largo de su eje longitudinal (de la base al ápice), es decir, la distancia entre los extremos más alejados del fruto en dirección “largo”. Esta característica sirve para describir su tamaño, para clasificaciones comerciales, y para estudios de forma de fruto (por ejemplo, la relación longitud-diámetro). Un ejemplo es en manzanas, donde se utiliza el índice de forma del fruto (“fruit shape index”) como la relación entre la longitud y el diámetro (Li et al., 2015).

Peso: El peso de la fruta es la masa que tiene la fruta entera, normalmente medida en gramos (g) o kilogramos (kg), cuando está fresca. Este peso incluye todos sus componentes: cáscara, pulpa, semillas, jugo, etc. Es una medida importante para valorar rendimiento, calidad, empaque, transporte y costo de producción. Por ejemplo, en estudios agronómicos se utiliza el peso promedio de una muestra de fruta para comparar variedades, tratamientos agronómicos o condiciones de cultivo (Celi & Alcívar, 2018).

pH: El pH (potencial del hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Cabe mencionar que mide la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Un potenciómetro es un dispositivo que se utiliza para

determinar si una sustancia es ácida o básica. Si la titulación es ácida, se utiliza un reactivo básico como la fenolftaleína (Alméciga & Muñoz, 2013).

Brix: Es útil para medir la cantidad de sólidos solubles y sirve como medida de la cantidad de sacarosa en la fruta (Soriano, 2021).

Rendimiento: El rendimiento es la cantidad de producto producido por unidad o área de tierra. Cada cultivo tiene un valor de rendimiento que permite a los agricultores comparar sus rendimientos. Cuando el rendimiento cae por debajo del rendimiento potencial, la diferencia se denomina brecha de desempeño. Nos preocupamos por el rendimiento de los cultivos porque afectan la seguridad alimentaria mundial (Ricardo, 2020).

El rendimiento se refiere al producto o a la utilidad que rinde o da una persona o cosa, es decir que es la proporción entre el resultado que se obtiene y los medios que se emplearon para alcanzar el mismo, al hablar de negocios y empresas se refiere al resultado que se obtiene por cada una de las unidades presentes que despliega una actividad, ya sea que se trate de una persona, una oficina o un departamento (Quezada, 2016).

Finalmente, el rendimiento es la cantidad de productos agrícolas utilizados por unidad de área o por unidad de área e insumos de producción durante un período de tiempo.

Calidad: Según el estudio “European Review of Agricultural Economics” publicado en noviembre del 2020, la calidad del sector agrícola es “un atributo, además del precio, que aumenta la demanda de los consumidores y afecta el sistema de calidad de las exportaciones agrícolas”. De manera similar, en el contexto de la agricultura, la calidad de los alimentos se refiere a la combinación de rasgos y características de un alimento o producto alimenticio. Estas características se refieren a las materias primas o ingredientes utilizados en la elaboración, sus características, composición, pureza, identidad, origen y disponibilidad.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. *Tipo de investigación*

La presente investigación es de tipo básica también denominada investigación pura o fundamental, tiene como propósito ampliar el conocimiento científico existente sin buscar una aplicación práctica inmediata. Se centra en comprender los principios, leyes y teorías que explican los fenómenos naturales o sociales, generando nuevos aportes conceptuales o metodológicos al cuerpo del saber científico (Hernández-Sampieri et al., 2022). Asimismo, corresponde a un estudio cuantitativo, dado que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con las características organolépticas y el rendimiento de los frutos (Cabezudo & Lovera, 2019).

3.1.2. *Nivel de investigación*

En cuanto a su nivel, es una investigación descriptiva y comparativa, ya que se enfoca en caracterizar y comparar los atributos físicos, sensoriales y de productividad de los diferentes biotipos evaluados, con el objetivo de identificar aquellos con mayor potencial agronómico y comercial.

3.1.3. *Diseño de investigación*

El diseño de la presente investigación es de tipo no experimental, transversal, descriptivo y comparativo. No se aplicaron tratamientos ni se manipularon variables independientes; en su lugar, se realizó la observación y medición directa de las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de los frutos de distintos biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica*, cultivados en la Estación Experimental de Canaán – INIA.

El estudio se llevó a cabo en un único momento del tiempo (diseño transversal), y se centró en describir las propiedades características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento productivo del fruto. Además, se realizó una comparación entre los diferentes biotipos evaluados, con el

propósito de identificar aquellos que presentan mejores atributos de calidad y potencial comercial. Este diseño permitió caracterizar objetivamente cada biotipo sin la necesidad de manipular condiciones experimentales, ajustándose al enfoque observacional del estudio.

3.1.3.1. Material biológico.

El material biológico a evaluar está constituido por 6 biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

- PTI 0152 (PER - 1004867)
- PTI 023A
- PTI 0070 (PER - 1004785)
- PTI 0040 (PER - 1004755)
- PTI 0138 (PER - 1004853)
- PTI 0157 (PER - 1004872)

3.1.3.2. Características del área experimental (cultivo en INIA)

Tabla 6

Características del área experimental

Área experimental	
Características	Unid. Medida
Nº de plantas por biotipo	12 plantas por biotipo
Distanciamiento entre plantas	3 m
Distanciamiento entre bloques	4 m
Sistema de plantación	Rectangular
Anchura de la unidad experimental	51 m
Longitud de la unidad experimental	29 m
Área total del campo	1480 m ² (aprox.)

Nota: Especificaciones del área experimental.

Figura 1

Distribución de los biotipos de tuna en parcela experimental

PTI-0152	PTI-0023A	PTI-0070	PTI-0040	PTI-0138	PTI-0157
planta 1	planta 1	planta 1	planta 1	planta 1	planta 1
planta 2	planta 2	planta 2	planta 2	planta 2	planta 2
planta 3	planta 3	planta 3	planta 3	planta 3	planta 3
planta 4	planta 4	planta 4	planta 4	planta 4	planta 4
planta 5	planta 5	planta 5	planta 5	planta 5	planta 5
planta 6	planta 6	planta 6	planta 6	planta 6	planta 6
planta 7	planta 7	planta 7	planta 7	planta 7	planta 7
planta 8	planta 8	planta 8	planta 8	planta 8	planta 8
planta 9	planta 9	planta 9	planta 9	planta 9	planta 9
planta 10	planta 10	planta 10	planta 10	planta 10	planta 10
planta 11	planta 11	planta 11	planta 11	planta 11	planta 11
planta 12	planta 12	planta 12	planta 12	planta 12	planta 12

3.1.3.3. Evaluación de características organolépticas, morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento.

a. Organolépticas:

Son aquellas que se perciben a través de los sentidos humanos: vista, olfato, gusto, tacto y oído. Se utilizan principalmente en la evaluación sensorial de alimentos o productos naturales (Gavilán, 2014).

b. Características Morfométricas:

Se refieren a las medidas físicas y morfológicas de un objeto, organismo o parte de él. Son datos cuantitativos usados para describir la forma y tamaño. (Marcaquispe, 2021).

c. Características Fisicoquímicas:

Se refieren a las propiedades físicas y químicas de una sustancia o producto. Son esenciales para entender la composición, estabilidad y funcionalidad.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

La investigación presente se realizó a lo largo de 6 meses, iniciando en diciembre de 2024 y concluyendo en junio de 2025.

3.2.2. *Ámbito político*

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el centro experimental del INIA, propiedad del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Canaán – Ayacucho.

Lugar : Estación experimental Canaán – Ayacucho – INIA
ubicado en la Av. Abancay S/N – Canaán Bajo.

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Provincia : Huamanga

Región : Ayacucho

3.2.3. *Ámbito geográfico*

El campo experimental se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas.

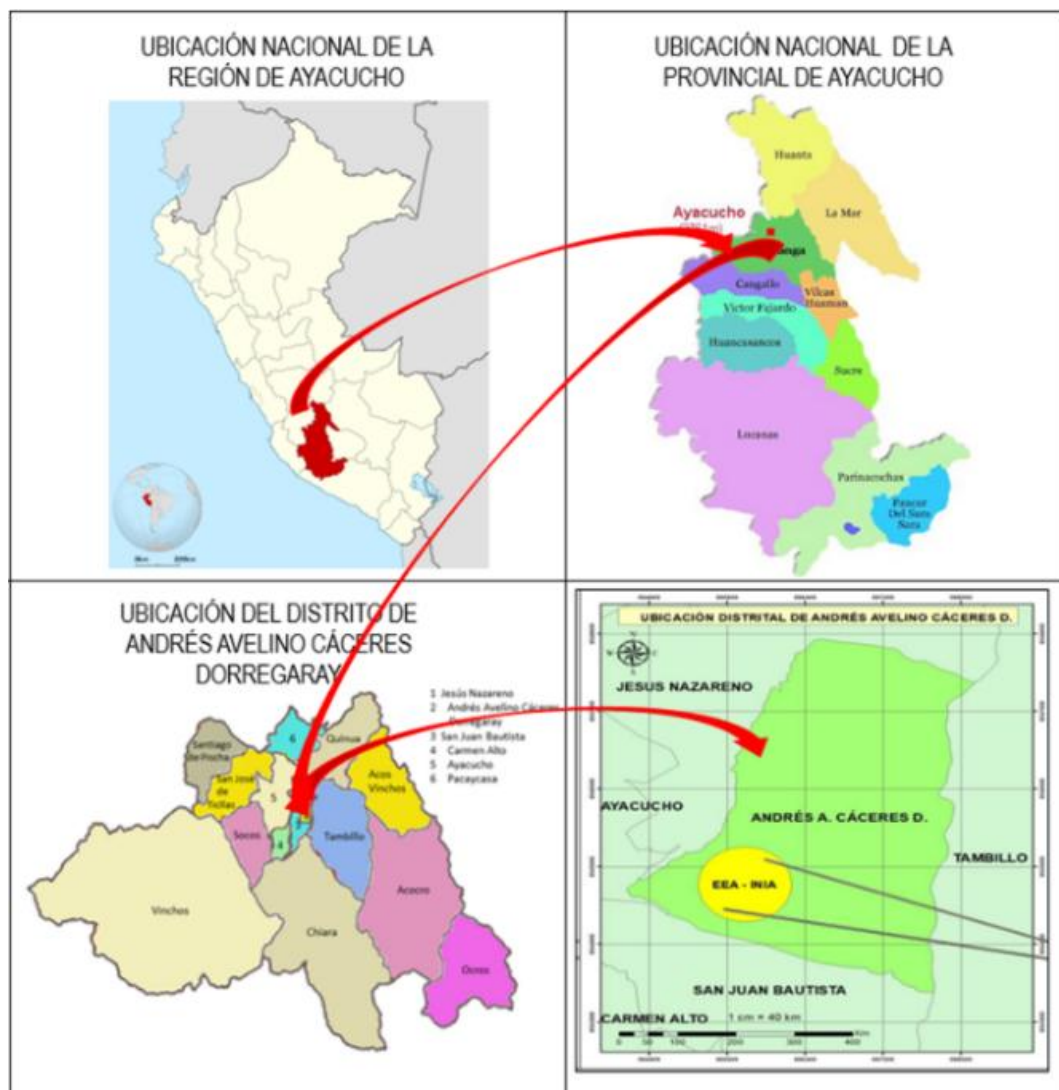
Latitud : 13° 09' 48'' S

Longitud : 74° 12' 20'' O

Altitud : 2730 m.s.n.m (Roque, 2019)

Figura 2

Ubicación geográfica



Nota: Mapa de localización del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray.

Figura 3

Ámbito de estudio.



Nota: Área de estudio, Google earth pro.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por las plantas de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivadas en el huerto experimental de Canaán – INIA, correspondiente al Banco Nacional de Germoplasma de Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán. En la parcela experimental se dispone de 6 biotipos promisorios (PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152, PTI0157 y PTI023A), con 12 plantas por biotipo, por lo que la población total corresponde a 72 plantas.

3.3.2. Muestra

Se empleó un muestreo censal por biotipo: se incluyeron todas las plantas disponibles de cada biotipo (12 plantas/biotipo; total = 72 plantas). Esta estrategia permite estimar con mayor precisión la variabilidad por biotipo y otorga mayor potencia a los análisis comparativos (ANOVA robusto y pruebas post hoc) realizados en este estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnica de evaluación

a. Evaluación del rendimiento del fruto

- Peso promedio del fruto (g): Se utilizó una balanza digital de precisión.
- Relación pulpa/cáscara (%): Se determinó separando mecánicamente la pulpa de la cáscara y pesando cada parte.
- Rendimiento por planta (kg/planta): Medido con el número total de frutos multiplicado por el peso promedio del fruto por planta.

b. Evaluaciones fisicoquímicas complementarias

- pH: Medido con pH-metro digital.
- Grados Brix (°Bx): Con refractómetro portátil para determinar el contenido de azúcares solubles.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

a. Materiales

- Cuaderno de campo
- Tablero de campo

b. Herramientas

- Vernier

c. Equipos

- Balanza digital
- PH-metro
- Refractómetro
- Cámara fotográfica

d. Insumos

- 6 biotipos de tuna (PTI 0152, PTI 023A, PTI 0070, PTI 0040, PTI 0138, PTI 0157).

3.5. Procedimientos

- La cosecha se realizó en horas de la mañana para evitar alteraciones por temperaturas elevadas.
- Se seleccionaron frutos maduros fisiológicamente, sin daño mecánico ni signos de descomposición.
- Los frutos son trasladados en cajas plásticas ventiladas, identificados por biotipo

3.5.1. *Pre – campo*

Para la investigación se revisó las diferentes consultas bibliográficas, se examinaron los sitios de estudio en las áreas experimentales y los factores relacionados con el desarrollo del trabajo. También se realizó visitas a las Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para coordinar con el responsable del Proyecto, asimismo se coordinó con los responsables de los laboratorios de Canaán y de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta para solicitar los permisos correspondientes y poder llevar a cabo la investigación.

3.5.2. *Fase de campo*

Se desarrolló primero con la preparación del terreno con la limpieza libre de arbustos, hierbas o restos de cosechas anteriores ya sea con maquinaria o arado, dejando el suelo listo a fin que permita el desarrollo radicular en las primeras etapas del cultivo, la preparación del terreno se realiza a una profundidad de 25 a 30cm., seguidamente se hace el trazado de la hilera de plantas para la plantación tradicional o al trazado de camas, se realizó con el apoyo de una cinta de medir, cordel y estacas, se trata de que en la plantación se coloquen las pencas con orientación norte-sur (las caras de la penca hacia este y oeste), pues se ha demostrado que con esta orientación se obtiene mayor desarrollo radicular y menor daño por quemaduras del sol.

La densidad de plantas es de 40 mil raquetas o pencas por hectárea aproximadamente, al mes o a los dos meses de efectuada la plantación, se debe aplicar una capa de estiércol de ganado bovino de un espesor de 3 a 5 cm, sobre la hilera de plantas.

3.5.3. Fase de gabinete

Una vez culminado la fase de campo y la recopilación de datos, se procedió a sistematizar las informaciones obtenidas para determinar los resultados de la investigación que se realizó.

3.6. Análisis de datos

Los datos fueron organizados por unidad experimental (planta) y por biotipo. Se realizó análisis descriptivo (media \pm desviación estándar (DE), rango y coeficiente de variación (CV)), se evaluaron supuestos de normalidad, dado que no cumplían en la mayoría de variables, se utilizó un Prueba de Kruskal-Wallis se aplicó el test de Dunn-Bonferroni para comparaciones múltiples. Además,

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Estadística descriptiva

4.1.1.1. Estadística descriptiva para el primer objetivo.

Evaluar las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) mediante análisis comparativos en condiciones de campo en la EEA – Canaán.

4.1.1.1.1. *Estadística descriptiva para el diámetro (mm).*

Tabla 7

*Estadística descriptiva para el diámetro (mm) de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*

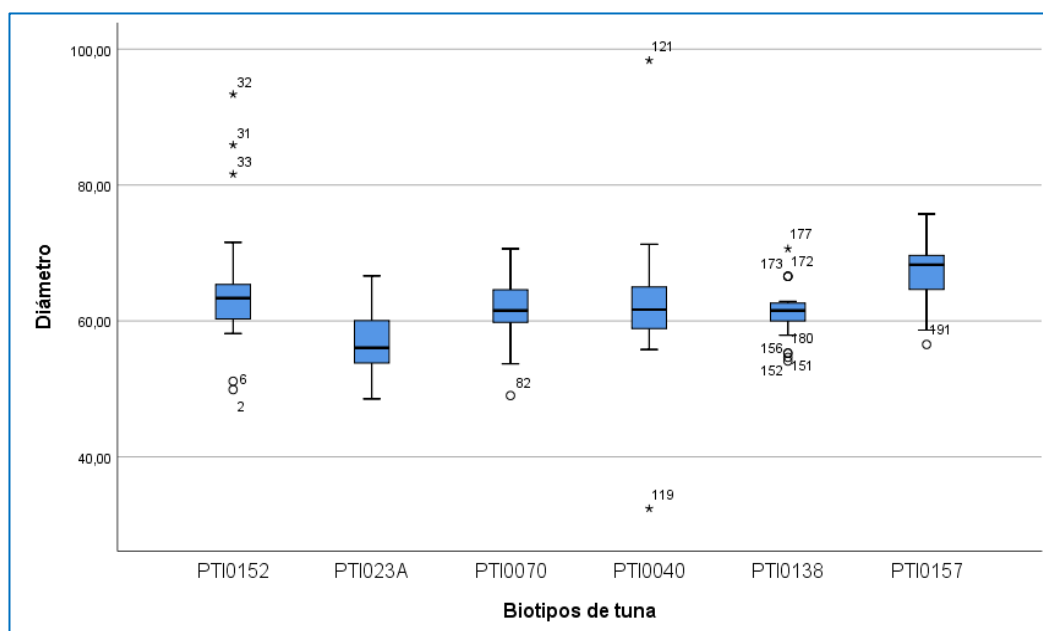
Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	49,89	93,35	64,27	8,16	66,56
PTI023A	48,53	66,63	56,93	4,85	23,51
PTI0070	49,01	70,63	61,47	4,52	20,45
PTI0040	32,39	98,34	62,27	8,83	77,93
PTI0138	54,10	70,63	61,11	3,34	11,17
PTI0157	56,54	75,75	67,12	4,36	18,98

En la Tabla 7 se presentan la evaluación estadística del diámetro de fruto en seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán muestra diferencias notables en cuanto al tamaño y la uniformidad de los frutos. El biotipo PTI0157 presentó el mayor diámetro promedio (67,12 mm), lo cual, junto con su baja desviación estándar (4,36 mm), indica frutos de mayor tamaño y homogéneos. Le sigue PTI0152 con un diámetro medio de 64,27 mm, aunque con una mayor dispersión (desviación estándar de 8,16 mm), lo que sugiere mayor variabilidad en el tamaño de sus frutos. El biotipo PTI0040, aunque muestra un promedio moderado (62,27 mm), registró la mayor variabilidad (desviación estándar de 8,83 mm y varianza de 77,93), indicando falta de uniformidad. En contraste, PTI0138 presentó la menor

variabilidad (desviación estándar de 3,34 mm) y un diámetro promedio de 61,11 mm, lo cual lo posiciona como un biotipo con frutos uniformes en tamaño. Finalmente, los biotipos PTI023A y PTI0070 mostraron diámetros promedio de 56,93 mm y 61,47 mm, respectivamente, con variaciones moderadas. En conjunto, estos resultados evidencian que los biotipos PTI0157 y PTI0138 destacan por su combinación de tamaño y uniformidad, lo que los convierte en candidatos potenciales para su promoción comercial y mejora genética.

Figura 4

Distribución del diámetro del fruto en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La figura 4 muestra la distribución del diámetro del fruto para seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*), evidenciando diferencias en la dispersión, la mediana y la presencia de valores atípicos. El biotipo PTI0157 destaca con la mayor mediana de diámetro y una distribución relativamente compacta, indicando frutos de mayor tamaño y homogéneos. En contraste, PTI023A presenta la mediana más baja, lo que sugiere frutos más pequeños en comparación con los demás biotipos. Se observan varios valores atípicos (outliers) en casi todos los biotipos, especialmente en PTI0040, que incluye un valor extremadamente bajo (por debajo de 40 mm) y otro muy alto (cerca de 100 mm), reflejando una alta variabilidad en el tamaño de sus frutos. PTI0138 muestra una caja estrecha, lo que indica mayor uniformidad, mientras que PTI0152 presenta

varios outliers por encima de 80 mm, aunque su distribución general es más amplia. En conjunto, el gráfico permite identificar que los biotipos PTI0157 y PTI0138 ofrecen mayor consistencia en el diámetro del fruto, mientras que PTI0040 y PTI0152 presentan mayor variabilidad, posiblemente afectando su calidad comercial.

4.1.1.1.2. Estadística descriptiva para la longitud (mm).

Tabla 8

Estadística descriptiva para la longitud (mm) de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

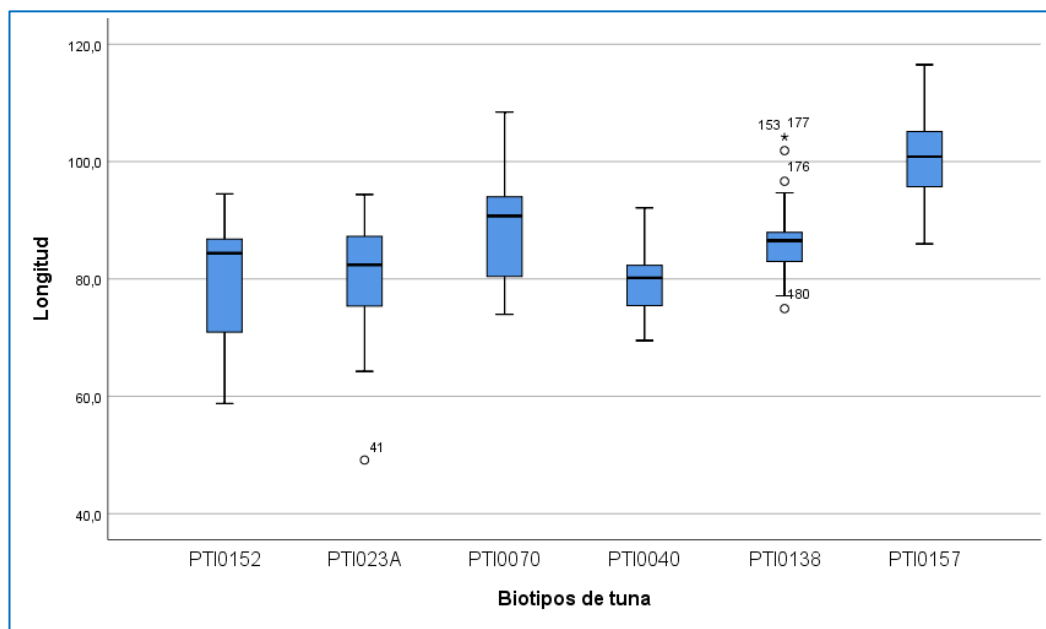
Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	58,80	94,50	80,25	10,51	110,52
PTI023A	49,10	94,40	80,30	9,62	92,63
PTI0070	74,00	108,40	89,60	8,59	73,78
PTI0040	69,50	92,10	79,77	5,40	29,19
PTI0138	74,90	104,20	86,27	6,11	37,28
PTI0157	86,00	116,50	100,62	6,77	45,78

La tabla 8 muestra la evaluación de la longitud del fruto en los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* cultivados en la EEA – Canaán evidencia diferencias significativas en tamaño y uniformidad. El biotipo PTI0157 presentó la mayor longitud promedio (100,62 mm) con una variabilidad moderada (desviación estándar de 6,77 mm), destacándose como el biotipo con frutos más largos y relativamente homogéneos. Le siguió PTI0070, con una media de 89,60 mm y una dispersión ligeramente inferior (8,59 mm), mientras que PTI0138 alcanzó los 86,27 mm de promedio, mostrando una menor variabilidad (6,11 mm), lo cual refleja una buena consistencia en la longitud de sus frutos. Por otro lado, los biotipos PTI0152 y PTI023A mostraron longitudes promedio similares (80,25 mm y 80,30 mm, respectivamente), aunque con mayor dispersión (10,51 mm y 9,62 mm, respectivamente), lo que sugiere una heterogeneidad considerable en sus frutos. Finalmente, el biotipo PTI0040 presentó la menor variabilidad (desviación estándar de 5,40 mm) y una longitud promedio intermedia (79,77 mm), lo que indica una mayor uniformidad, aunque con frutos de menor longitud en comparación con otros biotipos. En conjunto, los resultados sugieren que los biotipos PTI0157, PTI0070 y

PTI0138 presentan mayor potencial comercial por su tamaño y consistencia, atributos valorados en el mercado fresco.

Figura 5

Distribución de la longitud (mm) del fruto en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La Figura 5 muestra la distribución de la longitud del fruto en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica*, permitiendo visualizar la tendencia central, la dispersión y la presencia de valores atípicos. El biotipo PTI0157 destaca por tener la mayor mediana y el mayor rango de longitud, lo que confirma su superioridad en tamaño frente a los demás biotipos, siendo potencialmente favorable para mercados que demandan frutos grandes. Asimismo, PTI0070 y PTI0138 muestran longitudes elevadas con rangos intercuartílicos estrechos, lo que indica mayor homogeneidad en el tamaño de sus frutos. En contraste, PTI0152 y PTI023A presentan medianas más bajas y una dispersión más amplia, evidenciando mayor variabilidad en la longitud, lo cual podría afectar su aceptación comercial por la falta de uniformidad. PTI0040, aunque con una longitud intermedia, muestra una menor dispersión, lo que sugiere mayor consistencia entre frutos. En general, la distribución visual indica que PTI0157 es el biotipo con mejor desempeño en longitud de fruto, seguido de PTI0070 y PTI0138, que también presentan buenas características de tamaño y uniformidad.

4.1.1.1.3. Estadística descriptiva para el peso del fruto (g)

Tabla 9

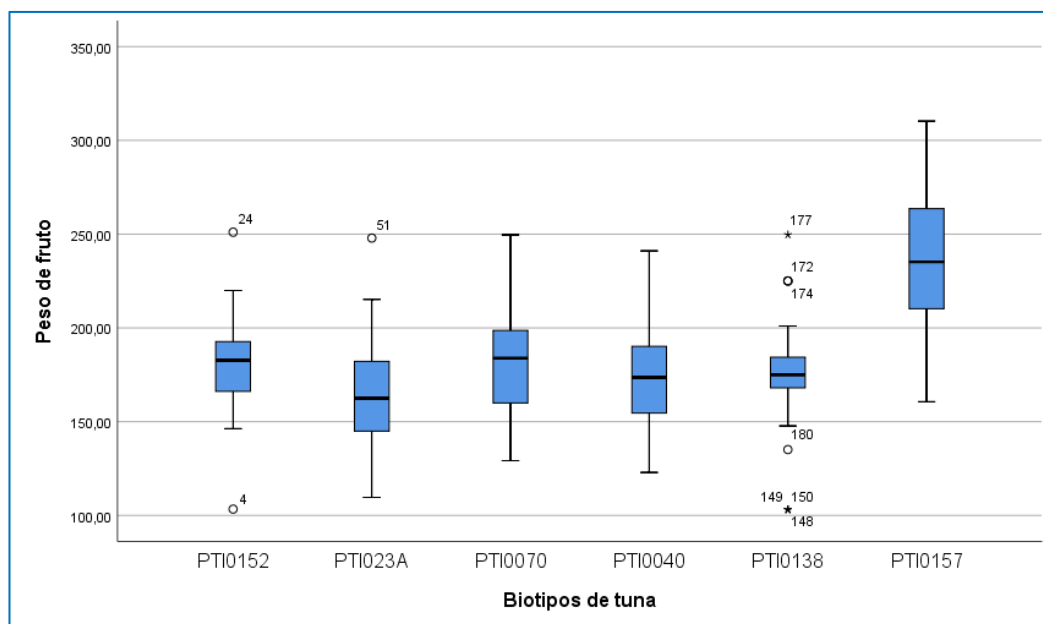
Estadística descriptiva para el peso del fruto (g) de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	103,36	251,04	179,89	25,11	630,55
PTI023A	109,59	247,89	164,88	30,42	925,12
PTI0070	129,19	249,68	180,26	28,38	805,39
PTI0040	122,91	241,11	176,76	29,03	842,57
PTI0138	103,09	249,68	174,46	31,24	975,72
PTI0157	160,60	310,26	236,27	37,28	1389,85

La tabla 9 muestra la evaluación del peso del fruto entre los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* reveló diferencias sustanciales tanto en la masa promedio como en la variabilidad de los frutos. El biotipo PTI0157 se posicionó como el de mayor peso medio (236,27 g) y también el de mayor rango de variación (desviación estándar de 37,28 g y varianza de 1389,85), lo cual sugiere un alto potencial comercial, aunque con cierta heterogeneidad en sus frutos. Le sigue PTI0070, con un peso promedio de 180,26 g y una dispersión moderada (28,38 g), similar al biotipo PTI0152 (179,89 g, 25,11 g de desviación estándar), ambos con frutos relativamente pesados y más uniformes. El biotipo PTI0040 mostró un peso promedio de 176,76 g, con variabilidad comparable al anterior (29,03 g), lo que también lo ubica dentro del grupo de biotipos con buena masa de fruto. En contraste, PTI023A y PTI0138 presentaron los menores promedios (164,88 g y 174,46 g, respectivamente) y una mayor dispersión, especialmente PTI0138, con una desviación estándar de 31,24 g, lo cual podría limitar su atractivo comercial si se prioriza la uniformidad. En conjunto, los resultados posicionan a PTI0157 como el biotipo con frutos más grandes, mientras que PTI0070, PTI0152 y PTI0040 destacan por combinar buen peso con mayor uniformidad, características deseables para el mercado de consumo en fresco.

Figura 6

Distribución del peso del fruto (g) del fruto en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La Figura 6 muestra la distribución del peso del fruto (g) en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán, revelando diferencias notables en la tendencia central, la dispersión y la presencia de valores atípicos. El biotipo PTI0157 sobresale con la mayor mediana de peso, lo que confirma su superioridad en tamaño frente a los demás, además de presentar un rango de valores más amplio, reflejando cierta variabilidad en el desarrollo del fruto. En contraste, PTI023A y PTI0138 evidencian medianas más bajas, indicando frutos de menor peso promedio, y una mayor dispersión, lo cual sugiere una menor uniformidad entre muestras. Los biotipos PTI0070, PTI0152 y PTI0040 presentan medianas similares y distribuciones relativamente compactas, lo que refleja una combinación favorable entre peso adecuado y consistencia entre frutos. La presencia de algunos valores atípicos, principalmente en PTI0138 y PTI023A, podría deberse a factores agronómicos o fisiológicos que afectan el llenado del fruto. En conjunto, la figura respalda la identificación de PTI0157 como el biotipo con mayor potencial comercial por su elevado peso de fruto, mientras que PTI0070, PTI0152 y PTI0040 destacan por su uniformidad y rendimiento aceptable.

4.1.1.1.4. Estadística descriptiva para el peso de la pulpa de fruto (g).

Tabla 10

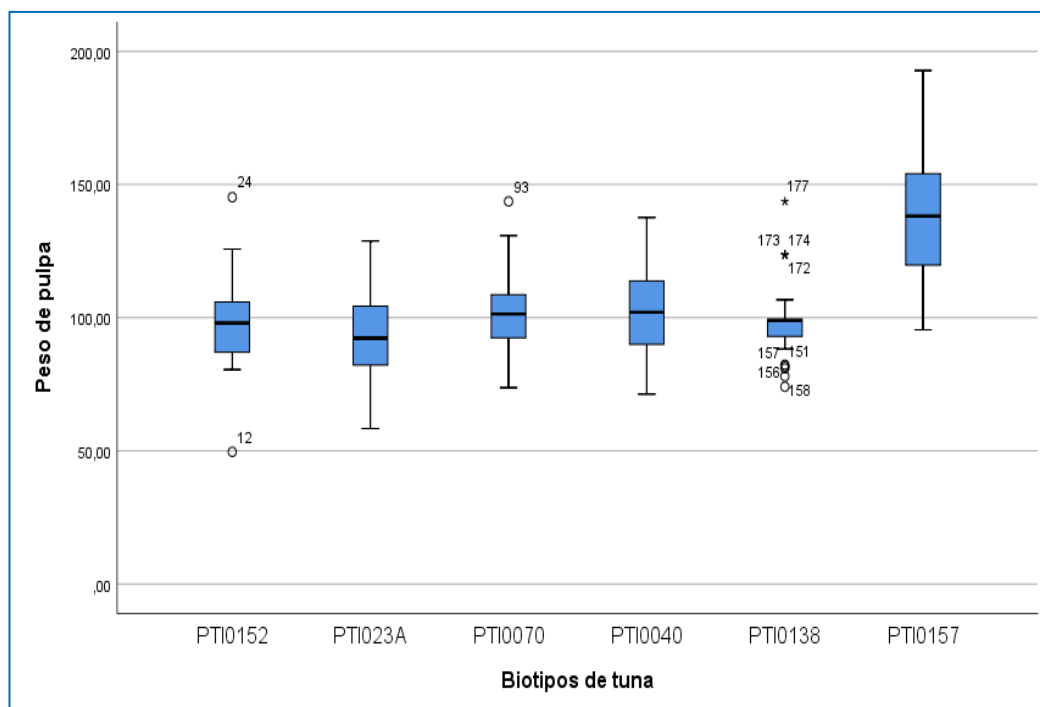
Estadística descriptiva para el peso de la pulpa de fruto (g) de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canadá

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	49,62	145,24	97,82	16,16	261,27
PTI023A	58,35	128,76	92,70	16,70	278,78
PTI0070	73,69	143,62	102,93	16,20	262,47
PTI0040	71,27	137,58	102,29	15,93	253,71
PTI0138	74,08	143,62	98,67	13,27	176,22
PTI0157	95,43	192,79	137,87	25,60	655,61

La tabla 10 muestra la evaluación del peso de la pulpa en los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* mostró variaciones importantes en cuanto al contenido comestible del fruto, un atributo clave para la aceptación comercial y el rendimiento industrial. El biotipo PTI0157 presentó el mayor peso promedio de pulpa (137,87 g) y también la mayor dispersión (desviación estándar de 25,60 g), lo cual indica un rendimiento superior en términos de masa útil, aunque con una variabilidad considerable entre frutos. Le siguen los biotipos PTI0070 y PTI0040, con medias de 102,93 g y 102,29 g respectivamente, y desviaciones estándar similares (~16 g), lo que evidencia una buena proporción de pulpa con mayor uniformidad. PTI0138 mostró una media ligeramente inferior (98,67 g), pero con la menor variabilidad (13,27 g), lo que resalta su consistencia en el desarrollo del tejido comestible. Por su parte, PTI0152 y PTI023A registraron los menores promedios (97,82 g y 92,70 g, respectivamente), siendo este último el de menor rendimiento, aunque con una dispersión comparable a la mayoría. En conjunto, los resultados indican que PTI0157 es el biotipo más sobresaliente en términos de cantidad de pulpa, mientras que PTI0070, PTI0040 y PTI0138 combinan un peso adecuado con mayor uniformidad, características deseables para la agroindustria y el consumo en fresco.

Figura 7

Distribución para el peso de la pulpa de fruto (g) en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La Figura 7 presenta la distribución del peso de la pulpa (g) en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica*, lo que permite visualizar diferencias en la mediana, rango intercuartílico y valores atípicos, elementos clave para evaluar el rendimiento comestible del fruto. El biotipo PTI0157 destaca con la mediana más alta y el mayor rango de dispersión, lo que indica un rendimiento superior en peso de pulpa, aunque con una considerable variabilidad entre frutos. En contraste, los biotipos PTI023A y PTI0152 presentan medianas más bajas, reflejando frutos con menor contenido de pulpa, acompañados de una dispersión moderada. Por su parte, PTI0070, PTI0040 y PTI0138 muestran medianas intermedias con cajas más compactas, lo cual sugiere una mayor uniformidad en el desarrollo de la pulpa, siendo PTI0138 el biotipo con la distribución más estrecha, lo que implica alta consistencia entre muestras. En conjunto, la figura confirma que PTI0157 posee el mayor potencial en cuanto a masa comestible por fruto, mientras que PTI0070, PTI0040 y PTI0138 presentan un buen equilibrio entre peso y uniformidad, cualidades deseables para la industria de procesamiento y el consumo directo.

4.1.1.1.5. Estadística descriptiva para el peso de la cascara del fruto (g).

Tabla 11

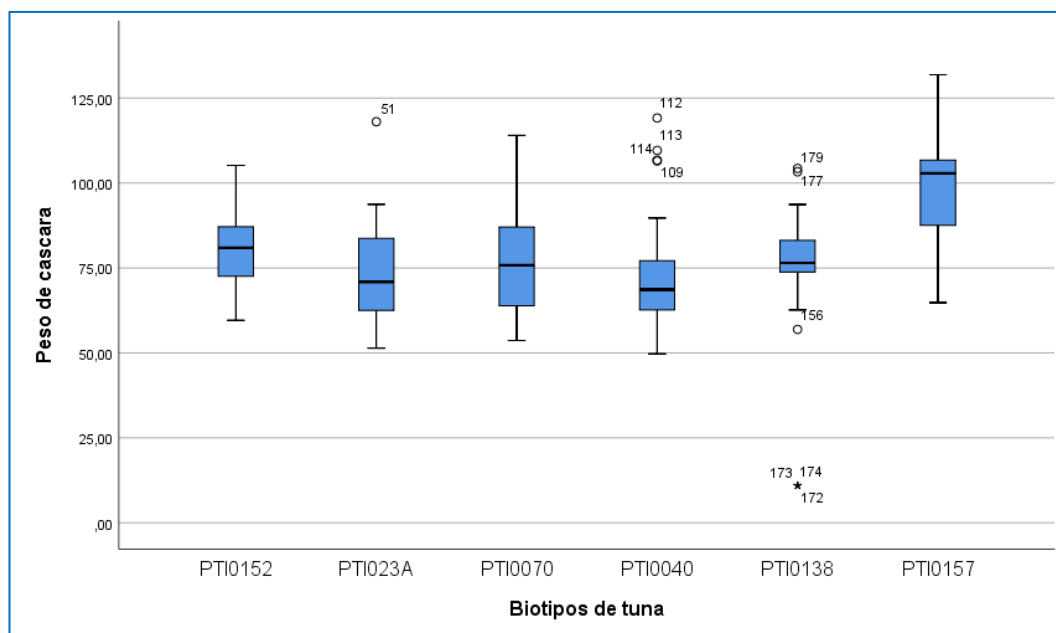
Estadística descriptiva para el peso de la cascara del fruto (g) de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	59,59	105,19	80,50	11,23	126,01
PTI023A	51,38	118,05	73,26	14,59	212,93
PTI0070	53,63	113,99	75,99	15,04	226,29
PTI0040	49,69	119,14	72,91	16,17	261,53
PTI0138	10,94	104,31	73,97	21,77	473,83
PTI0157	64,78	131,86	98,19	14,99	224,68

La tabla 11 muestra la evaluación del peso de la cáscara en los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* mostró diferencias notables en la proporción de material no comestible del fruto, lo cual tiene implicancias directas sobre el rendimiento útil y la eficiencia de procesamiento. El biotipo PTI0157 registró el mayor peso promedio de cáscara (98,19 g) con una dispersión moderada (desviación estándar de 14,99 g), lo que indica una mayor proporción de residuo en relación al total del fruto. Le sigue PTI0152 con una media de 80,50 g, también con una variabilidad controlada (11,23 g). En contraste, los biotipos PTI023A, PTI0070 y PTI0040 presentaron pesos de cáscara similares, promediando entre 72,91 g y 75,99 g, aunque con una dispersión más amplia, en particular PTI0040, que registró la varianza más alta después de PTI0138. Este último (PTI0138) mostró una media comparable (73,97 g), pero con la mayor dispersión del conjunto (desviación estándar de 21,77 g), lo que refleja una alta heterogeneidad en el grosor y peso de la cáscara, posiblemente asociada a variaciones en el desarrollo del fruto. En conjunto, los resultados sugieren que PTI0157, a pesar de su elevado peso de cáscara, también es el biotipo con mayor peso total y de pulpa, mientras que biotipos como PTI0040, PTI023A y PTI0138 presentan proporciones de cáscara menos uniformes, lo que podría influir negativamente en el rendimiento neto de pulpa para consumo o procesamiento.

Figura 8

Distribución para el peso de la cáscara del fruto (g) en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La Figura 8 muestra la distribución del peso de la cáscara del fruto en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán, permitiendo comparar la variabilidad y tendencia central de este componente no comestible. El biotipo PTI0157 destaca con la mediana más alta, lo que indica una mayor proporción de cáscara en comparación con los demás biotipos, aunque su rango intercuartílico es relativamente controlado, lo que sugiere cierta uniformidad. En el extremo opuesto, PTI0040, PTI023A y PTI0070 presentan medianas más bajas, con distribuciones moderadamente amplias, lo que evidencia menor peso de cáscara, aunque con una mayor dispersión entre muestras. Llama la atención el biotipo PTI0138, que, si bien tiene una mediana comparable al grupo intermedio, presenta la mayor dispersión y presencia de valores extremos, lo que sugiere una alta heterogeneidad en el grosor o desarrollo de la cáscara entre frutos. Finalmente, PTI0152 muestra una mediana elevada con una distribución más compacta, lo que refleja mayor consistencia. En conjunto, la figura indica que, aunque PTI0157 posee la cáscara más pesada, su uniformidad relativa puede ser ventajosa para ciertos procesos industriales, mientras que la alta variabilidad en PTI0138 podría representar una limitante en términos de rendimiento aprovechable y procesamiento eficiente.

4.1.1.1.6. Estadística descriptiva para el pH del fruto.

Tabla 12

Estadística descriptiva para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	6,06	6,73	6,34	,13	,016
PTI023A	5,92	6,44	6,24	,14	,018
PTI0070	5,82	6,38	6,17	,17	,030
PTI0040	5,47	6,36	6,10	,15	,023
PTI0138	5,62	6,37	6,11	,15	,022
PTI0157	5,25	6,27	5,85	,29	,083

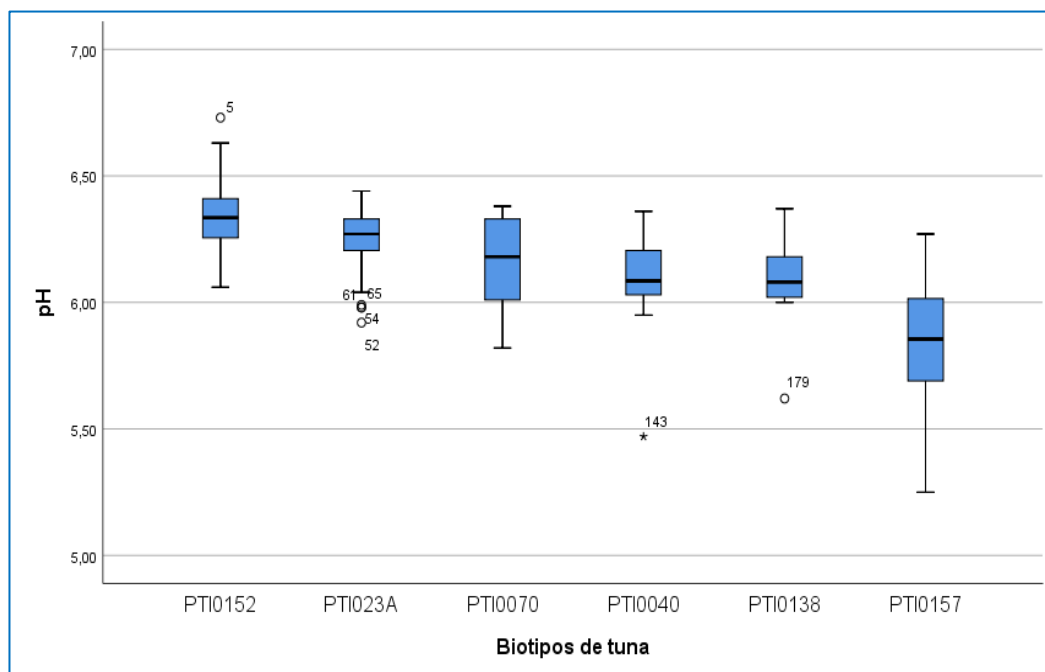
La tabla 12 de la evaluación del pH del fruto en los biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* revela diferencias significativas en la acidez potencial del fruto, un parámetro clave que influye en las características organolépticas y la estabilidad poscosecha. El biotipo PTI0152 presentó el pH más alto (media de 6,34), con una variabilidad mínima (desviación estándar de 0,13), lo que indica un fruto menos ácido y con buena uniformidad, características que pueden favorecer la aceptación sensorial en mercados que prefieren frutas de sabor suave. Le siguen PTI023A, PTI0070, PTI0040 y PTI0138, cuyos valores medios oscilan entre 6,24 y 6,10, también con desviaciones estándar bajas, lo que refleja una acidez moderada y homogénea. En contraste, PTI0157 presentó el pH más bajo (5,85) y la mayor dispersión (desviación estándar de 0,29), lo que sugiere una mayor acidez y variabilidad entre frutos. Esta característica puede ser ventajosa en algunos procesos industriales como elaboración de jugos o mermeladas, pero podría limitar su aceptación en consumo en fresco si no está equilibrada con un adecuado contenido de azúcares. En general, los resultados indican que los biotipos con mayor pH y menor variabilidad (PTI0152, PTI023A y PTI0070) presentan perfiles más estables y dulces, mientras que PTI0157 destaca por su acidez, lo que puede diversificar sus usos según el destino comercial.

La Figura 9 muestra la distribución del pH del fruto en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica*, evidenciando variaciones en la acidez entre los genotipos. El biotipo PTI0152 destaca con una mediana elevada y una

distribución estrecha, lo que indica frutos de menor acidez y gran uniformidad, característica favorable para el consumo en fresco. De manera similar, los biotipos PTI023A, PTI0070 y PTI0138 presentan valores medianos ligeramente inferiores, pero mantienen distribuciones compactas, reflejando una acidez moderada y consistente entre muestras. En contraste, PTI0157 exhibe la mediana más baja y una dispersión más amplia, lo que indica una mayor acidez en sus frutos y una variabilidad más pronunciada, posiblemente atribuida a diferencias en madurez o condiciones fisiológicas. El biotipo PTI0040 se ubica en un rango intermedio, tanto en pH como en dispersión. En conjunto, la figura permite identificar a PTI0152 como el biotipo con el perfil más dulce y uniforme en términos de pH, mientras que PTI0157 resalta por su potencial en aplicaciones donde una acidez más marcada sea deseable, como la elaboración de productos procesados.

Figura 9

Distribución para el pH del fruto en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



4.1.1.1.7. Estadística descriptiva para el grado brix del fruto.

La tabla 13 muestra el análisis del contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evidenció diferencias en la concentración de azúcares, parámetro estrechamente relacionado

con el sabor dulce del fruto y su aceptación en el mercado. El biotipo PTI0138 presentó el valor medio más alto (12,38 °Brix) y un rango amplio (11,00–16,20 °Brix), lo que indica una alta dulzura con moderada variabilidad (desviación estándar de 1,01), característica deseable tanto para consumo en fresco como para procesos industriales. Le siguen PTI023A (12,29 °Brix) y PTI0070 (12,13 °Brix), ambos con ligeramente mayor dispersión, especialmente PTI0070, cuya desviación estándar de 1,38 sugiere una mayor heterogeneidad entre frutos. Los biotipos PTI0040 y PTI0152 mostraron medias ligeramente inferiores (12,03 °Brix y 11,99 °Brix, respectivamente), pero con menor dispersión, destacando por su uniformidad en el contenido de azúcares. Finalmente, PTI0157 presentó el promedio más bajo (11,86 °Brix), aunque con una variabilidad moderada (0,91), lo cual podría compensarse si está acompañado por una acidez adecuada que favorezca el equilibrio de sabor. En conjunto, los resultados posicionan a PTI0138, PTI023A y PTI0070 como los biotipos más dulces, mientras que PTI0040 y PTI0152 destacan por su consistencia, atributos valiosos en la estandarización de la calidad del fruto.

Tabla 13

Estadística descriptiva para el grado brix de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

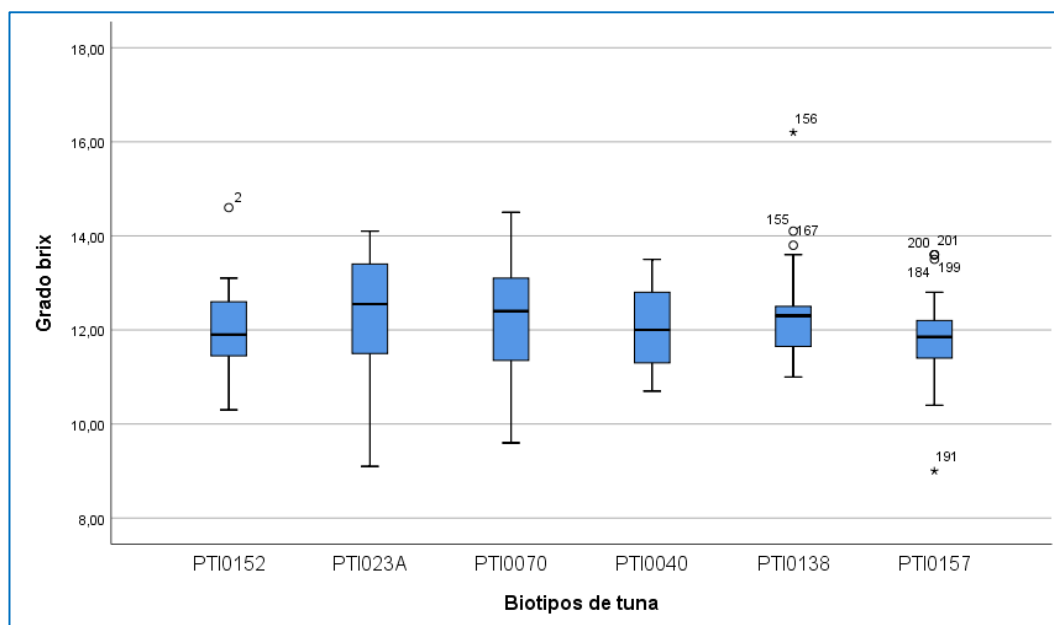
Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	10,30	14,60	11,99	,85	,73
PTI023A	9,10	14,10	12,29	1,24	1,54
PTI0070	9,60	14,50	12,13	1,38	1,89
PTI0040	10,70	13,50	12,03	,84	,71
PTI0138	11,00	16,20	12,38	1,01	1,02
PTI0157	9,00	13,60	11,86	,91	,84

La figura 10 muestra el análisis del contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evidenció diferencias en la concentración de azúcares, parámetro estrechamente relacionado con el sabor dulce del fruto y su aceptación en el mercado. El biotipo PTI0138 presentó el valor medio más alto (12,38 °Brix) y un rango amplio (11,00–16,20 °Brix), lo que indica una alta dulzura con moderada variabilidad (desviación estándar de 1,01), característica deseable tanto para consumo en fresco como para

procesos industriales. Le siguen PTI023A (12,29 °Brix) y PTI0070 (12,13 °Brix), ambos con ligeramente mayor dispersión, especialmente PTI0070, cuya desviación estándar de 1,38 sugiere una mayor heterogeneidad entre frutos. Los biotipos PTI0040 y PTI0152 mostraron medias ligeramente inferiores (12,03 °Brix y 11,99 °Brix, respectivamente), pero con menor dispersión, destacando por su uniformidad en el contenido de azúcares. Finalmente, PTI0157 presentó el promedio más bajo (11,86 °Brix), aunque con una variabilidad moderada (0,91), lo cual podría compensarse si está acompañado por una acidez adecuada que favorezca el equilibrio de sabor. En conjunto, los resultados posicionan a PTI0138, PTI023A y PTI0070 como los biotipos más dulces, mientras que PTI0040 y PTI0152 destacan por su consistencia, atributos valiosos en la estandarización de la calidad del fruto.

Figura 10

Distribución para el grado brix del fruto en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



4.1.1.1.8. Estadística descriptiva para el número de frutos por planta (Nfrut).

En la Tabla 14, se presenta el análisis estadístico descriptivo del número de frutos por planta en seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán. El biotipo PTI0070 destacó con la mayor media de frutos por planta (36,19), seguido de PTI0040 (33,19) y PTI0152 (30,07), evidenciando un mayor potencial productivo en comparación con los demás biotipos. Sin embargo, estos

también presentaron las desviaciones estándar más altas (28,29; 26,47; y 27,47 respectivamente), lo que indica una alta variabilidad entre plantas del mismo biotipo. En contraste, PTI0157 mostró el menor promedio de frutos por planta (5,82) y una baja dispersión (desviación estándar de 3,34), reflejando un comportamiento más uniforme, pero con un rendimiento significativamente menor. El biotipo PTI0138, aunque con una media intermedia (18,80), presentó la menor variabilidad después de PTI0157, lo cual podría ser favorable desde el punto de vista de la homogeneidad productiva. En conjunto, los resultados sugieren que PTI0070, PTI0040 y PTI0152 son los biotipos más promisorios en cuanto a producción de frutos por planta, aunque sería necesario considerar estrategias de manejo que reduzcan la variabilidad observada.

Tabla 14

Estadística descriptiva para el número de frutos por planta de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

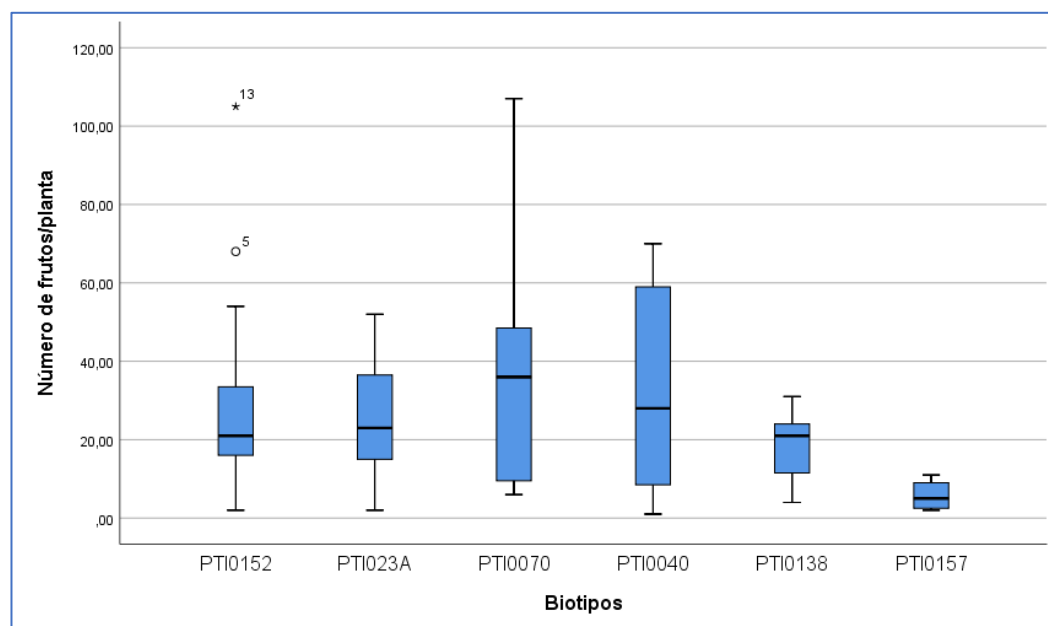
Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	2,00	105,00	30,07	27,47	754,78
PTI023A	2,00	52,00	25,19	15,68	245,76
PTI0070	6,00	107,00	36,19	28,29	800,43
PTI0040	1,00	70,00	33,19	26,47	700,43
PTI0138	4,00	32,00	18,80	8,87	78,60
PTI0157	2,00	11,00	5,82	3,34	11,16

La Figura 11 muestra la distribución del número de frutos por planta en los biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán, revelando patrones diferenciados de producción entre los genotipos. Se observa que los biotipos PTI0070 y PTI0152 presentan distribuciones más dispersas, con una mayor amplitud de valores y colas alargadas hacia la derecha, lo que indica la existencia de plantas con producciones excepcionalmente altas, aunque también con alta variabilidad. En contraste, biotipos como PTI0157 y PTI0138 muestran distribuciones más compactas y concentradas en rangos bajos de producción, lo que evidencia su limitada capacidad productiva, pero con menor variabilidad entre plantas. La forma de la distribución sugiere que no todos los biotipos siguen una distribución normal, observándose posibles sesgos y valores atípicos,

especialmente en los biotipos de mayor rendimiento. Estos resultados complementan el análisis estadístico y refuerzan la identificación de biotipos como PTI0070 y PTI0040 como candidatos promisorios por su mayor número de frutos por planta, aunque con necesidad de evaluar su estabilidad productiva.

Figura 11

Distribución para el número de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



4.1.1.1.9. Estadística descriptiva para el peso de frutos por planta (Pfrut).

Tabla 15

Estadística descriptiva para el peso (kg) de frutos por planta de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	,36	17,96	5,23	4,79	22,91
PTI023A	,39	9,26	4,17	2,60	6,78
PTI0070	,89	17,23	6,23	4,93	24,31
PTI0040	,18	12,70	5,61	4,53	20,52
PTI0138	,60	5,98	3,33	1,64	2,69
PTI0157	,36	2,10	1,07	,67	,45

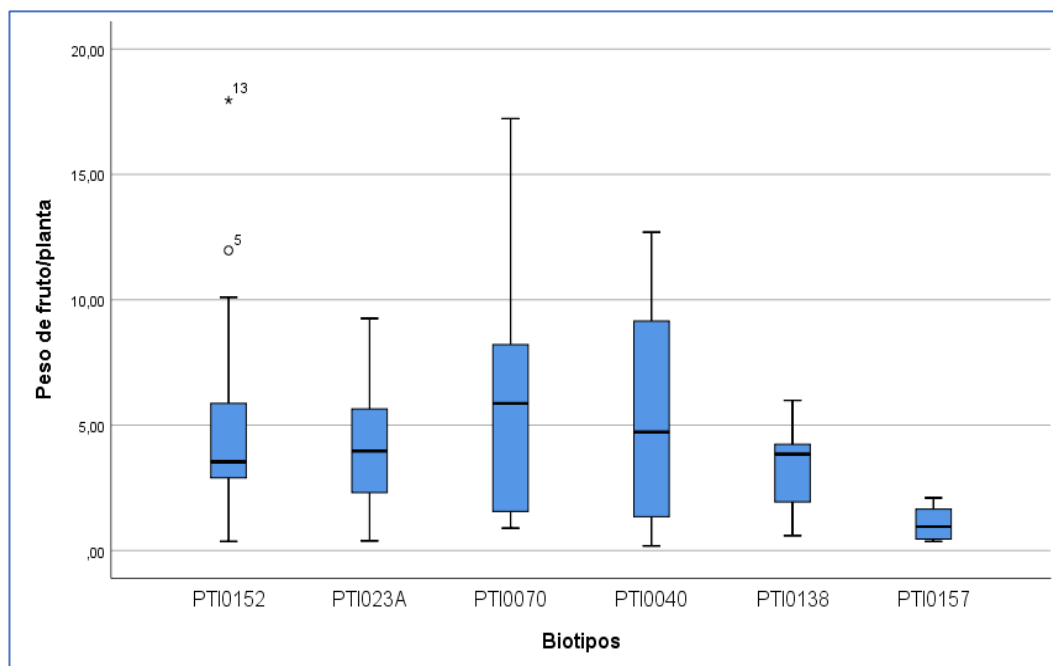
La Tabla 15 presenta los estadísticos descriptivos del peso total de frutos por planta (kg) en seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán, permitiendo identificar diferencias significativas en el rendimiento por unidad de planta. El biotipo PTI0070 obtuvo el mayor promedio de peso de frutos por planta (6,23 kg), seguido por PTI0040 (5,61 kg) y PTI0152 (5,23 kg), lo que los posiciona como los biotipos más productivos en términos de masa total de frutos. No obstante, estos mismos biotipos mostraron también las mayores desviaciones estándar (4,93; 4,53; y 4,79 kg, respectivamente), lo cual refleja una alta variabilidad entre plantas individuales y sugiere un comportamiento productivo menos uniforme. Por otro lado, PTI0157 presentó el rendimiento promedio más bajo (1,07 kg) y una baja dispersión (0,67 kg), lo que indica un biotipo de bajo potencial productivo, pero con mayor homogeneidad. En conjunto, los datos muestran que, aunque algunos biotipos presentan altos valores promedio de rendimiento, la variabilidad intra-biotipo debe considerarse al momento de seleccionar materiales promisorios para programas de mejoramiento o producción comercial.

La Figura 12 representa mediante diagramas de caja la distribución del peso de frutos por planta (kg) en seis biotipos de *Opuntia ficus-indica*. Se observa que los biotipos PTI0070 y PTI0040 presentan las medianas más altas, reflejando un mayor rendimiento promedio por planta. Ambos biotipos también exhiben una amplia dispersión de los datos, lo que indica alta variabilidad entre plantas; especialmente en PTI0070, donde el rango intercuartílico es amplio y los valores máximos se acercan a 18 kg. El biotipo PTI0152 también muestra un rendimiento relativamente alto, aunque con menor dispersión, y presenta valores atípicos (outliers), lo que sugiere la existencia de algunas plantas con rendimientos excepcionalmente altos, como se evidencia en el caso del valor superior a 17,96 kg identificado como un punto extremo. En contraste, los biotipos PTI0138 y PTI0157 tienen distribuciones más compactas, con medianas bajas y menor rango, lo que indica un comportamiento más uniforme, pero con rendimientos significativamente menores. En particular, PTI0157 destaca por tener la menor mediana y una caja muy estrecha, lo que reafirma su bajo potencial productivo. En conjunto, el gráfico permite visualizar claramente las diferencias en rendimiento y uniformidad entre biotipos,

destacando a PTI0070 y PTI0040 como los de mayor potencial, aunque con alta variabilidad, lo cual debe considerarse para fines de selección y mejora genética.

Figura 12

*Distribución para el peso (kg) de frutos por planta de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán*



4.1.1.10. Estadística descriptiva para el número de frutos en proceso de llenado (NFLL).

Tabla 16

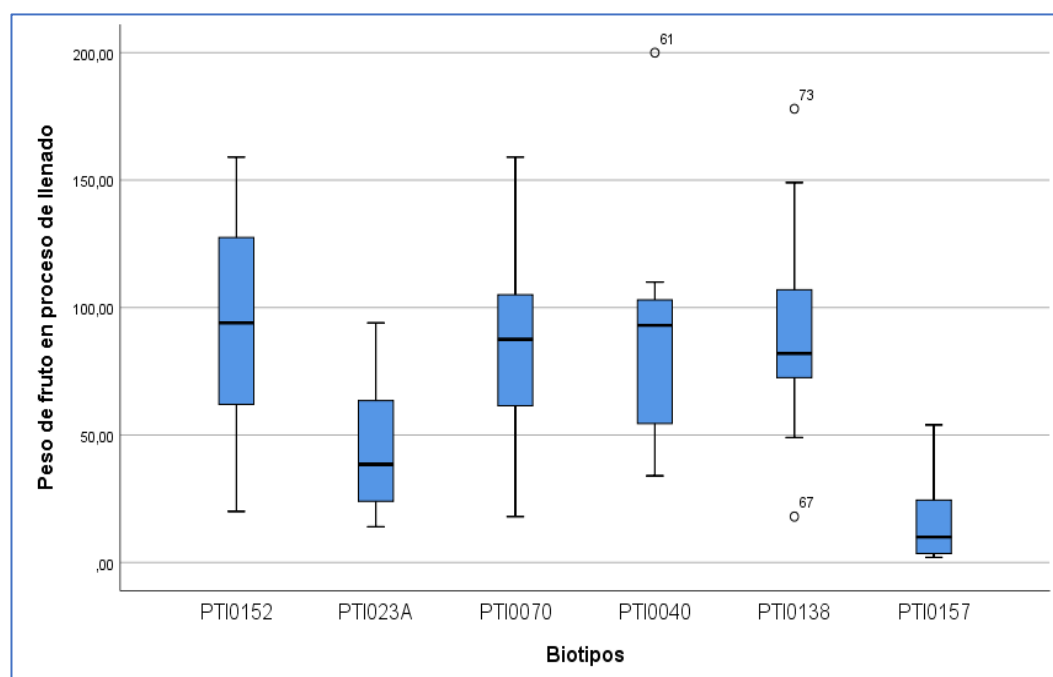
*Estadística descriptiva para el número de frutos en proceso de llenado (NFLL) de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*

Biotipos	Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
PTI0152	20,00	159,00	92,53	41,98	1763,12
PTI023A	14,00	94,00	44,31	24,46	598,229
PTI0070	18,00	159,00	86,50	36,24	1313,07
PTI0040	34,00	200,00	86,31	39,42	1553,96
PTI0138	18,00	178,00	93,20	40,40	1632,31
PTI0157	2,00	54,00	17,91	19,87	394,89

La Tabla 16 muestra los estadísticos descriptivos del número de frutos en proceso de llenado (NFLL) por planta en seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán. El biotipo PTI0138 presentó el mayor promedio de frutos en llenado (93,20), seguido muy de cerca por PTI0152 (92,53), lo cual indica un mayor potencial reproductivo en estas accesiones. También destacan PTI0070 y PTI0040 con promedios similares (86,50 y 86,31 respectivamente), lo que confirma su buen comportamiento en esta etapa del desarrollo del fruto. Sin embargo, estos biotipos también mostraron altos valores de desviación estándar y varianza, lo que evidencia una considerable variabilidad entre plantas dentro del mismo biotipo, posiblemente influenciada por factores genéticos o microambientales. En cambio, el biotipo PTI0157 tuvo el menor promedio de frutos en llenado (17,91), acompañado de una varianza relativamente baja (394,89), lo cual sugiere un rendimiento limitado, pero con mayor uniformidad entre individuos. Estos resultados permiten identificar a PTI0138, PTI0152, PTI0070 y PTI0040 como biotipos con alto potencial productivo, aunque su elevada variabilidad intra-biotipo sugiere la necesidad de una selección más rigurosa para estabilizar su desempeño agronómico.

Figura 13

Distribución para el número de frutos en proceso de llenado (NFLL) de frutos por planta de frutos por planta en biotipos promisorios de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la EEA – Canaán



La Figura 13 muestra la distribución del número de frutos en proceso de llenado (NPLL) por planta para los seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica*, mediante diagramas de caja. Se observa que los biotipos PTI0152, PTI0040, PTI0070 y PTI0138 presentan las medianas más elevadas, superiores a 80 frutos por planta, lo cual evidencia un alto potencial reproductivo en etapa de llenado. En contraste, PTI0157 y PTI023A exhiben medianas considerablemente más bajas, indicando una menor capacidad de carga frutal en esta fase fenológica. Asimismo, los biotipos de mayor rendimiento presentan una amplia dispersión de datos, como lo reflejan los rangos intercuartílicos extensos y la presencia de valores atípicos (outliers), especialmente en PTI0152, PTI0040 y PTI0138, lo que sugiere una alta variabilidad entre plantas individuales. Esta variabilidad puede deberse a diferencias genéticas dentro del biotipo o a factores agronómicos como la sanidad, el manejo hídrico o la nutrición. Por otro lado, PTI0157, aunque con rendimiento bajo, muestra una distribución más concentrada, lo que indica mayor uniformidad en su comportamiento, aunque limitada en términos productivos. En conjunto, la figura refuerza la identificación de PTI0152, PTI0040, PTI0070 y PTI0138 como biotipos de interés por su mayor número de frutos en desarrollo, siendo candidatos promisorios para estrategias de selección y mejora.

4.1.1.2. Estadística descriptiva para el segundo objetivo:

Análisis las características organolépticas de la calidad de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.

Tabla 17

*Características organolépticas de la calidad de los de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*

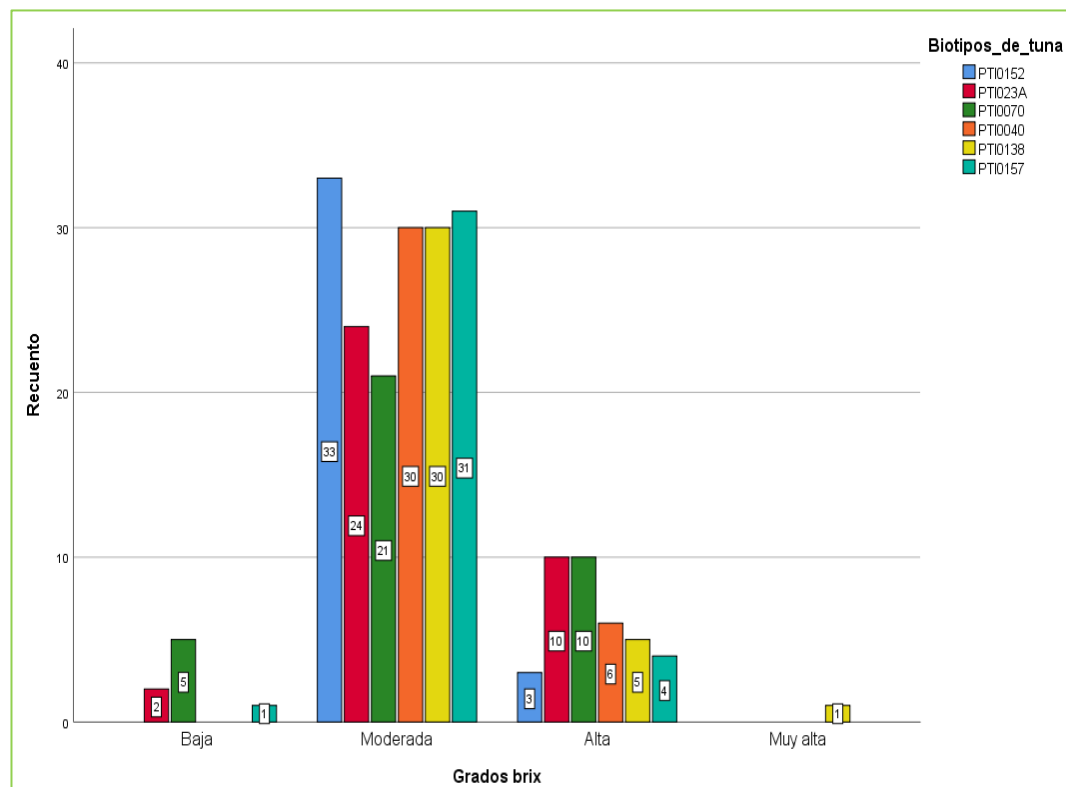
Nivel de dulzura	Biotipos de tuna - °Brix						Total
	PTI0152	PTI023A	PTI0070	PTI0040	PTI0138	PTI0157	
Baja	0	2	5	0	0	1	8
Moderada	33	24	21	30	30	31	169
Alta	3	10	10	6	5	4	38
Muy alta	0	0	0	0	1	0	1
Total	36	36	36	36	36	36	216

Nota. Se considera dulzura: Muy baja (°Brix 4 -7) al Sabor aguado o poco dulce; Baja (°Brix 7 -10) el sabor es ligeramente dulce; moderada (°Brix 10 -13) a la dulzura aceptable;

alta (°Brix 13 -16) al dulce al gusto, equilibrado; muy alta (°Brix 10 -13) al dulce intensa, jugo espeso; extremadamente alta (°Brix > 20) al sabor muy dulce, casi empalagoso.

Figura 14

*Características organolépticas de la calidad de los de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*



La tabla 17 y figura 14 muestran las características organolépticas asociadas al nivel de dulzura de los frutos de seis biotipos de *Opuntia ficus-indica*, evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, mostró que la mayoría de los frutos se concentraron en la categoría de dulzura moderada (°Brix 10–13), la cual corresponde a una percepción sensorial de dulzura aceptable. Esta categoría representó el 78.2 % de las observaciones (169 de 216 muestras), siendo particularmente dominante en los biotipos PTI0152, PTI0040, PTI0138 y PTI0157. En contraste, el biotipo PTI0070 presentó la mayor cantidad de frutos en el nivel de dulzura baja (n = 5), lo que podría indicar una menor acumulación de azúcares en comparación con los demás. El biotipo PTI023A fue el único que presentó un número notable de frutos tanto en la categoría baja (n = 2) como alta (n = 10), evidenciando una mayor variabilidad interna. Cabe destacar que sólo una muestra, correspondiente al biotipo PTI0138, alcanzó el nivel de dulzura muy alta (°Brix >

16), lo que representa menos del 0.5 % del total. Estos resultados permiten concluir que, si bien todos los biotipos presentan un perfil de dulzura.

4.1.2. Estadística inferencial

4.1.2.1. Estadística inferencial para el objetivo.

Análisis estadístico comparativo de las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.

4.1.2.1.1. Estadística inferencial para el diámetro (mm).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del diámetro de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del diámetro de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

La Tabla 18 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al diámetro de fruto de seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la EEA – Canaán. Los biotipos PTI023A, PTI0070 y PTI0157 mostraron valores de significancia (Sig.) superiores a 0,05 ($p > 0,05$), específicamente 0,451; 0,398; y 0,474 respectivamente, lo que indica que el diámetro de sus frutos sigue una distribución normal, según el criterio estadístico

adoptado. En cambio, los biotipos PTI0152, PTI0040 y PTI0138 presentaron valores de significancia inferiores a 0,05 ($p < 0,05$), lo cual sugiere que la distribución del diámetro de fruto no es normal en estos casos, posiblemente debido a la presencia de asimetrías o valores atípicos en los datos. Estos resultados son relevantes para la selección del tipo de análisis estadístico a aplicar en las siguientes fases del estudio; en particular, se recomienda el uso de pruebas no paramétricas para aquellos biotipos que no cumplen con el supuesto de normalidad, a fin de garantizar la validez de las comparaciones y conclusiones.

Tabla 18

Prueba de normalidad para el diámetro de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Diámetro	PTI0152	,787	36	,000
	PTI023A	,971	36	,451
	PTI0070	,969	36	,398
	PTI0040	,736	36	,000
	PTI0138	,926	36	,020
	PTI0157	,972	36	,474

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre biotipos.

Tabla 19

Prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	65,042	5	,000

La Tabla 19 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada al diámetro de los frutos de seis biotipos promisorios de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán. El valor del estadístico H fue de 65,042 con 5 grados de libertad y una significancia estadística de $p = 0,000$, lo que indica la existencia de diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en el diámetro de fruto entre al menos dos de los biotipos evaluados. Este resultado confirma que los biotipos no presentan un comportamiento homogéneo respecto a esta variable morfométrica, lo cual puede estar relacionado con diferencias genéticas, condiciones fisiológicas o respuestas particulares al ambiente de cultivo. Debido a que la prueba Kruskal-Wallis no identifica directamente entre qué grupos existen diferencias, se sugiere complementar este análisis con una prueba post hoc no paramétrica, como el test de Dunn, para determinar específicamente qué biotipos difieren entre sí en cuanto al diámetro del fruto.

La tabla 20 de la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni reveló diferencias estadísticamente significativas en el diámetro de los frutos entre algunos de los biotipos evaluados en la EEA-Canaán, considerando un nivel de significancia ajustado de $\alpha=0.0033$. Las comparaciones entre PTI0157 y PTI023A ($Z = 5.36$), así como entre PTI0152 y PTI023A ($Z = 4.54$), mostraron diferencias altamente significativas, indicando que ambos biotipos (PTI0157 y PTI0152) presentaron diámetros de fruto significativamente mayores que PTI023A. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre PTI0040 y PTI0157 ($Z = -2.89$), entre PTI0138 y PTI023A ($Z = 2.80$), y entre PTI0070 y PTI0157 ($Z = -2.76$), lo que evidencia una variabilidad considerable entre los biotipos en cuanto al desarrollo del fruto. Por otro lado, las restantes comparaciones no presentaron diferencias significativas, lo cual sugiere cierta similitud en el diámetro de fruto entre varios biotipos, como PTI0040, PTI0070 y PTI0138. Estos resultados respaldan la existencia de biotipos promisorios con mayor potencial de rendimiento en términos de tamaño del fruto, siendo PTI0157 y PTI0152 los más destacados en este parámetro.

Tabla 20

Prueba de Dunn-Bonferroni para el diámetro de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	Z	Significancia $\alpha = 0,0033$
1	PTI0157 VS PTI023A	5.364386	5.364386	Significativo
2	PTI0152 VS PTI023A	4.545098	4.545098	Significativo
3	PTI0040 VS PTI0157	-2.896768	2.896768	Significativo
4	PTI0138 VS PTI023A	2.799234	2.799234	Significativo
5	PTI0070 VS PTI0157	-2.758467	2.758467	Significativo
6	PTI0070 VS PTI023A	2.613919	2.613919	No significativo
7	PTI0138 VS PTI0157	-2.565152	2.565152	No significativo
8	PTI0040 VS PTI023A	2.467618	2.467618	No significativo
9	PTI0040 VS PTI0152	-2.077480	2.077480	No significativo
10	PTI0070 VS PTI0152	-1.931179	1.931179	No significativo
11	PTI0138 VS PTI0152	-1.745864	1.745864	No significativo
12	PTI0152 VS PTI0157	-0.819288	0.819288	No significativo
13	PTI0040 VS PTI0138	-0.331617	0.331617	No significativo
14	PTI0070 VS PTI0138	-0.185315	0.185315	No significativo
15	PTI0040 VS PTI0070	-0.146301	0.146301	No significativo

4.1.2.1.2. Estadística inferencial para la longitud de fruto (mm).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de la longitud de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de la longitud de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 21

Prueba de normalidad para la longitud de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Diámetro	PTI0152	,873	36	,001
	PTI023A	,936	36	,037
	PTI0070	,948	36	,091
	PTI0040	,978	36	,684
	PTI0138	,914	36	,009
	PTI0157	,971	36	,461

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 21 de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk permitió evaluar si los datos de longitud de fruto correspondientes a cada biotipo seguían una distribución normal. Los resultados mostraron que los biotipos PTI0152 ($p = 0.001$), PTI023A ($p = 0.037$) y PTI0138 ($p = 0.009$) presentan valores de significancia inferiores al umbral de 0.05, lo que indica que sus datos no siguen una distribución normal, rechazando la hipótesis nula de normalidad. Por otro lado, los biotipos PTI0070 ($p = 0.091$), PTI0040 ($p = 0.684$) y PTI0157 ($p = 0.461$) mostraron valores de p superiores a 0.05, aceptando la hipótesis de normalidad en sus respectivos conjuntos de datos. Estos resultados justifican el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para el análisis comparativo entre biotipos, especialmente en aquellos casos donde no se cumple el supuesto de normalidad. Debido a que varios de los biotipos no cumplieron con el supuesto de normalidad según la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0.05$), se optó por utilizar el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en la longitud de fruto entre biotipos. En caso de obtener diferencias significativas, se aplicó la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni como análisis post-hoc para identificar específicamente qué biotipos difieren entre sí.

La tabla 22 muestra la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se aplicó para evaluar si existían diferencias significativas en la longitud de los frutos entre los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán. Los resultados indicaron un valor estadístico $H = 97.593$ con 5 grados de libertad y una significancia asociada de $p = 0.000$, lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de medianas. Esto evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud de fruto entre al menos

dos de los biotipos evaluados, lo que sugiere una influencia marcada del material genético sobre esta variable morfológica. Como resultado, se hace necesario aplicar una prueba post-hoc, como la de Dunn con corrección de Bonferroni, para identificar específicamente entre qué pares de biotipos se presentan estas diferencias.

Tabla 22

Prueba de Kruskal-Wallis para la longitud de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	97,593	5	,000

Tabla 23

Prueba de Dunn-Bonferroni para longitud de fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	2.8187	0.0048	0.0723
2	PTI0040 VS PTI0138	2.1604	0.0307	0.4611
3	PTI0040 VS PTI0152	0.8047	0.4210	1.0000
4	PTI0040 VS PTI0157	5.0181	0.0000	0.0000
5	PTI0040 VS PTI023A	0.5803	0.5617	1.0000
6	PTI0070 VS PTI0138	0.6584	0.5103	1.0000
7	PTI0070 VS PTI0152	2.0141	0.0440	0.6600
8	PTI0070 VS PTI0157	2.1994	0.0278	0.4177
9	PTI0070 VS PTI023A	2.2384	0.0252	0.3779
10	PTI0138 VS PTI0152	1.3557	0.1752	1.0000
11	PTI0138 VS PTI0157	2.8578	0.0043	0.0640
12	PTI0138 VS PTI023A	1.5801	0.1141	1.0000
13	PTI0152 VS PTI0157	4.2135	0.0000	0.0004
14	PTI0152 VS PTI023A	0.2243	0.8225	1.0000
15	PTI0157 VS PTI023A	4.4378	0.0000	0.0001

Los resultados del test de Dunn (tabla 23) con ajuste de Bonferroni, aplicado a la variable longitud de fruto, evidenciaron diferencias significativas únicamente en las comparaciones que involucraron al biotipo PTI0157, el cual mostró una longitud estadísticamente superior al de los biotipos PTI0040 ($p < 0.0001$), PTI0152 ($p = 0.0004$) y PTI023A ($p = 0.0001$), tras el ajuste por comparaciones múltiples. Aunque otras comparaciones, como PTI0070 vs PTI023A ($p = 0.3779$) y PTI0070 vs PTI0157 ($p = 0.4177$), presentaron p-valores crudos menores a 0.05, no

alcanzaron significancia estadística tras la corrección, lo que resalta la rigurosidad del ajuste de Bonferroni en el control del error tipo I. En consecuencia, se puede afirmar que el biotipo PTI0157 se destacó significativamente en términos de longitud de fruto frente a la mayoría de los otros biotipos evaluados, lo que sugiere un mayor potencial agronómico de este genotipo en las condiciones agroecológicas de la EEA – Canaán.

4.1.2.1.3. Estadística inferencial para el peso de fruto (g).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del peso de fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del peso de fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

La tabla 24 muestra la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al peso de fruto de los biotipos de tuna evaluados en la EEA – Canaán mostró que, en general, los datos siguen una distribución normal, con excepción del biotipo PTI0138, el cual presentó una significancia de $p = 0.003$, inferior al umbral de 0.05, indicando una desviación significativa de la normalidad. En contraste, los demás biotipos (PTI0152, PTI023A, PTI0070, PTI0040 y PTI0157) evidenciaron valores de $p > 0.05$, lo que sugiere que sus datos no rechazan la hipótesis de normalidad. Estos resultados son relevantes para la selección de pruebas estadísticas posteriores, ya que, al no cumplirse el supuesto de normalidad en al menos uno de los biotipos, se justifica el uso de pruebas no paramétricas para la comparación del peso de fruto

entre los grupos evaluados. Dado que no se cumple el supuesto de normalidad en todos los grupos ($p < 0.05$ en el biotipo PTI0138), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en el peso del fruto entre los seis biotipos. Posteriormente, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Dunn con corrección de Bonferroni para identificar las diferencias estadísticas específicas entre pares de biotipos.

Tabla 24

Prueba de normalidad para el peso de fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Biotipos de tuna		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de fruto	PTI0152	,952	36	,121
	PTI023A	,976	36	,622
	PTI0070	,954	36	,145
	PTI0040	,968	36	,385
	PTI0138	,900	36	,003
	PTI0157	,973	36	,523

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 25

Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	64,524	5	,000

La tabla 25 de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada al peso de frutos de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados ($H = 64,524$; $gl = 5$; $p < 0,001$). Este resultado indica que al menos uno de los biotipos presenta un comportamiento diferente en cuanto al peso del fruto, lo que sugiere variabilidad genética o fenotípica significativa entre los biotipos promisorios. Por tratarse de una prueba no paramétrica, estos resultados son robustos frente a posibles desviaciones de normalidad en los datos. Se recomienda realizar comparaciones post hoc, como la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni, para identificar específicamente cuáles biotipos difieren entre sí de forma significativa.

Tabla 26

Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

N°	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-0.70431955	4.812338e-01	1.000000e+00
2	PTI0040 VS PTI0138	0.07260054	9.421240e-01	1.000000e+00
3	PTI0040 VS PTI0152	-0.72034824	4.713106e-01	1.000000e+00
4	PTI0040 VS PTI0157	-5.89290121	3.794733e-09	5.692099e-08
5	PTI0040 VS PTI023A	1.45201086	1.464986e-01	1.000000e+00
6	PTI0070 VS PTI0138	0.77692010	4.372059e-01	1.000000e+00
7	PTI0070 VS PTI0152	-0.01602869	9.872115e-01	1.000000e+00
8	PTI0070 VS PTI0157	-5.18858166	2.119018e-07	3.178528e-06
9	PTI0070 VS PTI023A	2.15633041	3.105787e-02	4.658681e-01
10	PTI0138 VS PTI0152	-0.79294879	4.278077e-01	1.000000e+00
11	PTI0138 VS PTI0157	-5.96550176	2.438834e-09	3.658251e-08
12	PTI0138 VS PTI023A	1.37941032	1.677683e-01	1.000000e+00
13	PTI0152 VS PTI0157	-5.17255297	2.309170e-07	3.463755e-06
14	PTI0152 VS PTI023A	2.17235910	2.982859e-02	4.474288e-01
15	PTI0157 VS PTI023A	7.34491207	2.058944e-13	3.088416e-12

En base a los resultados presentados en la Tabla 26, correspondientes a la prueba de Dunn-Bonferroni para comparar el peso del fruto entre seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas únicamente en aquellas comparaciones que involucran al biotipo PTI0157, el cual muestra un comportamiento diferenciado respecto a los demás. En particular, las comparaciones de PTI0157 con los biotipos PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152 y PTI023A presentan valores de p ajustado menores a 0.05, indicando una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$ en todos los casos). Esto sugiere que el peso del fruto de PTI0157 es significativamente diferente y presumiblemente superior en comparación con los otros biotipos analizados. En cambio, las demás comparaciones entre biotipos (por ejemplo, PTI0040 vs PTI0070, PTI0138 vs PTI0152, etc.) no evidencian diferencias significativas (p ajustado > 0.05), lo cual indica una homogeneidad en el peso del fruto entre esos biotipos. Por tanto, el biotipo PTI0157 destaca como el más promisorio en términos de peso del fruto dentro de los evaluados en esta investigación.

4.1.2.1.4. Estadística inferencial para el peso de la pulpa del fruto (g).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias para el peso de la pulpa del fruto de de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 27

Prueba de normalidad para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de fruto	PTI0152	,947	36	,085
	PTI023A	,982	36	,801
	PTI0070	,972	36	,487
	PTI0040	,987	36	,947
	PTI0138	,831	36	,000
	PTI0157	,968	36	,366

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los resultados de la tabla 27, que presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán, se observa que en cinco de los seis biotipos analizados (PTI0152, PTI023A, PTI0070, PTI0040 y PTI0157), los valores de significancia (Sig.) son mayores a 0.05, lo que indica que los datos del peso de la pulpa en estos biotipos se distribuyen de forma normal, cumpliendo con el supuesto de normalidad. Sin embargo, el biotipo PTI0138 presenta un valor de

significancia de 0.000, menor al umbral crítico de 0.05, lo que evidencia que sus datos no siguen una distribución normal. Esta diferencia en la distribución puede deberse a una mayor variabilidad interna o a la presencia de valores atípicos en dicho biotipo. En consecuencia, este resultado debe considerarse en la elección de pruebas estadísticas posteriores, ya que podría requerirse el uso de métodos no paramétricos para comparaciones que incluyan a PTI0138.

Tabla 28

*Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	62,231	5	,000

La tabla 28 presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán. El valor del estadístico H fue de 62.231 con 5 grados de libertad, y un nivel de significancia (p) de 0.000, lo cual indica que existen diferencias altamente significativas en el peso de la pulpa entre al menos uno de los biotipos evaluados. Dado que la prueba de normalidad (Tabla 20) mostró que no todos los datos seguían una distribución normal, el uso de este método no paramétrico es adecuado. El resultado sugiere que los biotipos no presentan un comportamiento homogéneo en cuanto al peso de la pulpa, lo que permite inferir que ciertos biotipos poseen un mayor potencial de rendimiento en esta característica, siendo necesario aplicar pruebas post hoc para identificar específicamente entre qué biotipos se encuentran dichas diferencias significativas.

Según los resultados de la Tabla 29, correspondiente a la prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, se evidencian diferencias altamente significativas ($p < 0.05$, ajustado) en las comparaciones que involucran al biotipo PTI0157 frente a todos los demás. Específicamente, las comparaciones de PTI0157 con PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152 y PTI023A presentan valores de p ajustado inferiores a 0.05, indicando diferencias estadísticamente significativas en el peso de la pulpa del fruto. Esta situación resalta

que el biotipo PTI0157 muestra un comportamiento claramente diferenciado respecto al resto, probablemente asociado a un mayor rendimiento de pulpa. En contraste, las demás comparaciones entre los biotipos que no incluyen a PTI0157 no mostraron diferencias significativas (p ajustado > 0.05), lo cual sugiere una homogeneidad en esta característica entre ellos. Por tanto, el biotipo PTI0157 destaca como el más promisorio en términos de peso de pulpa, siendo una opción favorable para futuros programas de selección y mejoramiento.

Tabla 29

Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de la pulpa del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	0.01508584	9.879637e-01	1.000000e+00
2	PTI0040 VS PTI0138	1.14463781	2.523592e-01	1.000000e+00
3	PTI0040 VS PTI0152	1.16538084	2.438649e-01	1.000000e+00
4	PTI0040 VS PTI0157	-5.02169769	5.121675e-07	7.682513e-06
5	PTI0040 VS PTI023A	2.39676221	1.654065e-02	2.481098e-01
6	PTI0070 VS PTI0138	1.12955198	2.586651e-01	1.000000e+00
7	PTI0070 VS PTI0152	1.15029500	2.500224e-01	1.000000e+00
8	PTI0070 VS PTI0157	-5.03678352	4.734197e-07	7.101295e-06
9	PTI0070 VS PTI023A	2.38167637	1.723404e-02	2.585105e-01
10	PTI0138 VS PTI0152	0.02074302	9.834506e-01	1.000000e+00
11	PTI0138 VS PTI0157	-6.16633550	6.989072e-10	1.048361e-08
12	PTI0138 VS PTI023A	1.25212440	2.105245e-01	1.000000e+00
13	PTI0152 VS PTI0157	-6.18707853	6.128944e-10	9.193416e-09
14	PTI0152 VS PTI023A	1.23138137	2.181803e-01	1.000000e+00
15	PTI0157 VS PTI023A	7.41845990	1.184900e-13	1.777351e-12

4.1.2.1.5. Estadística inferencial para el peso de la cascara del fruto (g).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H₁):

Las medias para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 30

Prueba de normalidad para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de fruto	PTI0152	,985	36	,906
	PTI023A	,937	36	,040
	PTI0070	,960	36	,212
	PTI0040	,869	36	,001
	PTI0138	,750	36	,000
	PTI0157	,972	36	,485

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los resultados presentados en la Tabla 30, correspondientes a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al peso de la cáscara del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, se observa que los biotipos PTI0152, PTI0070 y PTI0157 presentan valores de significancia mayores a 0.05 (0.906, 0.212 y 0.485 respectivamente), lo cual indica que sus datos siguen una distribución normal. Por el contrario, los biotipos PTI023A ($p = 0.040$), PTI0040 ($p = 0.001$) y PTI0138 ($p = 0.000$) muestran valores de significancia inferiores a 0.05, lo que indica que no presentan una distribución normal en esta variable. Esta heterogeneidad en la distribución de los datos sugiere que, para el análisis comparativo del peso de la cáscara entre biotipos, se debe optar por el uso de pruebas estadísticas no paramétricas, tales como la prueba de Kruskal-Wallis, para garantizar la validez de los resultados. Además, las diferencias en la normalidad podrían estar relacionadas

con la variabilidad genética entre biotipos y características morfoanatómicas propias de cada uno.

Tabla 31

*Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán*

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	57,783	5	,000

La Tabla 31 muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al peso de la cáscara del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán. El estadístico H obtenido fue de 57.783, con 5 grados de libertad y un valor de significancia de 0.000, lo que indica la existencia de diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) en el peso de la cáscara entre al menos uno de los biotipos evaluados. Dado que los supuestos de normalidad no se cumplieron para todos los biotipos (como se observó en la Tabla 23), la utilización de esta prueba no paramétrica es adecuada. Este resultado sugiere que el peso de la cáscara no es uniforme entre los biotipos, y que ciertos genotipos presentan un mayor o menor aporte de este componente del fruto, lo cual puede tener implicancias importantes en la relación pulpa: cáscara y en la calidad comercial del producto. Será necesario aplicar una prueba post hoc, como la de Dunn-Bonferroni, para identificar entre qué biotipos se encuentran estas diferencias significativas.

Según los resultados mostrados en la Tabla 32, correspondientes a la prueba de Dunn-Bonferroni aplicada al peso de la cáscara del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, se evidencian diferencias altamente significativas (p ajustado < 0.05) en varias comparaciones que involucran al biotipo PTI0157. Específicamente, este biotipo presentó diferencias significativas en el peso de la cáscara al compararse con PTI0040, PTI0070, PTI0138, PTI0152 y PTI023A, con valores de p ajustado que varían entre 4.08×10^{-8} y 2.71×10^{-3} , lo que indica un comportamiento claramente diferenciado. En contraste, las demás comparaciones entre biotipos no resultaron significativas tras el ajuste de Bonferroni (p ajustado > 0.05), lo que sugiere una

homogeneidad en el peso de la cáscara entre esos grupos. Este patrón de resultados posiciona nuevamente al biotipo PTI0157 como un material sobresaliente, que difiere significativamente del resto en esta característica, posiblemente por presentar una cáscara más ligera, lo cual podría contribuir a una mejor relación pulpa: cáscara, favoreciendo su valor comercial y agroindustrial.

Tabla 32

Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de la cascara del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-1.1766970	2.393165e-01	1.000000e+00
2	PTI0040 VS PTI0138	-1.7065877	8.789870e-02	1.000000e+00
3	PTI0040 VS PTI0152	-2.5740246	1.005231e-02	1.507847e-01
4	PTI0040 VS PTI0157	-6.3181461	2.647196e-10	3.970795e-09
5	PTI0040 VS PTI023A	-0.3705464	7.109754e-01	1.000000e+00
6	PTI0070 VS PTI0138	-0.5298908	5.961877e-01	1.000000e+00
7	PTI0070 VS PTI0152	-1.3973276	1.623151e-01	1.000000e+00
8	PTI0070 VS PTI0157	-5.1414492	2.726274e-07	4.089411e-06
9	PTI0070 VS PTI023A	0.8061506	4.201560e-01	1.000000e+00
10	PTI0138 VS PTI0152	-0.8674369	3.857027e-01	1.000000e+00
11	PTI0138 VS PTI0157	-4.6115584	3.996614e-06	5.994921e-05
12	PTI0138 VS PTI023A	1.3360413	1.815358e-01	1.000000e+00
13	PTI0152 VS PTI0157	-3.7441215	1.810260e-04	2.715390e-03
14	PTI0152 VS PTI023A	2.2034782	2.756106e-02	4.134159e-01
15	PTI0157 VS PTI023A	5.9475997	2.721030e-09	4.081545e-08

4.1.2.1.6. Estadística inferencial para el pH del fruto.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el pH del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias para el pH del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 33

Prueba de normalidad para el pH de fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de fruto	PTI0152	,950	36	,106
	PTI023A	,927	36	,020
	PTI0070	,906	36	,005
	PTI0040	,820	36	,000
	PTI0138	,864	36	,000
	PTI0157	,950	36	,108

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 33 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los valores de pH del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán. Los biotipos PTI0152 y PTI0157 mostraron valores de significancia de 0.106 y 0.108 respectivamente, superiores al umbral de 0.05, lo que indica que los datos de pH en estos casos se distribuyen normalmente. En cambio, los biotipos PTI023A ($p = 0.020$), PTI0070 ($p = 0.005$), PTI0040 ($p = 0.000$) y PTI0138 ($p = 0.000$) no cumplen con el supuesto de normalidad, lo que evidencia una distribución no normal de los datos para estos materiales genéticos. Esta variabilidad en la distribución del pH puede estar relacionada con diferencias fisiológicas o genéticas entre biotipos, y tiene implicancias metodológicas importantes, ya que el análisis estadístico posterior debe considerar métodos no paramétricos, como la prueba de Kruskal-Wallis, para garantizar la validez de las comparaciones.

En la Tabla 34 se presentan los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada al pH del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán. El valor del estadístico H fue de 84,994 con 5 grados de libertad, y una significancia asociada de 0,000 ($p < 0,05$), lo que indica diferencias estadísticamente

significativas entre los biotipos en cuanto al pH del fruto. Este resultado sugiere que el pH, como característica organoléptica relacionada a la acidez y percepción sensorial del fruto, varía considerablemente entre los biotipos evaluados, lo cual puede influir directamente en la aceptación del fruto por parte de los consumidores y su aptitud para distintos usos agroindustriales. Por lo tanto, es relevante considerar este parámetro en la selección de biotipos promisorios para fines comerciales y de mejoramiento genético.

Tabla 34

*Prueba de Kruskal-Wallis para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canadá*

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	84,994	5	,000

La Tabla 35 muestra los resultados de la prueba post hoc de Dunn-Bonferroni aplicada al pH del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*), tras evidenciarse diferencias significativas mediante la prueba de Kruskal-Wallis. El análisis revela comparaciones con diferencias estadísticamente significativas (p-valor ajustado < 0.05) en varios pares de biotipos, destacando que el biotipo PTI0152 presentó diferencias altamente significativas respecto a PTI0040, PTI0070, PTI0138 y PTI0157, lo que indica que su pH difiere considerablemente del de estos biotipos. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre PTI0157 y otros biotipos como PTI0040, PTI0070, PTI0138 y PTI023A. Estas diferencias indican una marcada variabilidad en la acidez del fruto entre los biotipos, lo cual puede tener implicancias relevantes en la aceptabilidad organoléptica del fruto, su destino agroindustrial (como consumo en fresco o procesamiento) y su potencial de mejora genética. La identificación de biotipos con pH significativamente distinto permite orientar la selección hacia materiales con perfiles sensoriales más deseables según el mercado objetivo.

Tabla 35

Prueba de Dunn-Bonferroni para el pH del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-1.5364276	1.244335e-01	1.000000e+00
2	PTI0040 VS PTI0138	-0.2367362	8.128614e-01	1.000000e+00
3	PTI0040 VS PTI0152	-5.4100362	6.301203e-08	9.451804e-07
4	PTI0040 VS PTI0157	3.0700257	2.140403e-03	3.210605e-02
5	PTI0040 VS PTI023A	-3.2152743	1.303199e-03	1.954799e-02
6	PTI0070 VS PTI0138	1.2996914	1.937068e-01	1.000000e+00
7	PTI0070 VS PTI0152	-3.8736085	1.072356e-04	1.608534e-03
8	PTI0070 VS PTI0157	4.6064534	4.095948e-06	6.143923e-05
9	PTI0070 VS PTI023A	-1.6788466	9.318194e-02	1.000000e+00
10	PTI0138 VS PTI0152	-5.1732999	2.299954e-07	3.449931e-06
11	PTI0138 VS PTI0157	3.3067620	9.438105e-04	1.415716e-02
12	PTI0138 VS PTI023A	-2.9785380	2.896271e-03	4.344406e-02
13	PTI0152 VS PTI0157	8.4800619	2.250742e-17	3.376112e-16
14	PTI0152 VS PTI023A	2.1947619	2.818068e-02	4.227103e-01
15	PTI0157 VS PTI023A	-6.2853000	3.272211e-10	4.908317e-09

4.1.2.1.7. Estadística inferencial para el grado brix del fruto (°Bx).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el grado brix del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias para el grado brix del fruto de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 36

Prueba de normalidad para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de fruto	PTI0152	,965	36	,315
	PTI023A	,936	36	,037
	PTI0070	,958	36	,189
	PTI0040	,944	36	,069
	PTI0138	,849	36	,000
	PTI0157	,927	36	,021

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 36 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al grado Brix del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán. Los valores de significancia (Sig.) muestran que los biotipos PTI0152 ($p = 0,315$), PTI0070 ($p = 0,189$) y PTI0040 ($p = 0,069$) no presentan evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad ($p > 0,05$), lo que indica que sus datos de grado Brix se distribuyen normalmente. Por otro lado, los biotipos PTI023A ($p = 0,037$), PTI0157 ($p = 0,021$) y especialmente PTI0138 ($p = 0,000$) muestran una distribución no normal ($p < 0,05$). Esta heterogeneidad en la distribución de los datos sugiere que el análisis estadístico comparativo del grado Brix entre biotipos debe considerar métodos no paramétricos, a fin de evitar sesgos en la interpretación de los resultados. Además, las diferencias en la distribución del grado Brix reflejan la variabilidad genética entre biotipos en cuanto al contenido de sólidos solubles, una característica clave en la percepción de dulzor y calidad organoléptica del fruto.

Tabla 37

Prueba de Kruskal-Wallis para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	84,994	5	,000

La Tabla 37 presenta los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al grado Brix del fruto de seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán. El estadístico H obtenido fue

de 84,994 con 5 grados de libertad y un nivel de significancia de 0,000 ($p < 0,05$), lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los biotipos respecto al contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) del fruto. Este resultado confirma la existencia de una variabilidad significativa en la dulzura percibida entre los biotipos evaluados, aspecto clave en la calidad organoléptica del fruto y su aceptación por parte del consumidor. Además, respalda la necesidad de realizar un análisis post hoc, como la prueba de Dunn-Bonferroni, para identificar específicamente entre qué biotipos se presentan dichas diferencias, lo cual resulta fundamental para seleccionar materiales promisorios con mejores características sensoriales y comerciales.

Tabla 38

Prueba de Dunn-Bonferroni para el grado brix del fruto de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-0.4010361	0.68839357	1.0000000
2	PTI0040 VS PTI0138	-1.1455477	0.25198234	1.0000000
3	PTI0040 VS PTI0152	0.2557195	0.79816746	1.0000000
4	PTI0040 VS PTI0157	0.7463989	0.45542649	1.0000000
5	PTI0040 VS PTI023A	-1.4654330	0.14280283	1.0000000
6	PTI0070 VS PTI0138	-0.7445117	0.45656699	1.0000000
7	PTI0070 VS PTI0152	0.6567555	0.51133812	1.0000000
8	PTI0070 VS PTI0157	1.1474350	0.25120190	1.0000000
9	PTI0070 VS PTI023A	-1.0643969	0.28714894	1.0000000
10	PTI0138 VS PTI0152	1.4012672	0.16113419	1.0000000
11	PTI0138 VS PTI0157	1.8919466	0.05849809	0.8774714
12	PTI0138 VS PTI023A	-0.3198852	0.74905533	1.0000000
13	PTI0152 VS PTI0157	0.4906794	0.62365320	1.0000000
14	PTI0152 VS PTI023A	-1.7211524	0.08522317	1.0000000
15	PTI0157 VS PTI023A	-2.2118319	0.02697828	0.4046743

La Tabla 38 muestra los resultados de la prueba de Dunn-Bonferroni aplicada como análisis post hoc para comparar el grado Brix del fruto entre los seis biotipos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la EEA – Canaán, luego de haberse identificado diferencias significativas globales mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Sin embargo, al aplicar la corrección de Bonferroni para el control del error tipo I en comparaciones múltiples, se observa que ninguna de las comparaciones entre biotipos presenta diferencias estadísticamente significativas (p -valor ajustado $> 0,05$). La comparación más cercana a alcanzar significancia fue

entre los biotipos PTI0157 y PTI023A, con un p-valor crudo de 0,0269, pero que se eleva a 0,4047 tras el ajuste. Este resultado indica que, si bien se identificó una diferencia global en el grado Brix entre los biotipos, las diferencias puntuales entre pares no fueron lo suficientemente marcadas como para ser estadísticamente significativas luego del ajuste conservador. Esto sugiere una posible homogeneidad relativa en los niveles de dulzura entre los biotipos o bien una limitación del tamaño muestral para detectar diferencias más sutiles entre ellos.

4.1.2.1.8. Estadística inferencial para el número de frutos.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el número de frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias para el número de frutos de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

En la Tabla 39 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al número de frutos obtenidos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán. Los resultados muestran que los biotipos PTI0152 ($p = 0,010$) y PTI0040 ($p = 0,036$) no cumplen con el supuesto de normalidad, ya que sus valores de significancia son menores a 0,05, lo que indica una distribución no normal de los datos para el número de frutos. En contraste, los biotipos PTI023A ($p = 0,379$), PTI0070 ($p = 0,082$), PTI0138 ($p = 0,092$) y PTI0157 ($p = 0,122$) presentan valores

de significancia mayores a 0,05, lo que sugiere que los datos de estos biotipos se distribuyen normalmente. Estos resultados son fundamentales para determinar el tipo de análisis estadístico a emplear en la comparación del rendimiento entre biotipos, ya que en aquellos que no presentan distribución normal, se requerirá el uso de pruebas no paramétricas para garantizar la validez de los resultados.

Tabla 39

Prueba de normalidad para el número de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Número de frutos	PTI0152	,831	15	,010
	PTI023A	,942	16	,379
	PTI0070	,901	16	,082
	PTI0040	,878	16	,036
	PTI0138	,899	15	,092
	PTI0157	,885	11	,122

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 40

Prueba de Kruskal-Wallis para el número de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	17,671	5	,003

En la Tabla 40 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al número de frutos de seis biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*), evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán. El estadístico H obtenido fue de 17,671 con 5 grados de libertad y un valor de significancia de 0,003. Dado que el valor de p es menor al nivel crítico de 0,05, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas en el número de frutos producidos entre al menos dos de los biotipos evaluados. Este resultado confirma la existencia de variabilidad genética entre los biotipos respecto a su rendimiento en número de frutos, lo cual es un criterio relevante para la selección de materiales promisorios en programas de mejoramiento y aprovechamiento agronómico de la especie.

Tabla 41

Prueba de Dunn-Bonferroni para el número de frutos de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-0.49290059	0.6220828275	1.000000000
2	PTI0040 VS PTI0138	0.95271005	0.3407370003	1.000000000
3	PTI0040 VS PTI0152	0.24154477	0.8091329204	1.000000000
4	PTI0040 VS PTI0157	3.41672507	0.0006337925	0.009506888
5	PTI0040 VS PTI023A	0.33202332	0.7398716525	1.000000000
6	PTI0070 VS PTI0138	1.43759547	0.1505488683	1.000000000
7	PTI0070 VS PTI0152	0.72643019	0.4675750903	1.000000000
8	PTI0070 VS PTI0157	3.86165211	0.0001126229	0.001689343
9	PTI0070 VS PTI023A	0.82492391	0.4094147903	1.000000000
10	PTI0138 VS PTI0152	-0.69996512	0.4839490851	1.000000000
11	PTI0138 VS PTI0157	2.50868550	0.0121181322	0.181771983
12	PTI0138 VS PTI023A	-0.62608585	0.5312586360	1.000000000
13	PTI0152 VS PTI0157	3.15255977	0.0016184569	0.024276853
14	PTI0152 VS PTI023A	0.08507943	0.9321982420	1.000000000
15	PTI0157 VS PTI023A	-3.11701727	0.0018269087	0.027403630

La tabla 41 de la prueba de Dunn con ajuste Bonferroni realizada para comparar el número de frutos entre los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* reveló diferencias estadísticamente significativas entre algunos de ellos. En particular, el biotipo PTI0157 presentó diferencias significativas en comparación con PTI0040 (p-ajustado = 0.0095), PTI0070 (p-ajustado = 0.0017), PTI0152 (p-ajustado = 0.0243) y PTI023A (p-ajustado = 0.0274), lo que indica que este biotipo se comportó de manera distinta respecto al número de frutos en relación con los demás. En contraste, las demás comparaciones entre biotipos no mostraron diferencias significativas (p-ajustado > 0.05), lo que sugiere un comportamiento estadísticamente similar en cuanto a esta variable. Estos resultados permiten destacar al biotipo PTI0157 como un grupo diferenciado en términos de rendimiento de frutos, lo cual podría estar asociado a su potencial agronómico en las condiciones de la Estación Experimental Agraria – Canaán.

4.1.2.1.9. Estadística inferencial para el peso de frutos por planta (kg).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias para el peso de frutos por planta de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias el peso de frutos por planta de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 42

Prueba de normalidad para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de frutos por planta	PTI0152	,831	15	,010
	PTI023A	,967	16	,784
	PTI0070	,903	16	,089
	PTI0040	,898	16	,075
	PTI0138	,907	15	,122
	PTI0157	,876	11	,093

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 42 muestra la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al peso de frutos por planta mostró que, en general, los datos de la mayoría de los biotipos evaluados no presentan desviaciones significativas respecto a la distribución normal. Los biotipos PTI023A ($p = 0.784$), PTI0070 ($p = 0.089$), PTI0040 ($p = 0.075$), PTI0138 ($p = 0.122$) y PTI0157 ($p = 0.093$) presentaron

valores de significancia mayores a 0.05, lo que indica que sus datos no difieren significativamente de una distribución normal. Sin embargo, el biotipo PTI0152 presentó un valor de $p = 0.010$, inferior al umbral del 5 %, lo que indica que sus datos no siguen una distribución normal. Este resultado sugiere que, para este biotipo en particular, no sería apropiado aplicar pruebas paramétricas, recomendándose en su lugar el uso de métodos estadísticos no paramétricos para el análisis del peso de frutos por planta.

Tabla 43

Prueba de Kruskal-Wallis para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	16,409	5	,006

La tabla 43 muestra la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al peso de frutos por planta entre los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán mostró diferencias estadísticamente significativas ($H = 16.409$; $gl = 5$; $p = 0.006$). Este resultado indica que al menos uno de los biotipos presenta una distribución de pesos significativamente distinta a la de los demás, lo que sugiere una variabilidad importante en el rendimiento por planta entre los biotipos analizados. Dado que no se cumple el supuesto de normalidad en todos los grupos y se confirma la existencia de diferencias significativas, es necesario realizar un análisis post-hoc mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni, a fin de identificar específicamente entre qué biotipos se encuentran dichas diferencias.

Los resultados de la prueba de Dunn (Tabla 44) con corrección de Bonferroni aplicada al peso de frutos por planta revelaron diferencias estadísticas significativas entre algunos de los biotipos evaluados. En particular, el biotipo PTI0157 mostró diferencias significativas con PTI0040 (p -ajustado = 0.0152), PTI0070 (p -ajustado = 0.0027), PTI0152 (p -ajustado = 0.0339) y PTI023A (p -ajustado = 0.0436), indicando un comportamiento diferenciado respecto al peso de frutos por planta en comparación con estos biotipos. Las demás comparaciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas (p -ajustado > 0.05), lo que

sugiere una respuesta homogénea entre los biotipos restantes. Estos hallazgos destacan al biotipo PTI0157 como un grupo con un rendimiento notablemente distinto, lo cual puede estar relacionado con su potencial agronómico bajo las condiciones edafoclimáticas de la Estación Experimental Agraria – Canaán. Dependiendo de la dirección de las diferencias, PTI0157 podría representar un material promisorio ya sea por su mayor o menor capacidad productiva.

Tabla 44

Prueba de Dunn-Bonferroni para el peso de frutos por planta de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-0.5097525	0.6102248829	1.000000000
2	PTI0040 VS PTI0138	0.8153546	0.4148693684	1.000000000
3	PTI0040 VS PTI0152	0.2086626	0.8347116637	1.000000000
4	PTI0040 VS PTI0157	3.2863845	0.0010148239	0.015222359
5	PTI0040 VS PTI023A	0.3421158	0.7322637799	1.000000000
6	PTI0070 VS PTI0138	1.3168179	0.1878996851	1.000000000
7	PTI0070 VS PTI0152	0.7101258	0.4776261071	1.000000000
8	PTI0070 VS PTI0157	3.7465232	0.0001793024	0.002689536
9	PTI0070 VS PTI023A	0.8518682	0.3942872292	1.000000000
10	PTI0138 VS PTI0152	-0.5971372	0.5504157685	1.000000000
11	PTI0138 VS PTI0157	2.5044385	0.0122645932	0.183968898
12	PTI0138 VS PTI023A	-0.4788021	0.6320794486	1.000000000
13	PTI0152 VS PTI0157	3.0537248	0.0022601929	0.033902893
14	PTI0152 VS PTI023A	0.1278900	0.8982360560	1.000000000
15	PTI0157 VS PTI023A	-2.9775665	0.0029054659	0.043581988

4.1.2.1.10. Estadística inferencial para número de frutos en proceso de llenado (NPLL).

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H₀):

Las medias para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H₁):

Las medias el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos promisorios de tuna cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

La tabla 45 de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al número de frutos en proceso de llenado reveló que la mayoría de los biotipos presentan una distribución compatible con la normalidad, al obtener valores de significancia mayores a 0.05. Específicamente, los biotipos PTI0152 ($p = 0.653$), PTI023A ($p = 0.218$), PTI0070 ($p = 0.778$) y PTI0138 ($p = 0.753$) no mostraron evidencias significativas de desviación respecto a la distribución normal. Sin embargo, los biotipos PTI0040 ($p = 0.015$) y PTI0157 ($p = 0.003$) presentaron valores de p menores a 0.05, indicando que los datos de estos grupos no siguen una distribución normal. Dado que no se cumple el supuesto de normalidad en todos los biotipos, se recomienda aplicar pruebas estadísticas no paramétricas para evaluar diferencias en esta variable entre los grupos.

Tabla 45

Prueba de normalidad para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

	Biotipos de tuna	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Número de frutos en proceso de llenado	PTI0152	,958	15	,653
	PTI023A	,927	16	,218
	PTI0070	,966	16	,778
	PTI0040	,853	16	,015
	PTI0138	,964	15	,753
	PTI0157	,758	11	,003

Tabla 46

Prueba de Kruskal-Wallis para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	16,409	5	,006

La tabla 46 muestra la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada al número de frutos en proceso de llenado entre los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria – Canaán indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($H = 16.409$; $gl = 5$; $p = 0.006$). Este resultado confirma que al menos uno de los biotipos presenta un comportamiento distinto respecto a la cantidad de frutos en fase de llenado en comparación con los demás. Dado que el análisis de normalidad previo mostró que no todos los biotipos cumplen con el supuesto de distribución normal, el uso de esta prueba no paramétrica resulta adecuado. Estos hallazgos justifican la aplicación de un análisis post-hoc, como la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni, para identificar entre qué biotipos se encuentran las diferencias específicas.

Tabla 47

Prueba de Dunn-Bonferroni para el número de frutos en proceso de llenado de seis biotipos de tuna (Opuntia ficus-indica) evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán

Nº	Comparación	Z	p-valor	p-valor ajustado
1	PTI0040 VS PTI0070	-0.10948916	9.128145e-01	1.000000e+00
2	PTI0040 VS PTI0138	-0.44856198	6.537477e-01	1.000000e+00
3	PTI0040 VS PTI0152	-0.36957558	7.116988e-01	1.000000e+00
4	PTI0040 VS PTI0157	4.20179283	2.648094e-05	3.972141e-04
5	PTI0040 VS PTI023A	2.84671813	4.417246e-03	6.625868e-02
6	PTI0070 VS PTI0138	-0.34085325	7.332141e-01	1.000000e+00
7	PTI0070 VS PTI0152	-0.26186685	7.934241e-01	1.000000e+00
8	PTI0070 VS PTI0157	4.30062551	1.703167e-05	2.554750e-04
9	PTI0070 VS PTI023A	2.95620729	3.114477e-03	4.671715e-02
10	PTI0138 VS PTI0152	0.07774244	9.380329e-01	1.000000e+00
11	PTI0138 VS PTI0157	4.55198680	5.314167e-06	7.971251e-05
12	PTI0138 VS PTI023A	3.24898892	1.158160e-03	1.737240e-02
13	PTI0152 VS PTI0157	4.48047415	7.447740e-06	1.117161e-04
14	PTI0152 VS PTI023A	3.17000252	1.524376e-03	2.286564e-02
15	PTI0157 VS PTI023A	-1.63214311	1.026493e-01	1.000000e+00

La tabla 47 muestra el análisis post-hoc mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni evidenció diferencias estadísticamente significativas en el número de frutos en proceso de llenado entre varios biotipos de *Opuntia ficus-indica*. El biotipo PTI0157 mostró diferencias altamente significativas respecto a todos los demás biotipos, específicamente en comparación con PTI0040 (p-ajustado = 0.0004), PTI0070 (p-ajustado = 0.0003), PTI0138 (p-ajustado = 0.00008) y PTI0152 (p-ajustado = 0.0001), lo cual lo posiciona como el grupo con comportamiento más diferenciado para esta variable. Además, se detectaron diferencias significativas entre PTI0138 y PTI023A (p-ajustado = 0.0174), así como entre PTI0152 y PTI023A (p-ajustado = 0.0229). En contraste, las demás comparaciones no mostraron diferencias significativas (p-ajustado > 0.05). Estos resultados sugieren que el biotipo PTI0157 se distingue notablemente del resto en cuanto al número de frutos en proceso de llenado, lo que podría reflejar una mayor precocidad o capacidad reproductiva, dependiendo de su posición relativa en los valores de la variable.

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas en las características morfométricas de los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria (EEA) Canaán – INIA, lo cual confirma la existencia de variabilidad genética dentro del banco de germoplasma.

El biotipo PTI0157 destacó por presentar el mayor diámetro (67,12 mm) y longitud promedio (100,62 mm), mientras que PTI023A alcanzó el mínimo peso de fruto (109.59g). Estas diferencias sugieren una fuerte influencia del genotipo en el desarrollo del fruto, lo que coincide con lo señalado por Coetzer et al. (2019), quienes indican que la productividad y tamaño del fruto en *O. ficus-indica* dependen de la interacción genotipo por ambiente y de la adaptación a condiciones edafoclimáticas específicas.

El rango de peso total registrado (de 103.09 g a 310,26 g) se encuentra dentro de los valores reportados por Felker et al. (2005) en Argentina, quienes observaron frutos entre 2100 y 6400 kg/ha, con pesos individuales promedio de 250–300 g, dependiendo de la accesión evaluada, lo que demuestra la consistencia de los resultados en diferentes contextos agroecológicos. Asimismo, Reis et al.

(2018) reportaron diferencias notables en el peso y tamaño del fruto entre ecotipos portugueses e italianos, señalando que aquellos con pulpa anaranjada tendieron a presentar mayores dimensiones y biomasa total, similar a lo observado en los biotipos PTI0138 y PTI0157 de este estudio.

En relación con el peso de pulpa, el biotipo PTI0157 presentó los valores más altos, evidenciando su potencial comercial, ya que una mayor proporción de pulpa incrementa el rendimiento para procesamiento y consumo directo. Este hallazgo se asemeja a lo indicado por Celi & Alcívar (2018), quienes demostraron que una adecuada regulación de carga frutal en *Opuntia ficus-indica* mejora la relación pulpa/cáscara y el tamaño del fruto, sin afectar negativamente el contenido de sólidos solubles.

El comportamiento observado también puede estar asociado a la capacidad fotosintética y eficiencia fisiológica de cada biotipo, factores que influyen en la acumulación de biomasa y tamaño de fruto. Según Inglese et al. (2010), la calidad y el tamaño de los frutos de tuna dependen de la cantidad de cladodios activos y de la intercepción de luz solar durante la fase de llenado, lo que repercute directamente en el crecimiento del fruto y la acumulación de azúcares.

Comparativamente, los valores morfométricos registrados en Canaán – INIA superan a los obtenidos por Alwaseai & Al-gabr (2023) en Yemen, donde el peso promedio de los frutos silvestres fue de 89,27 g, lo que evidencia que los biotipos peruanos cultivados presentan una superioridad morfológica, atribuible al manejo agronómico y al potencial genético de las accesiones locales.

La identificación de biotipos con mayor tamaño y peso de pulpa permitirá optimizar el aprovechamiento del fruto, mejorar la rentabilidad del cultivo y contribuir al fortalecimiento del sistema productivo local, en concordancia con las recomendaciones de Ha et al. (2024) sobre la valorización integral de *Opuntia ficus-indica* como recurso agroindustrial y funcional.

Los resultados fisicoquímicos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los biotipos evaluados, con valores de pH entre 5.85 y 6.34 y un contenido de sólidos solubles (°Brix) que osciló entre 11.86 y 12.38. Estos rangos son indicativos de frutos con sabor dulce moderado y una acidez equilibrada,

características deseables tanto para el consumo fresco como para la transformación industrial. Según Gurrieri et al. (2000), la tuna siciliana presenta valores de pH elevados (≈ 6.0) y un alto contenido de azúcares, condiciones que garantizan buena aceptabilidad sensorial y estabilidad química del jugo durante el almacenamiento.

El biotipo PTI0157 registró el valor más alto de pH, lo que indica menor acidez y mayor madurez fisiológica, mientras que PTI0138 y PTI0152 mostraron los valores de °Brix más elevados, evidenciando mayor concentración de azúcares solubles. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Inglese et al. (2010), quienes reportaron que el contenido de sólidos solubles totales en *Opuntia ficus-indica* depende principalmente de la madurez del fruto y de las condiciones de radiación solar durante el desarrollo, afectando positivamente la acumulación de azúcares.

En estudios realizados en Yemen, Alwaseai & Al-gabr (2023) obtuvieron valores promedios de 12.75 °Brix y pH 6.07, similares a los registrados en Canaán – INIA, lo que confirma que los frutos locales mantienen estándares fisicoquímicos comparables a los de regiones productoras tradicionales. Sin embargo, el mayor peso de pulpa y °Brix en los biotipos peruanos sugiere un potencial superior para la elaboración de néctares, mermeladas y jugos con buenas propiedades sensoriales.

Asimismo, los valores de °Brix obtenidos coinciden con los reportados por Mendoza (2014) en Huancavelica, quien halló 10 °Brix y un pH de 5.89 en néctares de tuna edulcorados con stevia, confirmando que el material genético de *Opuntia ficus-indica* en el Perú presenta propiedades fisicoquímicas adecuadas para el procesamiento agroindustrial. Estas similitudes refuerzan la adaptabilidad del cultivo a diferentes condiciones ecológicas de los Andes peruanos.

Por otro lado, el contenido de sólidos solubles está fuertemente relacionado con las condiciones agroecológicas y el balance hídrico del suelo. Coetzer et al. (2019) destacaron que las lluvias y la disponibilidad hídrica durante la fase de maduración influyen directamente en la concentración de azúcares, observando una correlación positiva entre la precipitación de inicios de verano y el rendimiento de frutos en Sudáfrica. En el contexto de Canaán, la estabilidad térmica y la baja

humedad relativa habrían favorecido una maduración lenta y la acumulación de azúcares, generando frutos con características sensoriales de alta calidad.

Los valores fisicoquímicos registrados son consistentes con los reportados por Felker et al. (2005) en variedades mexicanas y argentinas (pH 5.8–6.3; 13–15 °Brix), lo cual evidencia que los biotipos locales poseen atributos competitivos para el mercado internacional. La combinación de un pH neutro y un contenido medio de azúcares no solo mejora el sabor y la textura, sino que también prolonga la vida útil del fruto durante el almacenamiento y transporte, aspecto clave para la comercialización nacional y de exportación.

Los resultados fisicoquímicos confirman que los biotipos PTI0152, PTI0138 y PTI0157 destacan por su equilibrio entre dulzura y acidez, lo que los posiciona como materiales idóneos para la producción de alimentos funcionales y bebidas naturales con alto valor agregado. Este desempeño coincide con la visión de Ha et al. (2024), quienes subrayan el potencial de *O. ficus-indica* como fuente de compuestos bioactivos para la industria alimentaria y farmacéutica.

La dulzura percibida en los frutos de *Opuntia ficus-indica* es una de las características organolépticas más relevantes para determinar su aceptación en el mercado y su aptitud para la agroindustrialización. En el presente estudio, los valores de dulzura, evaluados mediante el contenido de sólidos solubles (°Brix), oscilaron entre 11.86 y 12.38 °Brix, evidenciando diferencias significativas entre los biotipos. Los biotipos PTI0138 y PTI0152 destacaron con los mayores valores de °Brix, lo que refleja una percepción sensorial de dulzura más intensa y una mayor concentración de azúcares naturales.

Estos resultados son coherentes con lo señalado por Inglese et al. (2010), quienes indican que el contenido de azúcares en la tuna aumenta con la madurez fisiológica del fruto y está directamente relacionado con la radiación solar y el equilibrio hídrico del suelo durante la etapa de llenado. Además, el grado de dulzura está influido por la relación pulpa/cáscara, ya que una mayor proporción de pulpa tiende a concentrar más sólidos solubles.

De manera similar, Celi & Alcívar (2018) reportaron que el ajuste de carga frutal en *O. ficus-indica* mejora la calidad sensorial, permitiendo frutos de mayor

dulzura sin afectar el pH ni la acidez. Esto coincide con el comportamiento observado en Canaán – INIA, donde los biotipos con menor número de frutos por planta tendieron a presentar mayor concentración de azúcares y mejor percepción gustativa.

Asimismo, los valores de dulzura encontrados se sitúan dentro del rango reportado por Alwaseai & Al-gabr (2023) en Yemen (12.75 °Brix), lo que confirma que los frutos peruanos poseen una calidad sensorial comparable a la de los principales países productores de tuna. Sin embargo, el equilibrio entre dulzura y acidez en los biotipos PTI0138 y PTI0152 proporciona una ventaja competitiva, ya que favorece una percepción gustativa más agradable y una mayor preferencia del consumidor.

La intensidad de dulzura observada también está asociada con el contenido de compuestos bioactivos como los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y los no reductores (sacarosa). Según Ha et al. (2024), estos compuestos no solo determinan el sabor dulce, sino que además contribuyen al valor funcional del fruto al interactuar con antioxidantes naturales como las betalainas y polifenoles, mejorando su aceptación sensorial y nutricional.

Por lo tanto, los resultados confirman que los biotipos PTI0138 y PTI0152 presentan una dulzura sobresaliente y un balance sensorial óptimo, lo que los convierte en materiales con alto potencial para el mercado de consumo fresco y para la transformación agroindustrial en néctares, vinos o mermeladas naturales. La dulzura observada en estos biotipos, en conjunto con su tamaño y peso de pulpa, consolida su ventaja competitiva dentro del sistema productivo de la región de Ayacucho.

Respecto al rendimiento, los resultados evidencian diferencias claras en el rendimiento entre biotipos, lo que refleja la diversidad genética presente en la colección evaluada. Biotipos como PTI0070, PTI0040 y PTI0152 mostraron un buen desempeño tanto en número como en peso de frutos, lo que los posiciona como materiales promisorios para programas de selección orientados a incrementar la productividad. En particular, PTI0070 combinó el mayor número de frutos cosechados y un elevado número de frutos en llenado, lo cual sugiere estabilidad

productiva y potencial de cosechas futuras, similar a lo observado en ecotipos de alto rendimiento en Portugal (Reis et al., 2018).

Por otro lado, el biotipo PTI0157 presentó el rendimiento más bajo en todas las variables, lo que indica un bajo potencial productivo a pesar de haber mostrado ventajas en otras características morfológicas. Este hallazgo coincide con estudios previos que señalan que no siempre existe correspondencia directa entre tamaño del fruto y productividad por planta, ya que factores genéticos y de manejo agronómico modulan el número y peso total de frutos (Felker et al., 2005; Inglese et al., 2017).

El potencial productivo (NFLL) es especialmente importante, pues anticipa la carga frutal futura y permite estimar la sostenibilidad del rendimiento. En este sentido, biotipos como PTI0138 y PTI0070 son de interés, ya que mostraron los mayores valores de NFLL, lo que sugiere que podrían mantener un flujo constante de producción a lo largo de las campañas. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Inglese et al. (2010), quienes destacan la importancia de considerar tanto la producción presente como la carga frutal en desarrollo para evaluar la productividad real de los genotipos de *Opuntia*.

En conjunto, estos hallazgos resaltan la necesidad de identificar biotipos que logren combinar alto número de frutos, buen peso por planta y un adecuado potencial de llenado, con el fin de garantizar materiales equilibrados entre rendimiento y estabilidad en el tiempo.

El rendimiento promedio obtenido supera los valores reportados por Marcaquispe (2021) en Ayacucho, quien encontró un rendimiento aproximado de 20 t/ha en biotipos promisorios de la misma especie, mientras que en este estudio algunos biotipos mostraron un potencial superior bajo similares condiciones ambientales. Esta diferencia podría deberse al manejo técnico del cultivo, la disponibilidad hídrica y el número de cladodios productivos por planta. En esta línea, Coetzer et al. (2019) demostraron que las lluvias durante la fase de floración y llenado de fruto influyen directamente en la producción, observando una correlación del 84 a 94 % entre precipitación y rendimiento en *O. ficus-indica* en regiones semiáridas de Sudáfrica

El hecho de que tanto Nfrut como Pfrut presenten efectos moderados sugiere que la variabilidad en estas variables responde no solo a diferencias genéticas, sino también a factores ambientales y de manejo, como densidad de plantación, poda y disponibilidad hídrica. Investigaciones realizadas en Marruecos y Túnez han demostrado que la productividad de tuna puede fluctuar ampliamente en función de la disponibilidad de agua y del manejo de la carga frutal, incluso dentro de un mismo genotipo (Ha et al., 2024; Coetzer et al., 2019).

El alto poder discriminante del NFLL refuerza la importancia de evaluar no solo el rendimiento inmediato, sino también la capacidad de los biotipos para mantener una producción sostenida en el tiempo. Este criterio es clave en programas de selección, ya que permite identificar materiales que, además de altos rendimientos puntuales, aseguren estabilidad interanual, lo cual es fundamental para la comercialización a escala agroindustrial (Ha et al., 2024)

En conjunto, los resultados sugieren que el rendimiento de *O. ficus-indica* debe evaluarse como un rasgo multifactorial, donde el potencial de fructificación futura (NFLL) es un indicador más confiable para la selección de biotipos promisorios que únicamente el número o peso de frutos en una cosecha puntual.

Al realizar la comparación de medias, estos evidencian la existencia de biotipos con un rendimiento claramente superior. En particular, PTI0040 y PTI0070 sobresalieron tanto en número como en peso de frutos por planta, además de mantener un elevado potencial productivo (NFLL). Este comportamiento sugiere que son materiales promisorios para incrementar la productividad en condiciones de la EEA – Canaán. Estudios similares han señalado que ciertos ecotipos de *O. ficus-indica* presentan ventajas consistentes en número y peso de frutos, reflejando un potencial de selección para programas de mejora (Reis et al., 2018; Ha et al., 2024).

El biotipo PTI0152 también mostró un buen desempeño en NFLL, lo que indica capacidad de mantener una alta carga frutal futura, aunque con menor número y peso de frutos cosechados en la evaluación puntual. Este resultado refuerza la importancia de considerar el rendimiento en dos dimensiones: la producción presente y el potencial en desarrollo (Ha et al., 2024), donde se

destacaría que el número de frutos en llenado es un predictor confiable de estabilidad productiva interanual.

En contraste, PTI0157 fue el biotipo con el menor número y peso de frutos, además de un bajo NFLL. Esto confirma su bajo potencial productivo, lo que limita su interés para fines de rendimiento, a pesar de que previamente mostró frutos de mayor tamaño individual. Este patrón coincide con lo descrito por Coetzer et al. (2019), quienes observaron que algunos genotipos de tuna combinan frutos grandes, pero en bajo número, resultando en rendimientos por planta más reducidos.

Finalmente, PTI023A se ubicó en una posición intermedia, con valores aceptables en número y peso de frutos, aunque significativamente inferiores en NFLL, lo que sugiere menor sostenibilidad productiva a largo plazo. En colecciones de Marruecos y México, se ha reportado que genotipos con cargas frutales medias tienden a ser menos competitivos frente a aquellos con alta producción acumulada y mayor potencial de llenado (Nefzaoui, 2009).

En conjunto, los hallazgos confirman que los biotipos PTI0040, PTI0070 y PTI0152 poseen ventajas claras en términos de productividad y potencial de cosecha futura, constituyéndose en materiales prioritarios para selección y propagación en programas de mejora y escalamiento productivo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Los seis biotipos de *Opuntia ficus-indica* evaluados en la Estación Experimental Agraria Canaán del INIA demostraron diferencias significativas en sus características morfométricas, fisicoquímicas y organolépticas, lo que evidencia una amplia variabilidad genética dentro de la colección estudiada. Esta diversidad representa una oportunidad para programas de mejoramiento genético y selección de materiales de alto rendimiento y calidad.
- Entre los biotipos analizados, PTI0157 destacó por presentar mayor longitud de fruto, peso de pulpa y buena aceptación organoléptica, lo que lo posiciona como material idóneo para consumo en fresco y agroindustrialización. Por su parte, PTI0138 mostró el mayor peso total de fruto y productividad por planta, con potencial para incrementar el rendimiento por hectárea en condiciones de manejo adecuado.
- Las variables fisicoquímicas, particularmente el contenido de sólidos solubles (11.86 – 12.38 °Brix) y el pH (5.85 – 6.34), se mantuvieron dentro de los rangos óptimos de calidad comercial, indicando que todos los biotipos son aptos para consumo humano y transformación industrial sin comprometer la calidad sensorial del producto final.
- El análisis integral de rendimiento mostró que la expresión productiva de los biotipos está influenciada tanto por su base genética como por las condiciones agroecológicas del área de estudio, lo que refuerza la necesidad de continuar con la caracterización en diferentes ambientes para validar su estabilidad y adaptabilidad.
- Los resultados obtenidos permiten concluir que los biotipos PTI0157 y PTI0138 presentan mayor potencial económico y productivo, siendo recomendables para su propagación, evaluación en programas de mejora y aprovechamiento en cadenas de valor que promuevan la diversificación agrícola y la sostenibilidad en la región de Ayacucho.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Promover la propagación y multiplicación de los biotipos PTI0157 y PTI0138, priorizando su incorporación en programas institucionales de desarrollo agronómico y agroindustrial, debido a su destacado desempeño en rendimiento, peso de fruto y calidad sensorial. Se sugiere que instituciones como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y los gobiernos locales fortalezcan la difusión de estos materiales mediante viveros certificados y parcelas demostrativas.
- Desarrollar ensayos complementarios en distintos pisos altitudinales y condiciones de manejo agronómico, con el fin de validar la estabilidad productiva y la adaptabilidad de los biotipos PTI0157 y PTI0138 en diversas zonas agroecológicas del país. Estos estudios permitirán determinar su comportamiento frente a factores edafoclimáticos y su potencial en sistemas de producción sostenible.
- Implementar programas de capacitación técnica dirigidos a los productores locales, en coordinación con instituciones académicas, el INIA y gobiernos regionales, enfocados en prácticas agronómicas sostenibles, manejo fitosanitario, técnicas de postcosecha y conservación del fruto. Estas acciones contribuirán a mejorar la calidad del producto, reducir pérdidas postcosecha y fortalecer las capacidades técnicas de las comunidades agrícolas.
- Fomentar la agroindustrialización de la tuna mediante la elaboración de productos con valor agregado, tales como néctares, mermeladas, colorantes naturales y pulpas deshidratadas, impulsando la participación activa de asociaciones locales, cooperativas rurales y emprendimientos agroindustriales. Ello permitirá diversificar la oferta comercial, generar empleo local y aumentar la competitividad del sector.
- Potenciar la articulación entre instituciones académicas, el INIA y los gobiernos locales y regionales, con el propósito de consolidar un programa integral de investigación, innovación y transferencia tecnológica orientado al

cultivo de la tuna. Este esfuerzo institucional debe enfocarse en el aprovechamiento sostenible del recurso, la conservación de germoplasma y el fortalecimiento de la cadena productiva y comercial, contribuyendo al desarrollo económico y social de la región de Ayacucho.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (2023, April 20). *Ayacucho es una de las principales regiones productoras de Tuna, participando con un 32.56% del total*. Agraria.Pe. <https://agraria.pe/noticias/ayacucho-es-una-de-las-principales-regiones-productoras-de-t-31532>
- Alméciga Gómez, A. M., & Muñoz Martínez, M. (2013). *pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior*. [Tesis, Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencias y Tecnología, Maestría en Docencia de la Química]. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/297>
- Alwaseai, A. M., & Al-gabr, H. M. (2023). Physicochemical properties of wild grown prickly pear fruits (*Opuntia ficus-indica*) in Yemen. *Journal of Multidisciplinary Sciences*, 5(1), 01–10. <https://doi.org/10.33888/jms.2023.511>
- Amaya Robles, J. E. (2009, November). *Manual Técnico del Cultivo de Tuna - Opuntia ficus-indica (2009) - Studocu*. Gerencia Regional Agraria. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/botanica/manual-tecnico-de-tuna-dddd/104823327>
- Ávalos-Huerta, I., Sánchez-López, D. L., & López-González, C. (2013). Nomenclatura vernácula, uso y manejo de *Opuntia spp.* en Santiago Bayacora, Durango, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(3), 367–380. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSH.2012.09.048>
- Avendaño, E., Donckers, R., Risco, M., Martínez, A., Quispe, R., Pérez, L., Aróstegui, L., Calderón Cesar, Guerra, F., & Valdez, luz. (2008, February). *Conociendo La Cadena Productiva de La Tuna y Cochinilla en Ayacucho | PDF | Perú | Mercado (economía)*. Solid Perú. <https://es.scribd.com/doc/76524497/Conociendo-La-Cadena-Productiva-de-La-Tuna-y-Cochinilla-en-Ayacuco>
- Cabezudo, R., & Lovera, J. (2019). *Respuesta a la aplicación foliar de extracto de tres especies de algas marinas en diferentes dosis en el cultivo de vid (Vitis vinífera L.), cultivar Flame Seedless, bajo riego por goteo en la zona baja del valle de Ica* [Tesis, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica, Facultad de Agronomía,

Tesis para Optar el Título de: Ingeniero Agrónomo].
<https://hdl.handle.net/20.500.13028/3170>

- Celi Soto, A., & Alcívar Hidrovo, J. (2018). Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*, m) mediante regulación de carga frutal. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 19–28.
- Coetzer, G. M., Fouché, H. J., & Smith, M. F. (2019). Genotype × environmental interactions of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in the semi-arid regions of South Africa: fruit production. *Acta Horticulturae*, 1247, 31–40.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1247.5>
- Condeña, F., Chauca, E., & Palomino, R. (2018). Análisis económico de la cadena de valor de tuna (*Opuntia ficus indica*) en Ayacucho. *Investigación*, 26(1), 29–35.
<https://doi.org/10.51440/UNSCH.REVISTAINVESTIGACION.2018.1.55>
- Espinosa Henríquez, F. L. (2017). *Caracterización de semillas de diferentes accesiones de tunas (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.), en relación a su ploidía y apomixis* [Tesis, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Postgrado, Tesis para optar al Grado de Magister en Ciencias Agropecuarias Mención en Producción en Frutícola].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151046>
- Felker, P., Rodriguez, S. del C., Casoliba, R. M., Filippini, R., Medina, D., & Zapata, R. (2005). Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 60(3), 405–422. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.06.003>
- Ferreira, R. M., Amaral, R. A., Silva, A. M. S., Cardoso, S. M., & Saraiva, J. A. (2022). Effect of High-Pressure and Thermal Pasteurization on Microbial and Physico-Chemical Properties of *Opuntia ficus-indica* Juices. *Beverages*, 8(4), 84.
<https://doi.org/10.3390/beverages8040084>
- Gavilán Valer, A. M. (2014). *Caracterización morfológica, productiva y determinación del contenido de betalainas de la tuna morada. (Opuntia ficus indica L. Mill) a 2 735 msnm Canadá - INIA, Ayacucho*. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de

- Agronomía, Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2062>
- Gurrieri, S., Miceli, L., Lanza, C. M., Tomaselli, F., Bonomo, R. P., & Rizzarelli, E. (2000). Chemical Characterization of Sicilian Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) and Perspectives for the Storage of Its Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5424–5431. <https://doi.org/10.1021/jf9907844>
- Gutiérrez Fuentes, K. (2019). *Fenología de la floración y fructificación de Opuntia sp “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INIA, Ayacucho 2016*. [Tesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas Escuela, Profesional de Biología, Tesis para obtener el Título Profesional de Biólogo en la Especialidad de Ecología y Recursos Naturales]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4499>
- Gutiérrez, J. (2000). Ciencia bromatológica. In *Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos*. https://books.google.com/books/about/Ciencia_bromatol%C3%B3gica.html?hl=es&id=94BiLLKBJ6UC
- Ha, Q. T., Nguyen, K. K., Le, A. N., Vu, H. T., & Nguyen, T. N. (2024). *Opuntia ficus-indica (L.): An Overview of the Recent Application and Opportunities in Food*. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(1). <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v8i1.3>
- Herrera, Y. N. (2018). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características físicas y químicas de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la Región Moquegua [Universidad José Carlos Mariátegui, Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, para optar Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial]. In *Universidad José Carlos Mariátegui*. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/582>
- Inglese, P., Costanza, P., Gugliuzza, G., Inglese, G., & Liguori, G. (2010). Influence of within-tree and environmental factors on fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Italy. *Fruits*, 65(3), 179–189. <https://doi.org/10.1051/fruits/2010012>

- Inglese, P., Saenz C., Mondragon, C., & Nefzaoui, A. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO)*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7628es>
- Inglese, Paolo., Mondragón-Jacobo, Candelario., Nefzaoui, Ali., & Sáenz H., Carmen. (2017). *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- Jorge, P., & Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna). *Anales de La Facultad de Medicina*, 77(2), 105–109. <https://doi.org/10.15381/ANALES.V77I2.11812>
- Marcaquispe, N. (2021). *Constante térmica y fenología reproductiva de 5 biotipos promisorios de Opuntia ficus indica - INIA, Ayacucho 2019*. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas Escuela, Profesional de Biología, Tesis para obtener el Título Profesional de Biólogo en la Especialidad de Ecología y Recursos Naturales]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4483>
- Mendoza Soto, M. F. (2014). *Caracterización bromatológica, microbiológica y sensorial del néctar de tuna (opuntia flcus indica) edulcorado con stevia (stevia rebaudiana bertonl)* [Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agroindustrias, Tesis para optar el título de Profesional de: Ingeniero Agroindustrial]. <https://1library.co/document/qmj3kj5q-caracterizacion-bromatologica-microbiologica-sensorial-nectar-opuntia-edulcorado-rebaudiana.html>
- Nefzaoui, A. (2009). Cactus: A Crop to Meet the Challenges of Climate Change in Dry Areas. In *Annals of Arid Zone* (Vol. 48, Issue 1).
- Pérez de Valle, E. H. (2006). *El nopal verdura (opuntia spp.) su descripción, manejo, usos, comercialización e industrialización*. [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencias Animal, Departamento de nutrición y

alimentos, monografía para obtener el título de Ingeniero en Ciencias y Tecnología de Alimentos.]. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/358>

- Piga, A. (2004). Cactus Pear: a Fruit of nutraceutical and functional importance. *Scientific Papers*, 6. https://www.researchgate.net/publication/33679503_Cactus_Pear_a_Fruit_of_nutraceutical_and_functional_importance
- Reis, C. M. G., Gazarini, L. C., & Ribeiro, M. M. (2018). Fruit production from *Opuntia ficus-indica* ecotypes in comparison to commercial Italian clones. *Horticultural Science*, 45(2), 92–100. <https://doi.org/10.17221/48/2017-HORTSCI>
- Ricardo, R. (2020, September 30). *Rendimiento de los cultivos: definición y consecuencias*. Estudyando.Com. <https://estudyando.com/rendimiento-de-los-cultivos-definicion-y-consecuencias/>
- Roque, O. J. (2019). Requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L): precoz y tardía en Ayacucho. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(1), 18–31. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rosillo Zevallos, C. K. (2016). *Estudio de los principios bioactivos y obtención de colorantes naturales de la cáscara de Opuntia ficus - indica (L.) Miller “tuna”* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica, Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/a608621c-6bd6-40ff-8e76-1d9327637890>
- Saenz, C., Berger, H., García, J., Galletti, L., de Cortázar, V. G., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez-Félix, A., Sepúlveda, E., & Varnero, M. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal* (Cadmó Rosell, Ed.). Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) con la colaboración de la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (FAO-CACTUSNET). <https://hdl.handle.net/20.500.11766/67792>

- Sandoval, S. J., Ramírez, V., & Hernández, B. (2019). Alternativas de producción del nopal en el Estado de México. *Arbitrado e Indexado En Latindex*. <https://vinculategica.uanl.mx/index.php/v/article/view/748/633>
- Sierra y Selva exportadora. (2022, February 22). *Análisis de Mercado - Tuna 2015 - 2021 - Informes y publicaciones - Agromercado - Plataforma del Estado Peruano*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). <https://www.gob.pe/institucion/agromercado/informes-publicaciones/2765089-analisis-de-mercado-tuna-2015-2021>
- Soriano, S. (2021). *Análisis físico-químico, sensorial y microbiológico para el desarrollo de una formulación de una mermelada de coco* [Universidad Politécnica De València, Escuela Técnica Superior de ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Grado En Ciencia y Tecnología De Alimentos]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/166787>
- Tineo Canchari, J. (2011, April 29). *Estudian cómo incrementar rendimiento de tuna*. Agraria.Pe. https://agraria.pe/noticias/estudian-como-incrementar-rendimiento-de-tuna-1481?utm_source=chatgpt.com
- Tineo Canchari, J. I. (2019, December 31). *Caracterización morfológica y análisis de la variabilidad genética de la colección nacional de germoplasma de tuna (Opuntia sp.) del Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/items/352ec437-0831-40a6-8087-aeb1d27f794f>
- Torres, W. B. (2016). *Análisis de los índices técnicos productivos, económicos y sociales en los principales cultivos de la región Ayacucho 2005 - 2014* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3117>
- UPAEP. (2013, December 19). *Características organolépticas*. Cena Lista. <http://cenalista.blogspot.com/2013/12/caracteristicas-organolepticas.html>
- Yepes, V. (2013, April 27). *Diseño completamente al azar y ANOVA*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/disenocompletamente-al-azar-y-anova/>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Matriz de consistencia

“Evaluar las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	METODOLOGIA
¿Cuál es el comportamiento de las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en las condiciones agroecológicas de la Estación Experimental Agraria – Canaán del INIA?	Evaluar las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto de los biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) en las condiciones agroecológicas de la Estación Experimental Agraria – Canaán del INIA.	Existen diferencias significativas en las características organolépticas de la calidad y el rendimiento del fruto entre los biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) cultivados bajo condiciones agroecológicas de la Estación Experimental Agraria – Canaán del INIA.	<p>Variable independiente Biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Características morfométricas: Diámetro (mm) Longitud (mm) Peso de la pulpa (g) Peso de la cascara (g) Peso del fruto (g)</p> <p>Características organolépticas Dulzura pH Grados Brix (contenido de sólidos solubles / dulzor)</p> <p>Rendimiento: Número de frutos por planta Peso total de frutos por planta (kg) Potencial productivo (por biotipo)</p>	<p>Tipo de investigación Básico</p> <p>Nivel de investigación Descriptivo - comparativo</p> <p>Diseño de investigación No Experimental – transversal</p> <p>Población Las plantaciones de tuna de la Estación experimental Canaán – Ayacucho – INIA.</p> <p>muestra Los biotipos promisorios de tuna de la Estación experimental Canaán – INIA.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos Se realizó en función a cada variable de estudio, observación y medición.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS		
<p>¿Cuáles son las diferencias en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria – Canaán?</p> <p>¿Cómo seran las características organolépticas de calidad presentan los frutos de los seis biotipos promisorios de tuna cultivados en la Estación Experimental Agraria – Canaán, y cómo varían entre ellos?</p> <p>¿Qué resultados se obtienen del análisis estadístico comparativo de las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento de los frutos de los seis biotipos promisorios de tuna en condiciones de campo en la EEA – Canaán, y qué biotipos presentan un comportamiento superior?</p>	<p>Evaluar las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) mediante análisis comparativos en condiciones de campo en la EEA – Canaán.</p> <p>Análisis las características organolépticas de la calidad de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.</p> <p>Análisis estadístico comparativo de las características morfométricas, fisicoquímicas y rendimiento de los frutos de seis biotipos promisorios de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) cultivados en condiciones de campo en la Estación Experimental Agraria (EEA) – Canaán.</p>	<p>Existen diferencias significativas en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los seis biotipos de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) evaluados en condiciones de campo en la EEA – Canaán.</p> <p>Las características organolépticas de la calidad del fruto varían entre los seis biotipos promisorios de tuna cultivados en la Estación Experimental Agraria – Canaán.</p> <p>El análisis estadístico comparativo permite identificar diferencias significativas en las características morfométricas, fisicoquímicas y de rendimiento entre los biotipos promisorios de tuna, lo que posibilita identificar materiales con mejor desempeño agronómico en las condiciones de la EEA – Canaán.</p>		

Ficha de evaluación

“Evaluar las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 2

Ficha de evaluación de diámetro y longitud

Biotipos	Repeticiones	Bloques								Observaciones
		I		II		III		IV		
		Diámetro	longitud	Diámetro	longitud	Diámetro	longitud	Diámetro	longitud	
PTI - 0152	1									
	2									
	3									
PTI - 023A	1									
	2									
	3									
PTI - 0070	1									
	2									
	3									
PTI - 0040	1									
	2									
	3									
PTI - 0138	1									
	2									
	3									
PTI - 0157	1									
	2									
	3									

Nota: Ficha de evaluación de diámetro y longitud de 06 biotipos de tuna - *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones de Canaán a 20750 msnm.

Ficha de evaluación

“Evaluar las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 3

Ficha de evaluación peso de la fruta, cascara y pulpa

Biotipos	Repeticones	Bloques												Observaciones
		I			II			III			IV			
		Peso de la fruta	Peso de la pulpa	Peso de cascara	Peso de la fruta	Peso de la pulpa	Peso de cascara	Peso de la fruta	Peso de la pulpa	Peso de cascara	Peso de la fruta	Peso de la pulpa	Peso de cascara	
PTI - 0152	1													
	2													
	3													
PTI - 023A	1													
	2													
	3													
PTI - 0070	1													
	2													
	3													
PTI - 0040	1													
	2													
	3													
PTI - 0138	1													
	2													
	3													
PTI - 0157	1													
	2													
	3													

Nota: Ficha de evaluación de peso de la fruta, cascara y pulpa de 06 biotipos de tuna - *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones de Canaán a 20750 msnm.

Ficha de evaluación

“Evaluar las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 4:

Ficha de evaluación del pH

Biotipos	Repeticiones	Bloques								Observaciones
		I		II		III		IV		
		pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	
PTI - 0152	1									
	2									
	3									
PTI - 023A	1									
	2									
	3									
PTI - 0070	1									
	2									
	3									
PTI - 0040	1									
	2									
	3									
PTI - 0138	1									
	2									
	3									
PTI - 0157	1									
	2									
	3									

Nota: Ficha de evaluación del pH de 06 biotipos de tuna - *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones de Canaán a 20750 msnm.

Ficha de evaluación

“Evaluar las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 5

Ficha de evaluación del °Brix

Biotipos	Repeticones	Bloques												Observaciones
		I			II			III			IV			
		B°	IR	T°	B°	IR	T°	B°	IR	T°	B°	IR	T°	
PTI - 0152	1													
	2													
	3													
PTI - 023A	1													
	2													
	3													
PTI - 0070	1													
	2													
	3													
PTI - 0040	1													
	2													
	3													
PTI - 0138	1													
	2													
	3													
PTI - 0157	1													
	2													
	3													

Nota: Ficha de evaluación del °Brix de 06 biotipos de tuna - *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones de Canaán a 20750 msnm.

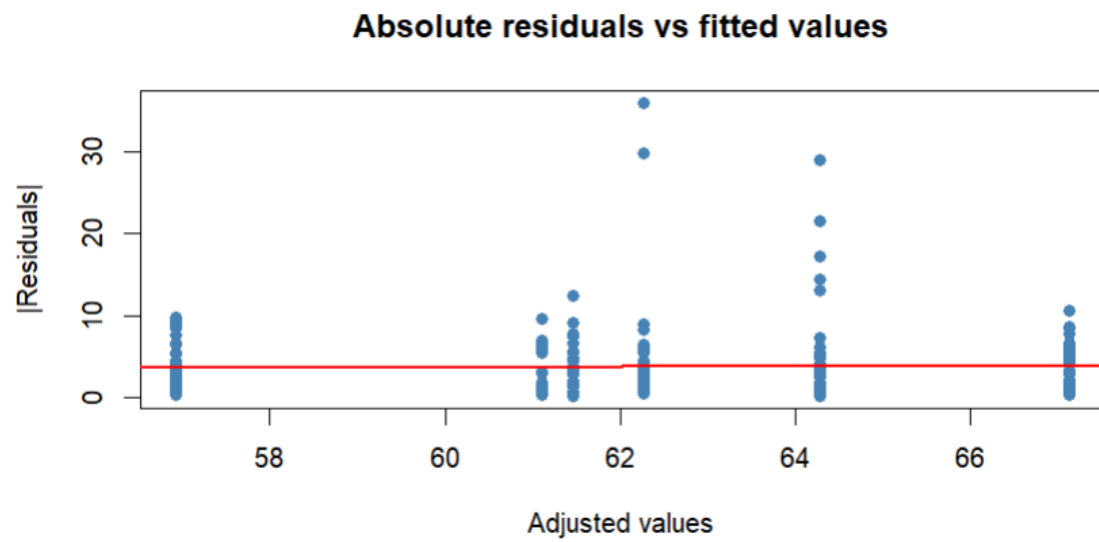
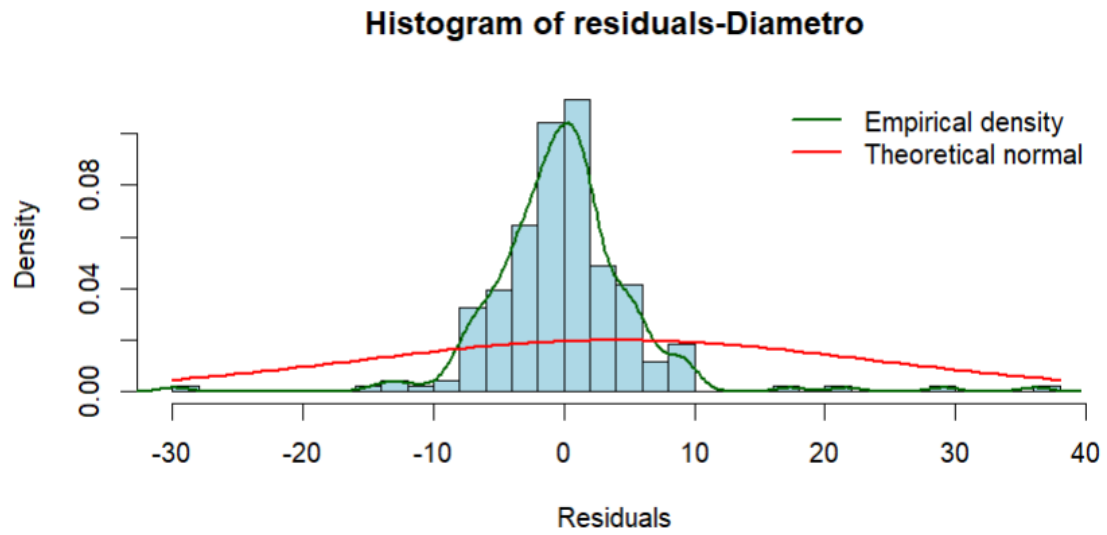
Ficha de evaluación

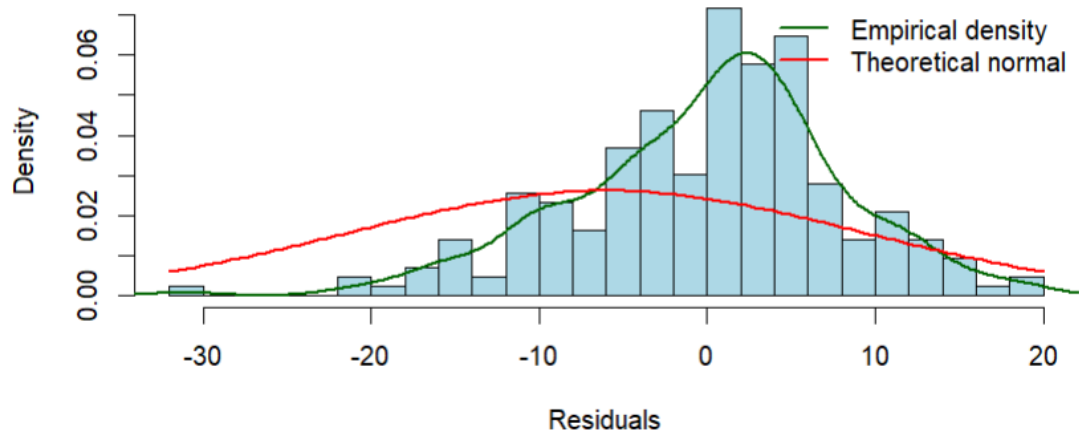
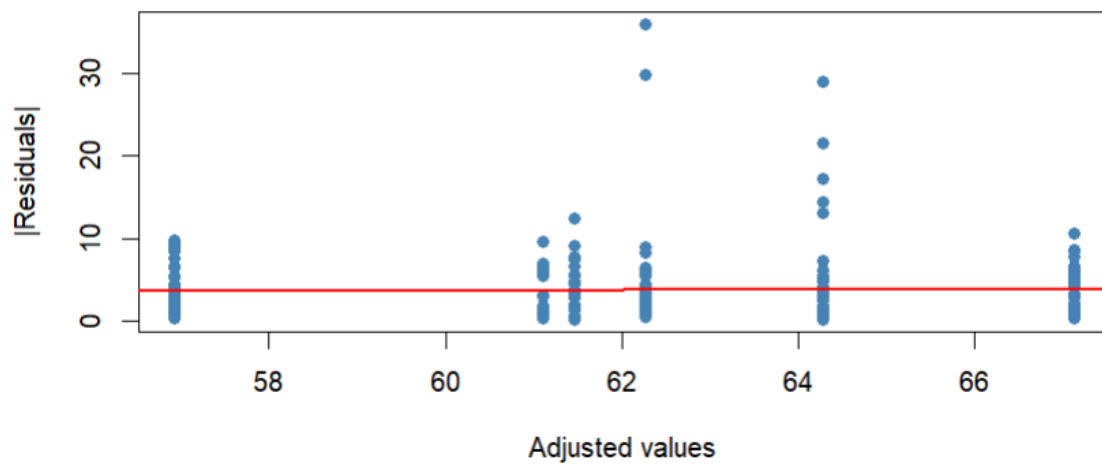
“Evaluación de las características organolépticas de la calidad y rendimiento de los biotipos promisorios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Canaán - INIA”

Anexos 6 Ficha de evaluación del diámetro, longitud, peso de la fruta, cascara y pulpa, pH, B° y IR

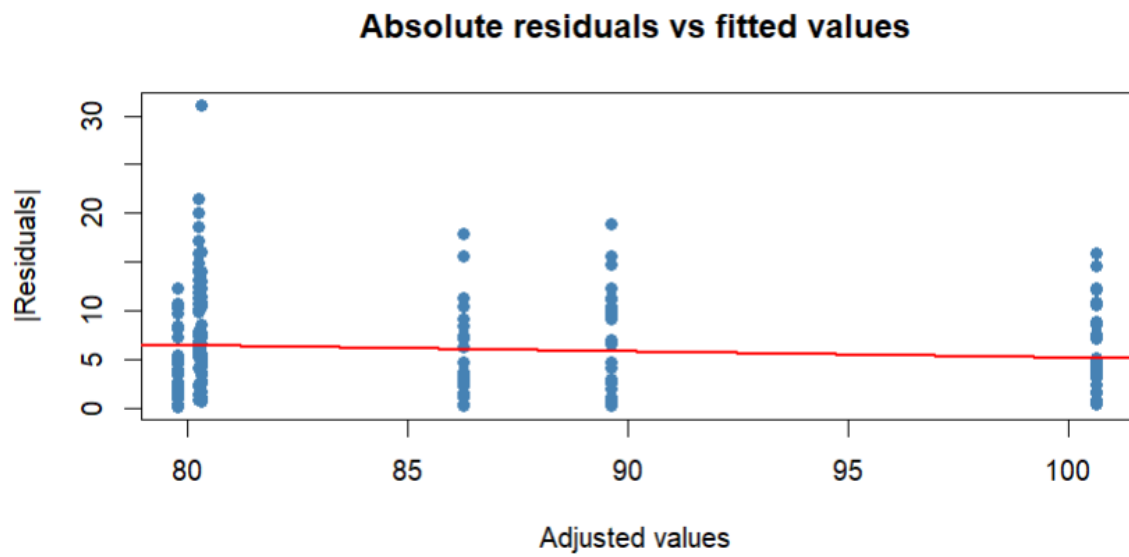
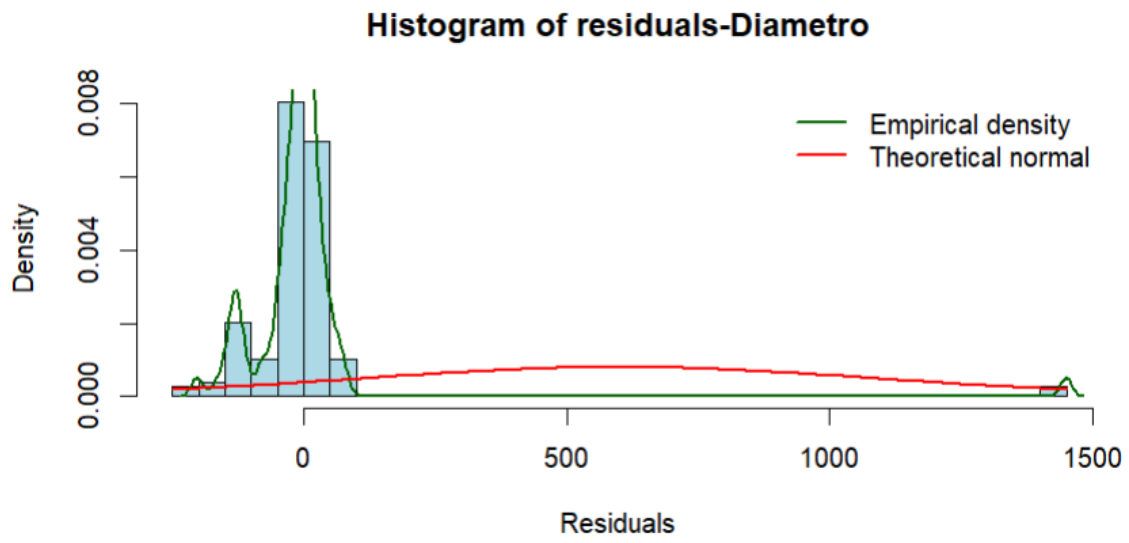
Biotipos	Bloques	Repeticiones	Variables									Observaciones
			Diámetro	Longitud	Peso de la fruta	Peso de la pulpa	Peso de cascara	pH	T°	B°	IR	
PTI - 0152	I	1	63.39	91.58	173.76	93.00	80.29	6.35	20.2°	11.4%	1.3501	21.0°
		2	51.12	84.41	161.37	98.98	61.16	6.63	20.3°	14.6%	1.3551	20.9°
		3	65.65	90.15	203.04	114.81	87.53	6.51	20.3°	11.8%	1.3501	20.9°
	II	1	66.82	94.49	103.36	106.92	97.99	6.43	20.0°	11.8%	1.3507	21.6°
		2	61.35	85.73	181.58	105.04	75.66	6.73	20.0°	13.1%	1.3552	21.9°
		3	49.89	72.38	205.88	84.77	67.91	6.28	19.8°	12.9%	1.3504	20.9°
	III	1	59.44	81.62	147.38	81.33	70.36	6.43	20.0°	11.6%	1.3503	21.3°
		2	60.27	87.63	174.12	98.32	74.52	6.38	20.2°	11.3%	1.3898	21.5°
		3	58.14	81.09	152.67	80.62	65.67	6.33	19.7°	11.9%	1.3508	21.4°
	IV	1	61.73	92.1	170.99	112.88	82.55	6.22	19.9°	12.6%	1.3519	21.2°
		2	64.88	84.39	189.54	97.65	86.14	6.35	19.9°	12.5%	1.3517	21.1°
		3	63.73	85.86	198.84	49.62	67.90	6.31	20.1°	11.3%	1.3504	21.3°
PTI - 023A	I	1	63.41	76.04	197.51	102.42	93.20	6.29	19.7°	13.7%	1.3531	19.8°
		2	54.61	74.97	151.99	76.96	73.99	6.28	19.7°	11.4%	1.3500	20.2°
		3	59.07	82.83	190.10	106.22	84.41	6.37	19.8°	12.6%	1.3519	20.4°
	II	1	54.84	81.4	155.36	88.08	65.50	6.39	19.6°	14.1%	1.3543	20.8°
		2	60.21	49.14	208.54	113.19	93.70	6.22	19.7°	12.7%	1.3521	20.8°
		3	66.63	87.59	109.59	109.59	91.76	6.12	19.7°	12.3%	1.3515	20.8°
	III	1	49.37	64.25	118.69	58.35	58.38	6.31	19.6°	13.6%	1.3535	20.8°
		2	56.05	69.75	168.70	93.21	73.55	6.24	19.7°	12.7%	1.3520	20.8°
		3	55.32	90.8	174.90	97.41	76.00	6.27	19.6°	13.6%	1.3534	20.7°
	IV	1	49.37	92.6	160.44	93.03	66.20	6.37	19.5°	11.9%	1.3508	21.0°
		2	56.05	93.25	153.64	84.40	66.90	6.22	19.8°	12.8%	1.3522	21.1°
		3	55.32	81.35	150.55	85.50	62.59	6.44	19.4°	13.2%	1.3528	21.1°
PTI - 0070	I	1	63.49	90.74	192.15	98.82	92.01	6.37	19.1°	14.5%	1.3548	19.3°
		2	63.49	90.74	192.15	98.82	92.01	6.37	19.1°	114.5%	1.3548	19.3°
		3	63.49	90.74	192.15	98.82	92.01	6.37	19.1°	214.5%	1.3548	19.3°
	II	1	65.97	94.33	208.49	121.24	86.22	6.18	19.4°	11.6%	1.3503	16.6°
		2	63.14	93.66	198.66	125.19	71.93	5.92	19.2°	13.1%	1.3526	19.6°
		3	61.33	90.49	183.87	106.02	76.74	6.32	19.2°	12.7%	1.3520	19.6°
	III	1	59.96	92.49	176.58	108.30	65.64	6.38	19.3°	12.8%	1.3522	19.9°
		2	66.29	108.44	198.61	107.53	90.10	6.00	19.1°	11.0%	1.3493	19.8°
		3	60.82	80.42	152.07	94.89	56.80	6.00	19.3°	9.6%	1.3473	19.4°
	IV	1	49.01	83.06	155.50	88.77	65.07	6.17	19.4°	13.3%	1.3529	18.4°
		2	54.78	79.63	138.74	80.24	55.83	6.02	19.1°	12.3%	1.3515	18.7°
		3	60.11	92.21	171.20	93.67	74.87	6.17	18.9°	12.0%	1.3510	18.9°
PTI - 0040	I	1	70.47	89.48	222.20	113.82	106.72	6.25	18.9°	11.9%	1.3508	19.1°
		2	63.82	74.31	169.90	91.14	77.36	6.12	18.7°	11.3%	1.3498	19.1°
		3	63.05	77.13	169.55	100.69	67.62	6.25	18.8°	13.1%	1.3526	19.1°
	II	1	71.28	84.3	241.11	119.42	119.14	5.95	18.8°	10.7%	1.3489	18.8°
		2	67.67	92.11	228.59	120.13	109.59	6.27	18.9°	11.3%	1.3498	18.8°
		3	68.56	78.1	223.90	116.42	106.50	6.30	18.6°	12.8%	1.3522	18.7°
	III	1	58.48	81.4	142.33	74.01	66.09	6.02	18.5°	11.7%	1.3505	18.7°
		2	62.71	83.19	178.64	101.08	72.67	6.04	18.4°	12.0%	1.3509	18.7°
		3	55.87	72.42	122.91	71.27	49.69	6.07	18.1°	12.8%	1.3522	18.6°
	IV	1	60.52	71.53	153.98	82.44	68.02	6.05	18.2°	11.2%	1.3498	18.5°
		2	32.39	77.4	167.81	94.53	66.84	6.11	18.2°	12.0%	1.3509	18.5°
		3	55.8	71.4	131.55	76.82	52.13	6.18	18.1°	11.0%	1.3493	18.6°
PTI - 0138	I	1	60.88	84.79	181.15	99.63	80.17	6.12	20.9°	12.3%	1.3515	20.3°
		2	61.74	86.54	181.40	98.10	82.95	6.01	20.3°	13.6%	1.3535	20.4°
		3	61.74	86.54	181.40	98.10	82.95	6.01	20.3°	113.6%	1.3535	20.4°
	II	1	62.86	86.64	103.09	99.05	93.68	6.05	20.2°	12.3%	1.3513	20.5°
		2	62.86	86.64	103.09	99.05	93.68	6.05	20.2°	112.3%	1.3513	20.5°
		3	62.86	86.64	103.09	99.05	93.68	6.05	20.2°	212.3%	1.3513	20.5°
	III	1	55.24	89.52	147.72	80.98	66.33	6.02	19.6°	12.2%	1.3512	19.5°
		2	54.64	94.67	153.36	82.35	70.42	6.05	19.5°	12.4%	1.3516	19.7°
		3	61.51	104.19	183.63	89.62	93.39	6.13	19.6°	11.5%	1.3501	20.4°
	IV	1	62.39	81.63	188.67	100.56	84.49	6.28	18.3°	12.7%	1.3521	18.7°
		2	62.02	93.43	195.31	106.74	87.25	6.30	18.2°	14.1%	1.3543	18.8°
		3	54.1	77.14	194.45	74.08	56.92	6.02	18.3°	16.2%	1.3558	18.8°
PTI - 0157	I	1	69.33	95.69	208.52	136.59	71.81	6.15	18.6°	12.8%	1.3522	19.2°
		2	66.81	100.08	229.07	141.24	87.68	5.90	18.3°	11.8%	1.3505	19.1°
		3	66.81	100.08	229.07	141.24	87.68	5.90	18.3°	111.8%	1.3505	19.1°
	II	1	73.06	96.69	278.29	176.71	101.38	6.04	18.4°	13.5%	1.3533	19.2°
		2	75.75	104.21	299.96	192.79	106.91	5.83	18.1°	12.6%	1.3518	19.1°
		3	71.62	101.52	261.82	162.67	99.04	5.64	18.4°	11.1%	1.3496	19.1°
	III	1	68.45	105.13	235.21	130.84	104.27	5.83	18.6°	12.0%	1.3509	19.5°
		2	68.45	105.13	235.21	130.84	104.27	5.83	18.6°	112.0%	1.3509	19.5°
		3	68.45	105.13	235.21	130.84	104.27	5.83	18.6°	212.0%	1.3509	19.5°
	IV	1	63.84	100.15	203.35	112.29	90.94	5.52	18.9°	11.7%	1.3504	19.6°
		2	56.54	89.8	160.60	95.56	64.78	5.92	19.1°	9.0%	1.3463	19.7°
		3	63.84	100.15	203.35	112.29	90.94	5.52	18.9°	11.7%	1.3504	19.6°

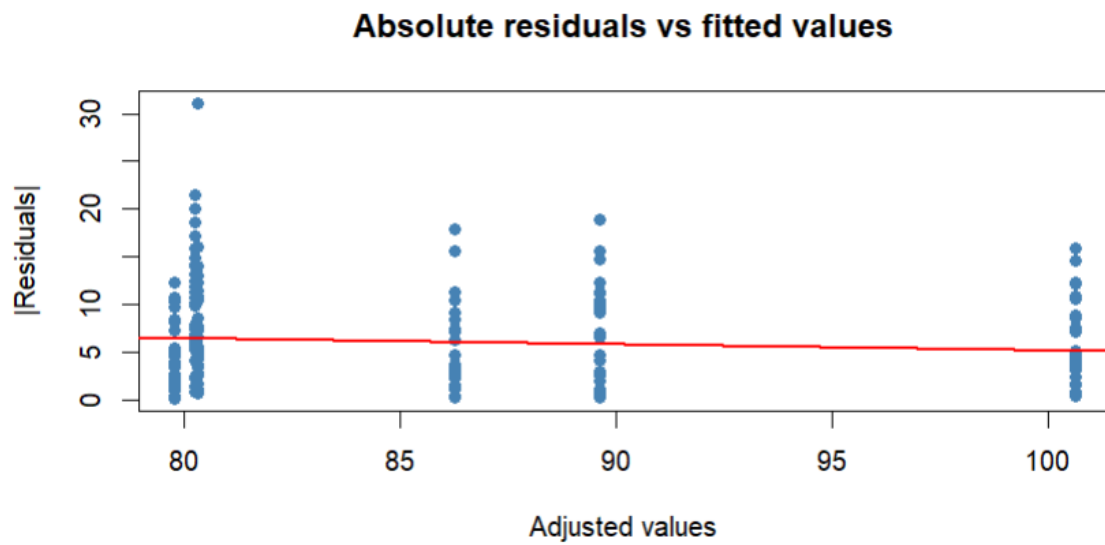
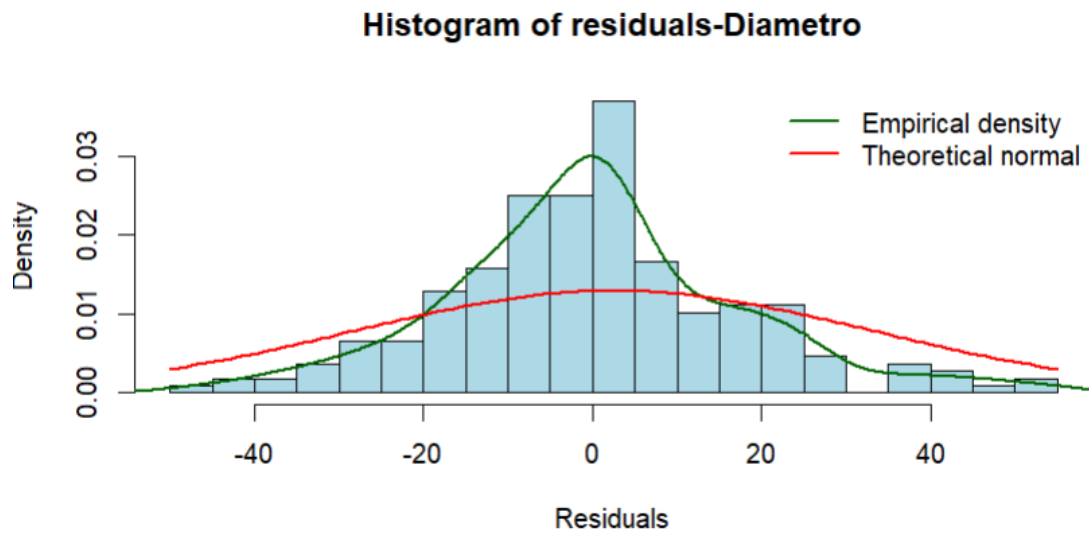
Nota: Ficha de evaluación de del diámetro, longitud, peso de la fruta, cascara y pulpa, pH, B° e ir del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) bajo condiciones de Canaán a 20750 msnm.

Anexos 7*Caracterización del fruto***a) Diámetro:**

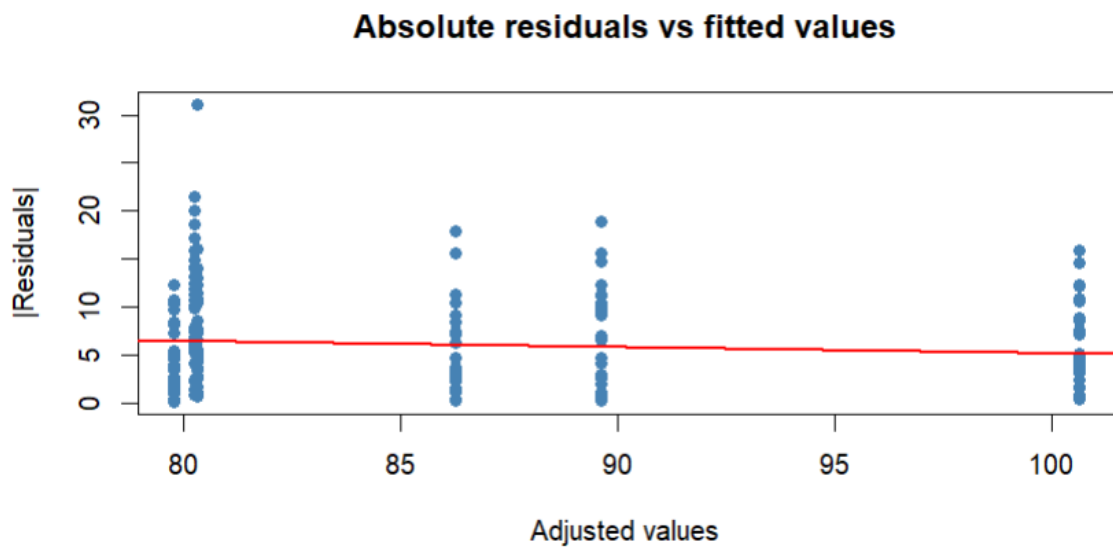
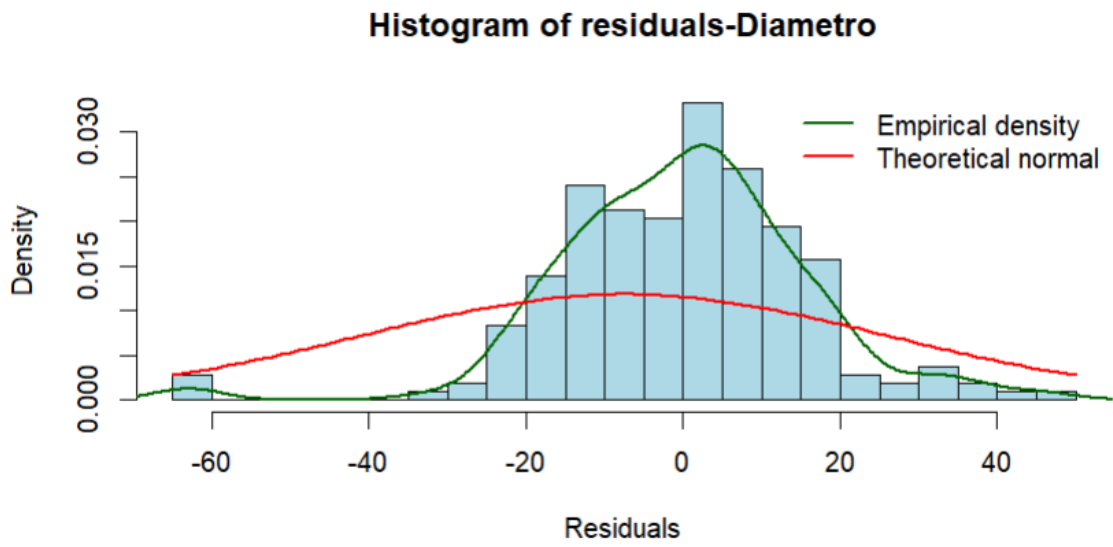
b) Longitud:**Histogram of residuals-Diametro****Absolute residuals vs fitted values**

c) Peso del fruto

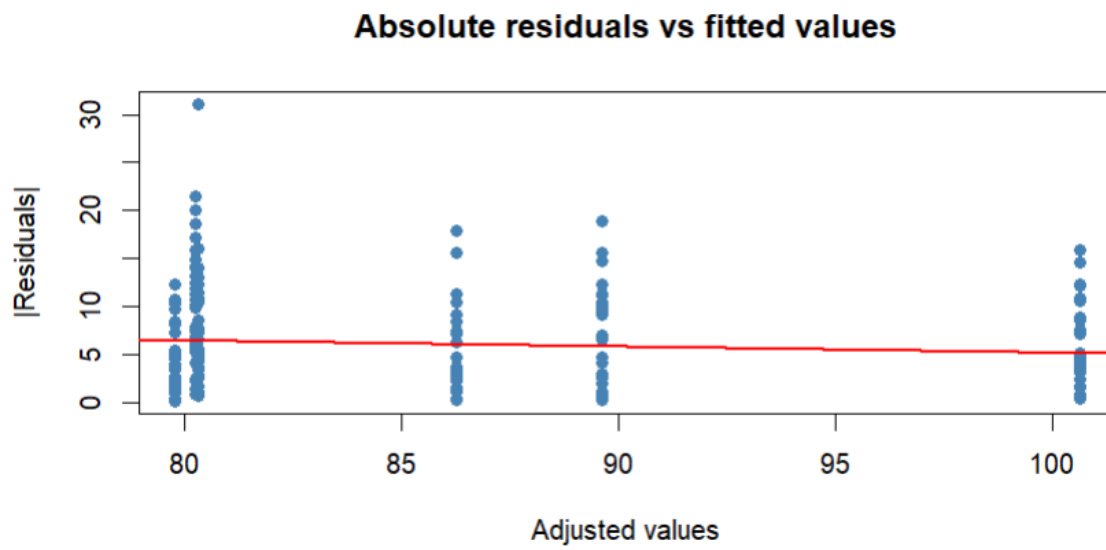
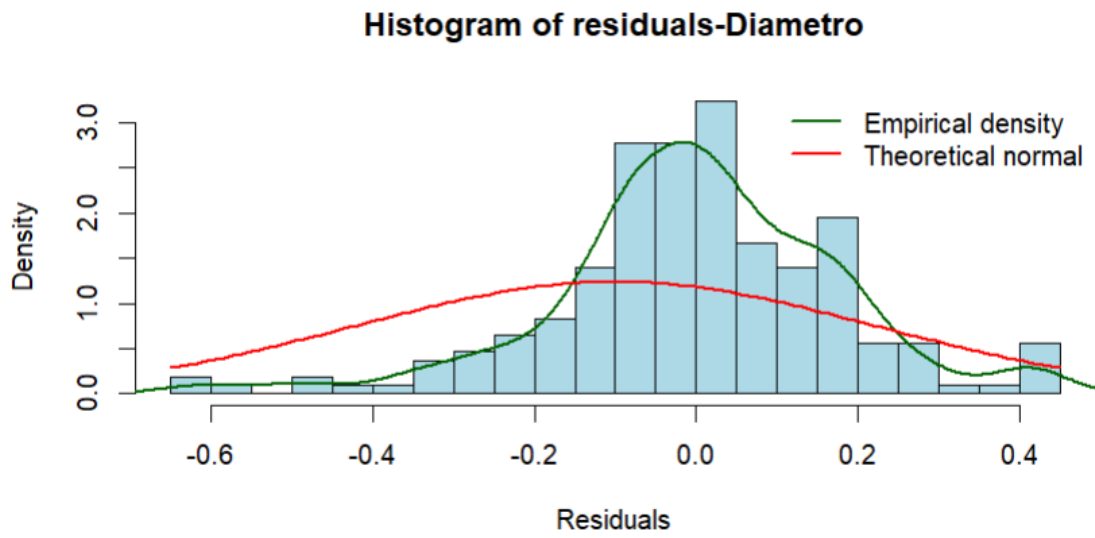


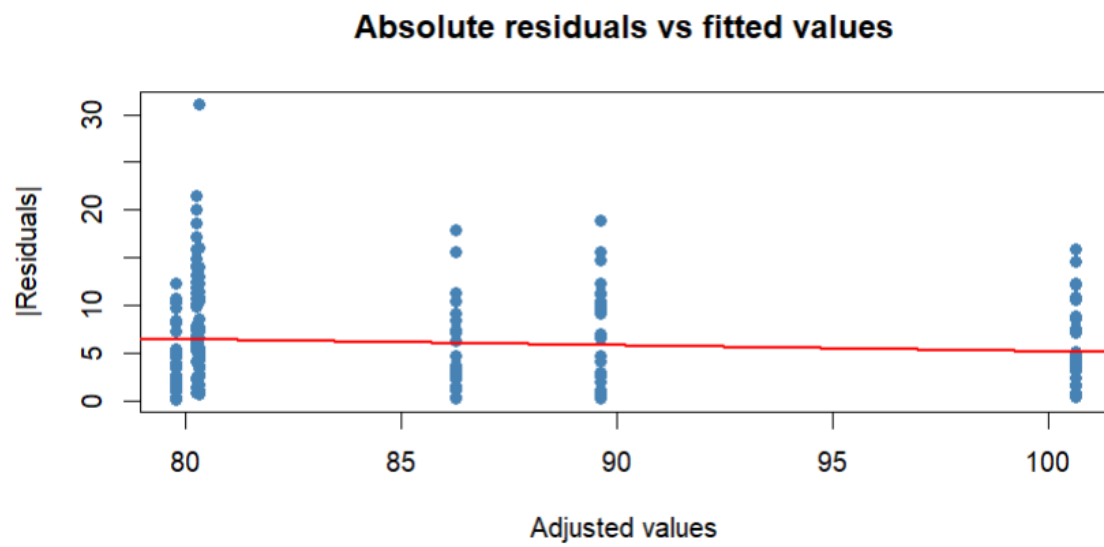
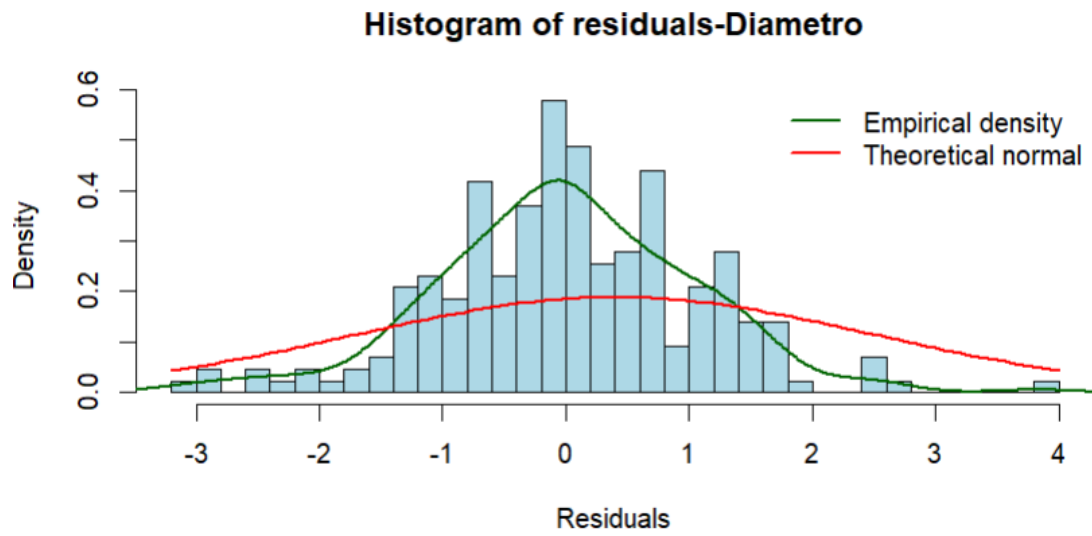
d) Peso de la pulpa

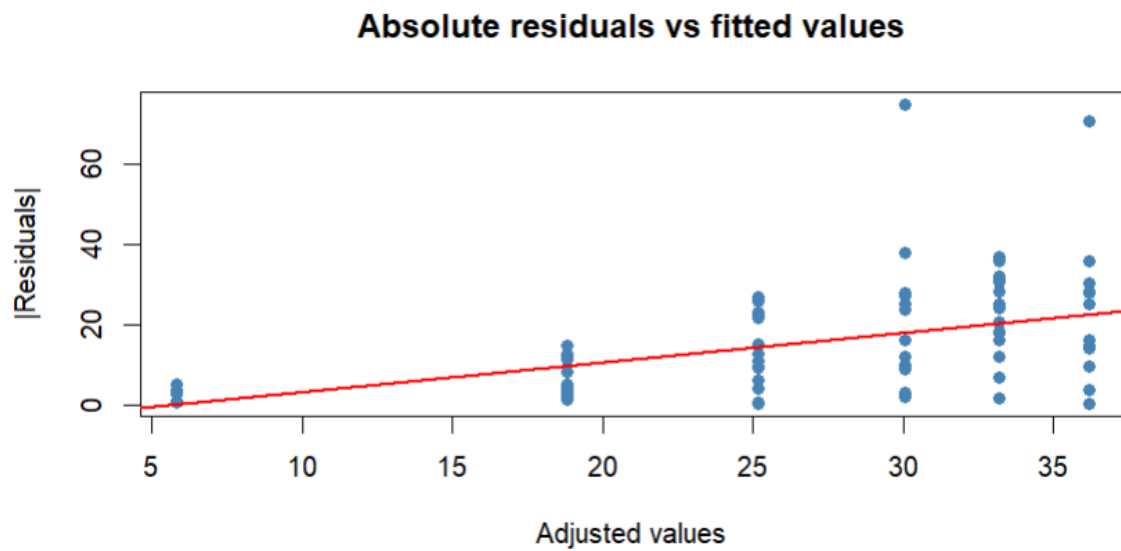
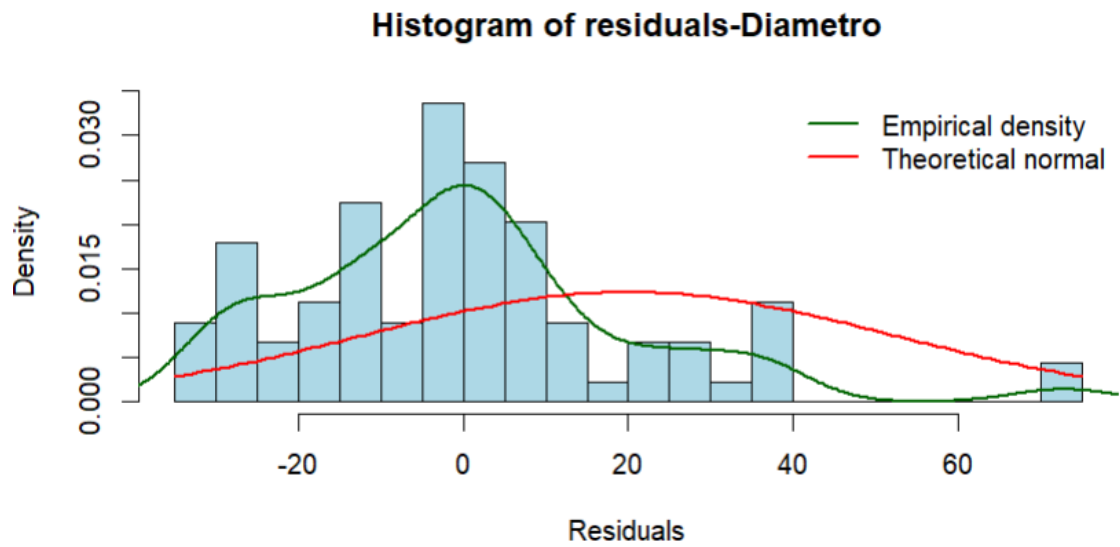
e) Peso de la cascara

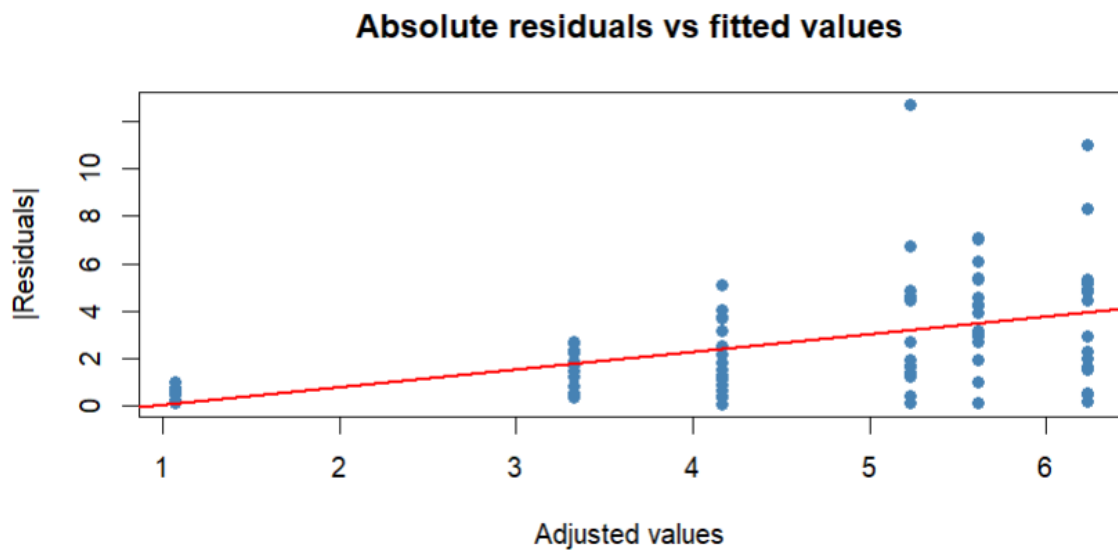
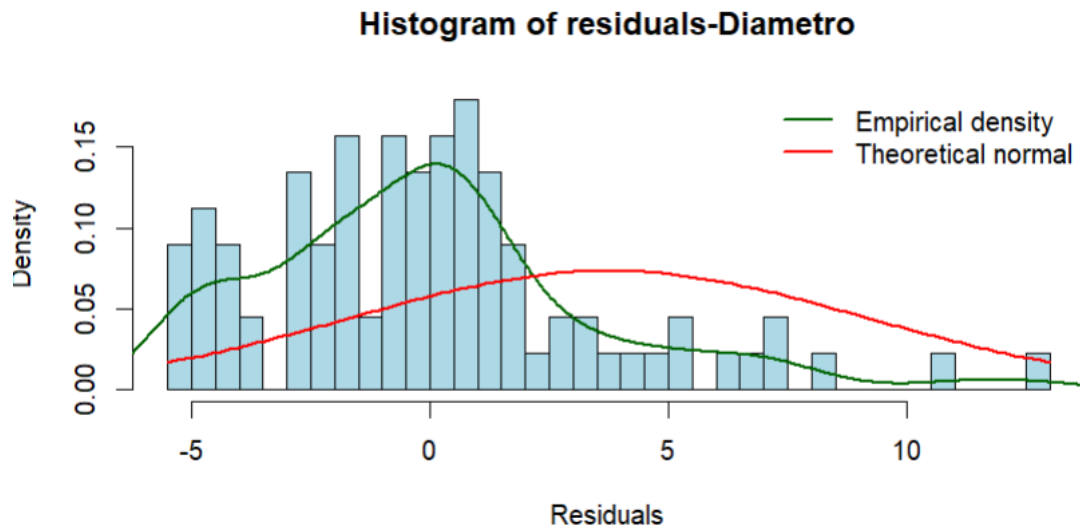


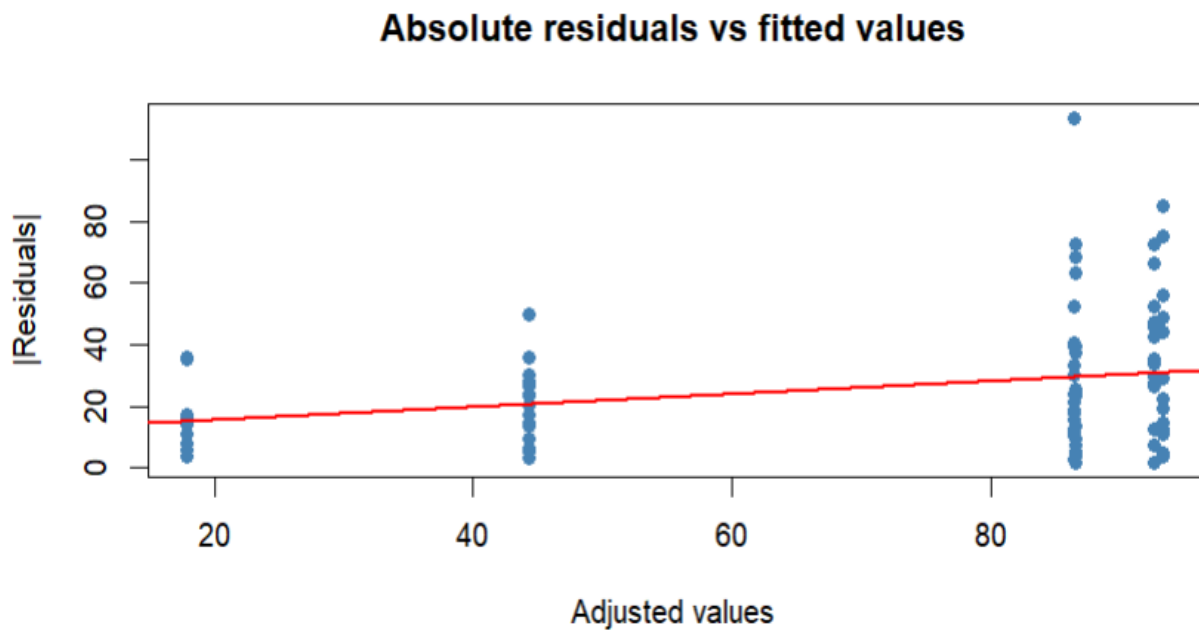
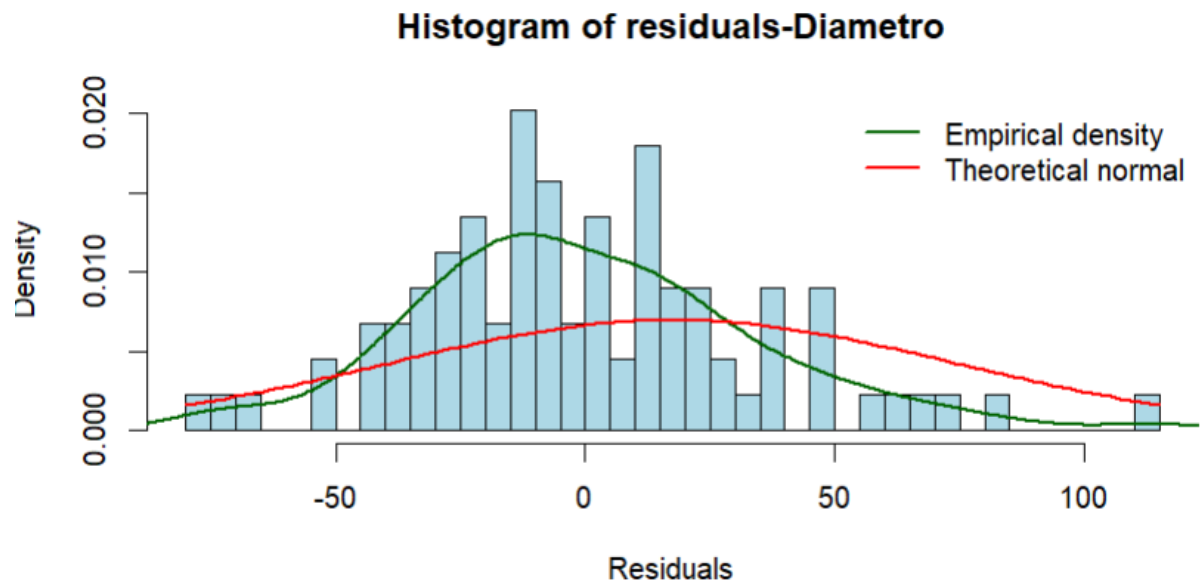
f) pH



σ) °Brix

Anexos 8*Rendimiento de la tuna***a) Numero de frutos:**

b) Peso del fruto:

c) Potencial productivo:

Anexos 9*Panel fotográfico***Anexos 10**

Medición de la longitud y diámetro con el equipo vernier digital

**Anexos 11**

Medición del pH y temperatura con el equipo del peachimetro.

**Anexos 12**

Medición del peso de la fruta con el equipo de la balanza semianalítica.

**Anexos 13**

Medición del IR y °Brix con el refractómetro.



Anexos 14

Campo experimental de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexos 15

Etapa de floración y coagulación del futo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexos 16

Fruto del biotipo 0060 (PER - 100) color anaranjado de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexos 17

Limpieza y recojo de los frutos de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



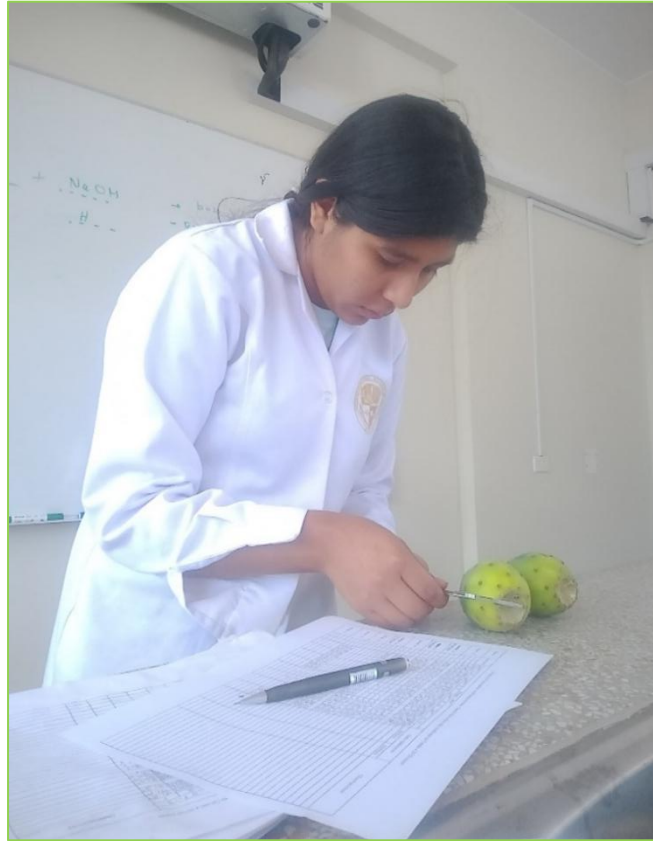
Anexos 18

Rotulado de cada fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) para su respectivo análisis



Anexos 19

Los frutos de la tuna anaranjada en el laboratorio para su respectivo análisis



Anexos 20

Medición de la longitud de los frutos de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexo 21

Medición del diámetro de los frutos de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexo 22
Pelado del fruto para sus respectivos análisis



Anexos 23
Peso de los frutos de la tuna sin cascara



Anexo 24
Despulpado del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)



Anexos 25
Análisis del pH y °B e IR del jugo de la tuna anaranjada (*Opuntia ficus-indica*)

**Anexos 26**

Análisis del pH y °B e IR del jugo de la tuna blanca (*Opuntia ficus-indica*)

**Anexos 277**

Desecho orgánico de la tuna (*Opuntia ficus-indica*).