



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO ELICITORES**  
**NATURALES EN LA CALIDAD DE LA PITAHAYA Y**  
**APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA COMO COMPUESTO**  
**BIOACTIVO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**JUDY MARICELA ZUMBA SUCUZHAÑAY**

Macas – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO ELICITORES**  
**NATURALES EN LA CALIDAD DE LA PITAHAYA Y**  
**APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA COMO COMPUESTO**  
**BIOACTIVO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:** JUDY MARICELA ZUMBA SUCUZHAÑAY

**DIRECTOR:** ING. ALEX ESTUARDO ERAZO LARA

Macas – Ecuador

2023

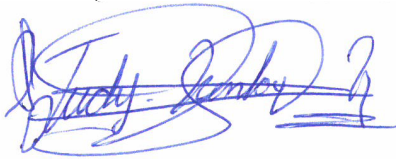
© 2023, Judy Maricela Zumba Sucuzhañay

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Judy Maricela Zumba Sucuzhañay declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 22 de diciembre de 2023





**Judy Maricela Zumba Sucuzhañay**

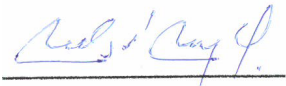
**140085905-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO ELICITORES NATURALES EN LA CALIDAD DE LA PITAHAYA Y APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA COMO COMPUESTO BIOACTIVO** , realizado por la señorita: **JUDY MARICELA ZUMBA SUCUZHAÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FECHA</b>
Ing. Carla Viviana Haro Velastegui, Mgs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 2023-12-22

Ing. Alex Estuardo Erazo Lara <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 2023-12-22
--	--

Dr. Carlos Santiago Curay Yaulema, Mgs. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 2023-12-22
--	--

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de Integración Curricular a mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional para alcanzar mis metas, su amor y sacrificio han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro, y este trabajo es una manifestación de la dedicación que ellos han inspirado en mí. A mis queridas hermanas y hermano, les agradezco profundamente su constante presencia y aliento, que han sido mi motivación para no rendirme en ningún momento. Mil gracias por tanto apoyo; los amo. A mi novio, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional, su tiempo y sus palabras alentadoras han sido una luz constante en esta travesía, este logro es también tuyo, y aprecio infinitamente tu contribución a mi éxito. A mis amigos, quienes han sido pilares fundamentales a lo largo de este proceso, cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a este logro, y estoy agradecido/a por tenerlos en mi vida. Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a mi crecimiento y desarrollo. También quiero agradecer a mi tía Angélica y a mi primo Luis; mil gracias por su impacto positivo en mi vida y por ser parte de este capítulo significativo de mi historia académica.

Judy

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por permitirme culminar una valiosa etapa en mi formación académica. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, mi más sincero agradecimiento por la formación profesional excepcional que recibí dentro de sus instalaciones. A mi querida madre, María, le dedico un agradecimiento especial por enseñarme valores de responsabilidad y brindarme un apoyo incondicional para poder culminar mis estudios. Gracias, mamita, por estar siempre presente y ser mi fuente de inspiración. A mis amadas hermanas Magaly, Estefany, Nayely, Tania, Alexandra, y a mi hermano Daniel, les agradezco sinceramente por su constante apoyo y motivación en este logro académico. Su presencia ha hecho que este camino sea más significativo y memorable. Extiendo mi gratitud a Alison y Carlitos por acompañarme durante mi investigación en Palora, así como a Patricia, Alexis y Kevin, quienes han compartido bellos momentos a lo largo de mi estudio universitario. Un agradecimiento especial a mi novio Henry por su apoyo inquebrantable, su disposición en este propósito, y por ser mi roca durante este desafiante viaje. Agradezco su comprensión, paciencia y ánimo constantes. Quiero expresar mi reconocimiento al Ing. Alex Erazo, al Ing. Luis Condo y al Dr. Carlos Curay por su dirección durante la ejecución del proyecto de investigación. También, de manera especial, agradezco al Dr. Daniel Valero de la Universidad Miguel Hernández (UMH) por brindarme su conocimiento, participación y ser mi guía en los análisis de laboratorio. Su contribución ha enriquecido significativamente mi trabajo y experiencia académica.

Judy

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<i>1.2.1 Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Hipótesis general.....</b>	<b>4</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Bases conceptuales.....</b>	<b>5</b>
<i>2.1.1 Calidad del fruto.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2 Compost.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.3 Compostaje.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.4 Elicitores naturales.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.5 Efecto de los elicitores.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.6 Manejo precosecha.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.7 Manejo postcosecha.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.8 Compuesto bioactivo.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.9 Pitahaya.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.10 Residuos de la pitahaya.....</i>	<i>7</i>
<b>2.2 Bases teóricas.....</b>	<b>7</b>
<i>2.2.1 Origen y distribución de la pitahaya.....</i>	<i>7</i>



2.2.2	<i>Descripción botánica</i> .....	7
2.2.3	<i>Composición nutricional</i> .....	8
2.2.4	<i>Taxonomía de la pitahaya</i> .....	9
2.3	<b>Calidad de los frutos</b> .....	9
2.4	<b>Tratamientos aplicados en precosecha</b> .....	10
2.4.1	<i>Ácido oxálico (AO)</i> .....	10
2.4.2	<i>Ácido salicílico (AS)</i> .....	10
2.4.3	<i>Jasmonato de metilo (JaMe)</i> .....	10
2.4.4	<i>Salicilato de metilo (SaMe)</i> .....	11
2.5	<b>Componentes bioactivos de la pitahaya</b> .....	11
2.5.1	<i>Betacianinas</i> .....	11
2.5.2	<i>Betalaínas</i> .....	11
2.5.3	<i>Pectina</i> .....	11
2.5.4	<i>Polisacáridos solubles en agua</i> .....	12
2.6	<b>Características fisicoquímicas</b> .....	12
2.6.1	<b>Color</b> .....	12
2.6.2	<i>Sólidos solubles totales</i> .....	13
2.6.3	<i>Contenido de pulpa</i> .....	13
2.6.4	<i>Acidez total</i> .....	14
2.6.5	<i>Índice de madurez</i> .....	14
2.6.6	<i>Tasa de respiración</i> .....	15
2.6.7	<i>Compuestos fenólicos</i> .....	15
2.6.8	<i>Carotenoides</i> .....	15
2.6.9	<i>Capacidad antioxidante</i> .....	16
2.6.10	<i>Etileno</i> .....	16
2.7	<b>Condiciones ideales para el compostaje</b> .....	16
2.7.1	<i>Aireación</i> .....	16
2.7.2	<i>Humedad</i> .....	17
2.7.3	<i>pH</i> .....	17
2.7.4	<i>Relación C/N en el compostaje</i> .....	18
2.7.5	<i>Temperatura</i> .....	18
2.8	<b>Fases del compostaje</b> .....	18
2.9	<b>Beneficios del compostaje</b> .....	19
2.10	<b>Nutrientes</b> .....	20
2.11	<b>Impacto ambiental causado por el uso de elicitores naturales</b> .....	20
2.12	<b>Impacto ambiental causado por los residuos de la pitahaya</b> .....	21

### 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1	Descripción del enfoque .....	22
3.2	Nivel de investigación .....	22
3.3	Manipulación de variables.....	22
3.4	Intervención de las variables .....	23
3.5	Tipo de estudio.....	23
3.6	Alcance .....	23
3.7	Ubicación de estudio.....	24
3.8	Diseño .....	24
3.8.1	<i>Tratamientos</i> .....	24
3.8.2	<i>Distribución de los tratamientos</i> .....	25
3.9	Métodos .....	26
3.9.1	<i>Método de muestreo y manejo del ensayo</i> .....	26
3.9.2	<i>Área de estudio</i> .....	26
3.10	Técnicas e instrumentos de investigación empleadas .....	26
3.10.1	<i>Materiales, equipos e insumos</i> .....	26
3.10.2	<i>Técnicas</i> .....	27
3.11	<i>Métodos de evaluación de las variables</i> .....	27
3.12	<i>Determinaciones analíticas</i> .....	27
3.12.1	<i>Características físicas</i> .....	27
3.12.2	<i>Características químicas</i> .....	30
3.12.2.1	<i>Color</i> .....	30
3.12.2.2	<i>Sólidos solubles totales</i> .....	31
3.12.2.3	<i>Acidez total</i> .....	31
3.12.2.4	<i>Índice de madurez</i> .....	32
3.12.2.5	<i>Tasa de respiración</i> .....	32
3.12.2.6	<i>Fenoles y carotenoides</i> .....	34
3.12.2.7	<i>Extracción de azúcares y ácidos orgánicos</i> .....	35
3.13	Análisis estadístico.....	36

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Diámetro.....	37
4.1.1	<i>Diámetro longitudinal</i> .....	37
4.1.2	<i>Diámetro ecuatorial</i> .....	43

<b>4.1.3</b>	<b>Peso</b> .....	49
<b>4.1.4</b>	<b>Firmeza</b> .....	51
<b>4.1.5</b>	<b>Color</b> .....	52
<b>4.1.6</b>	<b>Sólidos solubles totales</b> .....	53
<b>4.1.7</b>	<b>Acidez total</b> .....	54
<b>4.1.8</b>	<b>Tasa de respiración</b> .....	55
4.1.8.1	<i>CO<sub>2</sub></i> .....	55
4.1.8.2	<i>Producción de etileno</i> .....	56
<b>4.1.9</b>	<b>Fenoles</b> .....	57
4.1.9.1	<i>Fenoles de pulpa</i> .....	57
4.1.9.2	<i>Fenoles de cáscara</i> .....	58
<b>4.1.10</b>	<b>Carotenoides</b> .....	59
4.1.10.1	<i>Carotenoides de pulpa</i> .....	59
4.1.10.2	<i>Carotenoides de cáscara</i> .....	60
<b>4.1.11</b>	<b>Macro y microelementos</b> .....	61
4.1.11.1	<i>Macrominerales</i> .....	61
4.1.11.2	<i>Micronutrientes</i> .....	62
<b>4.2</b>	<b>Discusión</b> .....	63
<b>4.3</b>	<b>Comprobación de la hipótesis</b> .....	65
<b>CONCLUSIONES</b> .....		66
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Descripción botánica de la pitahaya amarilla .....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Clasificación de la taxonomía .....	9
<b>Tabla 2-3:</b> Carta de color de pitahaya amarilla, vista anterior y posterior de los frutos, según la norma técnica NTC 3 554.....	14
<b>Tabla 3-1:</b> Tratamientos aplicados al estudio.....	25
<b>Tabla 3-2:</b> Área delimitada para el desarrollo del proyecto.....	26
<b>Tabla 3-3:</b> Materiales, equipos e insumos de campo.....	26
<b>Tabla 4-1:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 57 días después de que apareció el botón floral .....	38
<b>Tabla 4-2:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	38
<b>Tabla 4-3:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 71 días después de que apareció el botón floral .....	39
<b>Tabla 4-4:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	39
<b>Tabla 4-5:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 86 días después de que apareció el botón floral .....	40
<b>Tabla 4-6:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	40
<b>Tabla 4-7:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 101 días después de que apareció el botón floral .....	41
<b>Tabla 4-8:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	41
<b>Tabla 4-9:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 126 días después de que apareció el botón floral .....	42
<b>Tabla 4-10:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	42
<b>Tabla 4-11:</b> ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 57 días después de que apareció el botón floral .....	44
<b>Tabla 4-12:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	44
<b>Tabla 4-13:</b> ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 71 días después de que apareció el botón floral .....	45
<b>Tabla 4-14:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	45
<b>Tabla 4-15:</b> ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 86 días después de que apareció el botón floral .....	46
<b>Tabla 4-16:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	46
<b>Tabla 4-17:</b> ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 101 días después de que apareció el botón floral .....	47
<b>Tabla 4-18:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	47

<b>Tabla 4-19:</b> ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 126 días después de que apareció el botón floral .....	48
<b>Tabla 4-20:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	48
<b>Tabla 4-21:</b> ANOVA. Peso de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 126 días después de que apareció el botón floral .....	50
<b>Tabla 4-22:</b> Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ ).....	50
<b>Tabla 4-23:</b> Contenido de macrominerales, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	61
<b>Tabla 4-24:</b> Contenido de micronutrientes, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	62

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Carta de color del fruto de pitahaya amarilla <i>Selenicereus megalanthus</i> Haw..	13
<b>Ilustración 3-1:</b> Tratamientos aplicados en campo .....	24
<b>Ilustración 3-2:</b> Distribución de los tratamientos en campo .....	25
<b>Ilustración 3-3:</b> (a) Diámetro polar y (b) Diámetro ecuatorial de la fruta de pitahaya .....	28
<b>Ilustración 3-4:</b> Balanza utilizada para el pesaje de los frutos .....	28
<b>Ilustración 3-5:</b> Texturómetro para medir la firmeza del fruto.....	29
<b>Ilustración 3-6:</b> (a) Medición externa y (b) medición interna .....	30
<b>Ilustración 3-7:</b> Refractómetro digital .....	31
<b>Ilustración 3-8:</b> Titulador para medir la acidez total .....	32
<b>Ilustración 3-9:</b> Cromatógrafo de gases.....	33
<b>Ilustración 3-10:</b> Espectrofotómetro para la obtención de fenoles .....	34
<b>Ilustración 3-12:</b> HPCL para la obtención de azúcares y ácidos orgánicos.....	35
<b>Ilustración 4-1:</b> Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de apareamiento del botón floral .....	37
<b>Ilustración 4-2:</b> Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de que apareció el botón floral .....	43
<b>Ilustración 4-3:</b> Peso de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de que apareció el botón floral .....	49
<b>Ilustración 4-4:</b> Contenido de Firmeza, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	51
<b>Ilustración 4-5:</b> Contenido de Firmeza, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	52
<b>Ilustración 4-6:</b> Contenido de SST, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.....	53
<b>Ilustración 4-7:</b> Contenido de AT, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.....	54
<b>Ilustración 4-8:</b> Contenido de CO <sub>2</sub> en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.....	55
<b>Ilustración 4-9:</b> Producción de etileno en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral. ....	56
<b>Ilustración 4-10:</b> Contenido de fenoles de pulpa de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	57
<b>Ilustración 4-11:</b> Contenido de fenoles en la cáscara de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.....	58

<b>Ilustración 4-12:</b> Contenido de carotenoides de pulpa en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después que apareció el botón floral .....	59
<b>Ilustración 4-13:</b> Contenido de carotenoides en la cáscara en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral .....	60

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA BAJO INVERNADERO EN EL  
CANTÓN PALORA
- ANEXO B:** PRODUCTOS UTILIZADOS EN LOS FRUTOS DE PITAHAYA
- ANEXO C:** MATERIALES UTILIZADOS EN LA APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS
- ANEXO D:** ETIQUETADO DE PLANTAS Y FRUTOS
- ANEXO E:** APLICACIONES DE LOS PRODUCTOS AL FRUTO DE PITAHAYA
- ANEXO F:** MEDICIONES EN CAMPO DEL DIAMETRO POLAR Y ECUATORIAL
- ANEXO G:** PESAJE DE LOS FRUTOS
- ANEXO H:** FIRMEZA DE LOS FRUTOS
- ANEXO I:** MEDICIONES DEL COLOR DEL FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA
- ANEXO J:** PASOS PARA LA OBTENCION DEL POLVO DE LA CASACARA DE  
PITAHAYA AMARILLA
- ANEXO K:** FENOLOGÍA DE LA PITAHAYA AMARILLA "ECO PALORA"



## RESUMEN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) es un fruto tropical que ha ganado popularidad en los últimos años. Sin embargo, su vida útil en postcosecha es relativamente corta, lo que limita su comercialización. Los elicitores naturales son compuestos que pueden estimular la resistencia y la calidad de los frutos. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de los elicitores naturales: salicilato de metilo (SaMe), jasmonato de metilo (JaMe), ácido salicílico (AS) y ácido oxálico (AO) en concentraciones de 0.1 Mm y 5 Mm respectivamente, aplicados a los frutos de pitahaya amarilla, bajo condiciones de invernadero ubicado en el Cantón Palora. Se realizaron 4 aplicaciones con una frecuencia de 15 días. Las variables que se evaluaron en el fruto durante la etapa de precosecha en 5 momentos claves fueron el diámetro polar y ecuatorial y al momento de la cosecha se registró el peso y la firmeza. Para la etapa de postcosecha se evaluaron las siguientes variables a nivel de pulpa: color, sólidos solubles totales, acidez total, índice de madurez, tasa de respiración, fenoles y carotenoides en tanto que, a nivel de cáscara se evaluaron fenoles, carotenoides, macrominerales y micronutrientes. Los resultados mostraron que JaMe presentó mejores valores para retrasar la cosecha (color, firmeza, acidez total y fenoles) mientras que SaMe adelantó la cosecha del fruto. En cuanto al uso alternativo de la cáscara se observó que la aplicación de los elicitores naturales incrementó significativamente el contenido de fenoles, carotenoides, macrominerales y micronutrientes en la cáscara, los cuales pueden ser aprovechados como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje. En conclusión, los resultados indican que los elicitores naturales pueden ser una alternativa para mejorar la calidad y vida útil de los frutos de pitahaya amarilla.

**Palabras clave:** <PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.)>, <ELICITORES NATURALES>, <CALIDAD>, <COMPUESTO BIOACTIVO>.




0129-DBRA-UPT-2024

## ABSTRACT

Yellow dragon fruit (*Selenicereus megalanthus* Haw.) is a tropical fruit that has gained popularity in recent years. However, its post-harvest shelf life is relatively short, which limits its commercialization. Natural elicitors are compounds that can stimulate fruit resistance and quality. This study aimed to evaluate the effects of natural elicitors: methyl salicylate (SaMe), methyl jasmonate (JaMe), salicylic acid (AS) and oxalic acid (AO) at concentrations of 0.1 Mm and 5 Mm respectively, applied to yellow dragon fruits, under greenhouse conditions located in Palora canton. Four applications were made every other week. The variables that were evaluated in the fruit during the pre-harvest stage at 5 key moments were polar and equatorial diameter and at the time of harvest, weight and firmness were recorded. At the postharvest stage, the following variables were considered regarding the pulp: color, total soluble solids, total acidity, maturity index, respiration rate, phenols, and carotenoids; while phenols, carotenoids, macro minerals and micronutrients were evaluated with reference to the peel. The results showed that JaMe presented better values for delayed harvest (color, firmness, total acidity, and phenols), instead SaMe advanced fruit harvest. Regarding the alternative use of the peel, it was observed that the application of natural elicitors significantly increased the content of phenols, carotenoids, macro minerals and micronutrients in the peel, which can be used as a bioactive compound for composting. In conclusion, the results indicate that natural elicitors can be an alternative to improve the quality and shelf life of yellow dragon fruits.

Keywords: <YELLOW DRAGON FRUIT (*Selenicereus megalanthus* Haw.)>, <NATURAL ELICITORS>, <QUALITY>, <BIOACTIVE COMPOUND>, <COMPOSTING>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI 175646848-2

## INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.), es una planta nativa de la familia cactácea, conocida mundialmente como la "fruta del dragón" (Jiménez et al. 2017). En la provincia de Morona Santiago, especialmente el cantón Palora se encuentra entre las principales zonas productoras de pitahaya en Ecuador, siendo esta actividad una importante fuente de empleo e ingresos económicos para el cantón. (Aguilar 2015).

Ecuador cuenta con 7.216 hectáreas destinadas a la producción de pitahaya, conformados por 1.891 productores registrados en Agrocalidad, quienes están asociados con la exportación de este cultivo (Primicias 2023). A finales del año 2021, se registraron 2.051 áreas destinadas a la exportación de pitahaya en el país, y en este contexto la provincia de Morona Santiago se destacó con una participación del 65% en las áreas de producción, siendo el cantón Palora la principal zona de producción. A su vez, en las provincias de Manabí y Pichincha contribuyeron con el 8% y el 5,5% respectivamente del total de áreas de producción a nivel nacional (PortalPortuario 2022). Durante el año 2021 se evidenció que la exportación de esta fruta se distribuyó en 27 países diferentes, siendo Estados Unidos el mercado predominante con un 84%, Colombia (5,4%) y Singapur (2,7%) de las exportaciones totales; Durante el mismo año se exportaron 17.895 toneladas de pitahaya en 5.975 envíos certificados por la Agencia de Regulación y Control Fitosanitario – Agrocalidad, lo que significa un aumento de casi 60% en relación con el 2020, año en el que se envió 11.260 toneladas (Agrocalidad 2021).

Para alargar la vida útil del fruto se cuenta con requisitos fitosanitarios y de calidad para la exportación de esta fruta a 54 países (Agrocalidad 2022). La calidad de la fruta va a depender del manejo que se de en la etapa de precosecha y postcosecha; sin embargo, la respiración y producción junto a los cambios de composición, la transpiración y la pérdida de agua son los principales factores biológicos responsables de la pérdida de calidad en postcosecha (Ferrández 2020). Para minimizar los efectos de estos factores en la calidad de la fruta existen reportes que la aplicación de elicitores naturales en frutos de limón, uva, ciruela y granada, mejoraron la calidad del fruto (Badiche-El Hilali et al. 2023; Martínez et al. 2017; Martínez-Esplá et al. 2017; García-Pastor et al. 2020).

En la industria, la cáscara de la pitahaya se descarta debido a su textura y sabor poco atractivos. A pesar de esto, su composición incluye componentes como la pectina, cianidina, antocianinas y flavonoides (Verona, Urcia y Paucar 2020), lo que la convierte en una opción interesante para su aprovechamiento. Asimismo, estudios realizados por (Arriaga et al. 2015) han demostrado que las cáscaras de pitahaya contienen ácido cítrico, ácido málico y una proporción de proteínas similar a la pulpa, además de un contenido significativo de vitamina C. También se ha observado que la

pitahaya favorece la absorción de microelementos, y la aplicación de calcio (Ca), magnesio (Mg) y microelementos se recomienda durante el pico de actividad metabólica de la planta (INTAGRI 2021), ya que se ha demostrado que el boro (B) y el zinc (Zn) puede incrementar la cantidad, peso y tamaño de los frutos.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El cultivo y comercialización de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* Haw. ha ganado relevancia en la industria agroalimentaria debido a la creciente demanda tanto en el mercado nacional como internacional; sin embargo, existen desafíos significativos en relación con la calidad y el manejo de esta fruta exótica, especialmente en lo que respecta a la optimización de su producción y su aprovechamiento sostenible. Uno de los aspectos cruciales que afectan la calidad de la pitahaya es su manejo en precosecha y postcosecha.

La utilización de elicitores naturales, compuestos que estimulan las respuestas de defensa de las plantas, se presenta como una alternativa para mejorar la calidad de la pitahaya durante su crecimiento y después de su cosecha. Además, la cáscara de la pitahaya, que a menudo es considerada un subproducto puede ser aprovechada para elevar los contenidos nutricionales del compost como compuesto bioactivo.

Ante lo expuesto, al existir poca evidencia científica sobre el efecto de la aplicación de elicitores naturales en la calidad de la fruta de pitahaya y su aprovechamiento de la cáscara como fuente de compuesto bioactivo para compostaje, la presente investigación evaluó el efecto de cuatro elicitores naturales Salicilato de metilo (SaMe), Jasmonato de metilo (JaMe), Ácido oxálico(AO) y Ácido Salicílico (AS) en la calidad y vida útil de la pitahaya, posteriormente se analizó la cáscara de pitahaya como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje. Al abordar estos aspectos, se aspira a contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y a la mejora de la cadena de valor de la pitahaya, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores y al medio ambiente.

#### ***Formulación (Incógnita)***

¿Cómo incide la aplicación de los cuatro tratamientos en la calidad del fruto de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) amarilla y cuál sería su aprovechamiento como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General***

Evaluar el efecto de la aplicación de cuatro elicitores naturales en la calidad del fruto de pitahaya (*Selenicereus megalanthus Haw*) y su aprovechamiento de la cáscara como compuesto bioactivo.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Determinar el efecto de los cuatro elicitores naturales sobre las características físicas y químicas en precosecha y postcosecha de la pitahaya amarilla en el cantón Palora.
- Evaluar el mejor elicitador natural en la fase de precosecha y postcosecha en la pitahaya amarilla en el cantón Palora.
- Caracterizar la cáscara de la pitahaya amarilla obtenida bajo el efecto de los cuatro elicitores naturales aplicados en precosecha y su aprovechamiento como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje.

## **1.3 Justificación**

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw*) ha ganado popularidad en la industria alimentaria y exportación debido a su contenido de agua, nutrientes y compuestos bioactivos, como glucosa, betalaínas, vitaminas, ácidos orgánicos, fibra soluble dietética y minerales constituyentes (Verona, Urcia y Paucar 2020). Esta investigación tiene como objetivo contribuir a la generación de alternativas tecnológicas ecológicas y sostenibles con el medio ambiente, manteniendo un enfoque en la producción. Además, se busca proporcionar información práctica que contribuya a mejorar la producción, manejo, valor agregado y la posibilidad de aprovechar la cáscara de la pitahaya como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje, lo que aportaría un valor adicional a la gestión de los residuos agrícolas.

Este análisis se llevará a cabo en un entorno de invernadero ubicado en el cantón Palora en la finca Algro Farma, a una altitud de 877 metros sobre el nivel del mar.

## **1.4 Hipótesis general**

Al menos un elicitador natural mejorará los parámetros de calidad en los frutos de pitahaya amarilla en precosecha y postcosecha.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Bases conceptuales

##### 2.1.1 *Calidad del fruto*

En Ecuador, la calidad del fruto de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw.*) está relacionada con su composición físico-química y las condiciones ambientales, incluyendo el suelo y el manejo en pre cosecha y post cosecha (Vásquez et al. 2016). Además la información sobre la calidad del fruto de pitahaya es escasa, sin embargo, se ha determinado que los frutos de pitahaya ecotipo Palora maduros presentan valores altos en firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pH, vitamina C, capacidad antioxidante y polifenoles totales (Bolaños et al. 2015).

##### 2.1.2 *Compost*

El compost es un abono orgánico, obtenido a partir de la descomposición controlada de la materia orgánica. Es un producto estable, de olor agradable y con multitud de propiedades beneficiosas para los suelos y plantas que se consigue tras la biodegradación en presencia de oxígeno de los residuos orgánicos, tales como restos de jardín y residuos de cocina (Mezo 2010).

##### 2.1.3 *Compostaje*

El compostaje es un proceso bio-oxidativo de los residuos orgánicos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, donde participan diferentes grupos de microorganismos entre bacterias y hongos (Rodríguez et al. 2010).

##### 2.1.4 *Elicidores naturales*

Los elicidores naturales son sustancias de diversas fuentes tanto inorgánicas como orgánicas capaces de inducir efectos fisiológicos y cambios como la activación de respuestas a cualquier tipo de defensa en la planta las cuales son producidas por agentes estresantes bióticos y abióticos (García et al. 2018).

### **2.1.5 Efecto de los elicitores**

El efecto de los elicitores sobre la activación de la resistencia en las plantas va a depender de la concentración del elicitador y el tiempo o periodos de aplicación del mismo, además podrían tener influencia dentro del crecimiento y desarrollo de la planta (Patel et al. 2020).

### **2.1.6 Manejo precosecha**

Es el conjunto de factores variables que intervienen durante el desarrollo de planta y por ende en los productos frutícolas que de esta podamos obtener, es decir todos los eventos que tienen lugar antes de la cosecha. Los factores precosecha frecuentemente interactúan en formas complejas que dependen de las características del cultivar específico así como de la sensibilidad de la etapa de su desarrollo o crecimiento en que se encuentre (Crisosto et al. 1995).

### **2.1.7 Manejo postcosecha**

El manejo de postcosecha se refiere a las prácticas y procedimientos destinados a preservar la calidad de los productos agrícolas una vez que han sido recolectados, con el propósito de garantizar su calidad y facilitar su posterior comercialización o consumo. Este proceso está diseñado para asegurar la calidad de frutas y verduras desde su recolección en el campo hasta su consumo, minimizando la pérdida de peso tras la cosecha. Asimismo, este proceso abarca desde la recolección hasta el empaque, transporte y almacenamiento de los productos, asegurando su integridad y calidad durante todo el proceso (Díaz 2003).

### **2.1.8 Compuesto bioactivo**

Son aquellos elementos extraídos directamente de la naturaleza, en su estado puro o relativamente puro que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos, como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales. Estos elementos son esenciales para la producción de una amplia gama de productos y desempeña un papel crucial en la economía global. (Muñoz et al. 2015).

### **2.1.9 Pitahaya**

Es una baya globosa de forma ovoide con protuberancias llamadas mamilas, además tiene la pulpa que es jugosa y dulce, su tamaño varía entre 10 a 15 cm de longitud, tiene un diámetro de 6 a 10



cm y está compuesta por brácteas donde nacen las espinas que se desprenden fácilmente en el estado de maduración, su cáscara es amarilla y gruesa (Martínez et al. 2020).

#### **2.1.10 Residuos de la pitahaya**

A medida que la producción de pitahaya avanza, su relevancia para los aprovechamientos industriales aumenta. Este proceso implica la extracción de la pulpa, generando la cáscara como subproducto Cueva (2020). La cáscara de la pitahaya contiene polifenoles, que representan una fuente potencial para diversas industrias, como la farmacéutica, cosmética y nutracéutica, entre otras. Además, Landi (2022) señala que las cáscaras de pitahaya contienen un 75,2% de fibra, altas cantidades de vitamina C y magnesio, lo que las hace adecuadas para la elaboración de productos ricos en fibra, como galletas y buñuelos.

### **2.2 Bases teóricas**

#### **2.2.1 Origen y distribución de la pitahaya**

La pitahaya (*Selenicereus megalanthus Haw*) es una fruta exótica que tiene su origen en América Central y parte de Sudamérica. Fue inicialmente encontrado en estado silvestre por los conquistadores españoles, quienes la bautizaron con el término "Pitahaya", que hace referencia a su apariencia escamosa. En la actualidad, esta fruta se encuentra distribuida en diversas regiones que incluyen México, Bolivia, Perú, Colombia, Venezuela, Ecuador, Centroamérica y las Antillas (Guzmán et al. 2012). La actividad humana ha impulsado la variabilidad en términos de forma, tamaño, color y calidad sensorial de los frutos. En la actualidad se reconoce la existencia de más de una especie de pitahaya, dado que la intervención y la influencia humana han dado lugar a una diversidad que abarca aspectos tanto morfológicos como organolépticos (Verona et al. 2020).

#### **2.2.2 Descripción botánica**

La pitahaya es la fruta de un cactus suculento que se caracteriza por su naturaleza rústica y su habilidad para almacenar agua en sus tejidos. Además de ser conocida por sus frutos de sabor agradable, esta planta se destaca por ser perenne y silvestre, lo que significa que mantiene su ciclo de vida durante largos periodos de tiempo y crece de manera autónoma en su entorno natural. Además, posee una notable resistencia a la sequía, lo que la convierte en una opción adaptativa en áreas con condiciones de escasez de agua. Asimismo, se le atribuye una capacidad de adaptarse a diversos tipos de suelos, ya que no es muy exigente en términos de calidad del sustrato (Alvarado et al. 2003).

**Tabla 2-1:** Descripción botánica de la pitahaya amarilla

Flor	La flor de la pitahaya presenta dimensiones considerables, mostrando una estructura en forma de campana y tubular, y su flor es hermafrodita, pudiendo ser blanca o rosada. Su tamaño oscila entre 20 y 35 cm de longitud, con un diámetro de aproximadamente 34 cm.
Fruto	El proceso de formación del fruto desde la polinización abarca un período de 4 a 8 meses. La pitahaya da lugar a una baya con forma ovoide, que puede presentar una apariencia redondeada o alargada, su tamaño puede variar de 10 a 12 cm de diámetro, influenciado por la temperatura ambiente y su peso fluctúa entre 200 g y 1 kg. La cáscara muestra tonalidades que van del verde al amarillo y su cantidad y longitud pueden variar. En su interior, la pulpa es de color blanco y está repleta de semillas pequeñas y negras. A pesar de carecer de aroma y sabor, el colorido de la pulpa es inigualable.
Tallos	El tallo, también conocido como cladodio, posee una naturaleza suculenta y su superficie externa es de mayor grosor. Puede crecer en segmentos que abarcan de 0,5 a 2 metros de longitud, con una forma triangular que se guía en soportes vivos o inertes. Estos tallos son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis y, dependiendo de las condiciones climáticas, pueden medir desde unos pocos centímetros hasta más de 35 metros
Raíz	La pitahaya está dotada de raíces fibrosas que cumplen la doble función de anclaje a soportes o rocas, así como de absorción de humedad y nutrientes.

Fuente: (Arguello et al. 1997; Vargas et al, 2020).

Realizado por: Zumba J., 2023.

### **2.2.3 Composición nutricional**

Cada 100 gramos de la porción comestible de la pitahaya comprenden alrededor de 83 gramos de agua, entre 0,16 y 0,29 gramos de proteína, de 0,21 a 0,61 gramos de grasa, entre 0,7 y 0,9 gramos de fibra, así como cenizas que oscilan entre 0,64 y 0,68 gramos. Además, en términos de minerales, se pueden encontrar cantidades de aproximadamente 6,3 a 8,8 mg de calcio, 30,2 a 36,1 mg de fósforo y 0,55 a 0,65 mg de hierro. Entre los pigmentos presentes, se destaca el caroteno, con una concentración de 0,005 a 0,012 mg. En cuanto a las vitaminas, se observa la presencia de 0,28 a 0,43 mg de tiamina, 0,043 a 0,045 mg de riboflavina y entre 8 a 9 mg de vitamina C (Huachi et al. 2015). Tanto la cáscara como la pulpa de la pitahaya albergan betalaínas, compuestos que contribuyen a contrarrestar los trastornos relacionados con el estrés y que cuentan

con propiedades antiinflamatorias. Además, estas partes de la fruta exhiben betaninas y betacianinas, sustancias que actúan como fuentes naturales de colorante (Jacome et al. 2023).

La composición química de los frutos de la pitahaya es variable y se ve influenciada por diversos factores, como la variedad de la fruta, las condiciones medioambientales y la ubicación geográfica del cultivo.

#### 2.2.4 Taxonomía de la pitahaya

Los aspectos taxonómicos de la pitahaya abarcan cuestiones como su clasificación dentro del reino vegetal, su agrupación en géneros y especies específicas, y las relaciones evolutivas entre las distintas variedades. Aclarar y comprender estos aspectos resulta fundamental para un estudio y uso adecuado de esta fruta en distintos contextos, desde la investigación botánica hasta la comercialización y la alimentación (Vite 2014).

**Tabla 2-2:** Clasificación de la taxonomía

<i>Clasificación de la taxonomía</i>	
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
Super-división	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Equisetopsida</i>
Subclase	<i>Magnoliidae</i>
Suborden	<i>Caryophyllanae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Género	<i>Selenicereus</i>
Especie	<i>Selenicereus megalanthus Haw</i>
Tribu	<i>Hylocereeae</i>
Categoría	<i>Fruta</i>

Fuente: Vite, 2014.

Realizado por: Zumba, J. 2023.

### 2.3 Calidad de los frutos

En Ecuador, existe una cantidad limitada de información disponible acerca de la calidad de los frutos de pitahaya. No obstante, se ha establecido que los frutos maduros del ecotipo Palora de

pitahaya exhiben niveles elevados de atributos como firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pH, vitamina C, capacidad antioxidante y polifenoles totales (Bolaños et al. 2015).

La calidad de los frutos depende de diversos rasgos físicos esenciales, como su integridad sin lesiones, su forma ovalada, su apariencia fresca y su consistencia firme. Asimismo, el pedúnculo debe medir entre 15 y 20 mm de largo, y es crucial que se encuentren libres de daños provocados por insectos o enfermedades (Alvarado 2014). Además, para obtener un producto de calidad, resulta fundamental considerar parámetros tales como el peso del fruto y de la cáscara, el contenido de sólidos solubles totales, el pH, la acidez titulable, el porcentaje de azúcares totales, la concentración de vitamina C, la cantidad de fenoles, el color y la capacidad antioxidante (Vera et al. 2021).

## **2.4 Tratamientos aplicados en precosecha**

### **2.4.1 *Ácido oxálico (AO)***

El ácido oxálico(AO), es un producto metabólico final de las plantas con muchas funciones fisiológicas, está presente en muchos tejidos vegetales, como hojas, flores, frutas, y en algunos suelos, Además, se ha demostrado que el ácido oxálico actúa como un regulador de la absorción de nutrientes, la producción de radicales libres y la respuesta a estrés oxidativo (Wang et al. 2009).

### **2.4.2 *Ácido salicílico (AS)***

El ácido salicílico (AS) es una importante hormona vegetal encargada de regular el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la activación de defensas frente a estrés biótico y abiótico y la mediación de las respuestas del huésped ante la infección de patógenos (Klessig, Choi y Dempsey 2018). Entre sus efectos fisiológicos destacan estimular la germinación de semillas, el crecimiento del fruto, el glicólisis, la floración en plantas, la captación y transporte de iones, la tasa fotosintética (Giménez 2015).

### **2.4.3 *Jasmonato de metilo (JaMe)***

El Jasmonato de metilo (JAME) es un compuesto natural que las plantas sintetizan de forma endógena que desempeña un papel importante en el proceso de defensa de las plantas. Además, el (JaMe) también ayuda a la planta a recuperarse de los daños causados por los herbívoros al estimular la producción de nuevos tejidos (Zapata et al. 2014).

#### **2.4.4 *Salicilato de metilo (SaMe)***

El salicilato de metilo (SaMe) es un compuesto químico natural que desempeña un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas frente a distintos tipos de estrés, provocados tanto de forma biótica como abiótica, por lo tanto, es una herramienta útil para el control de plagas, además que puede afectar ciertos parámetros relacionados con la calidad del fruto dentro del tratamiento de postcosecha (Martínez et al. 2017).

### **2.5 Componentes bioactivos de la pitahaya**

#### **2.5.1 *Betacianinas***

Las betacianinas presentan propiedades antioxidantes y de neutralización de radicales libres, lo que insinúa su potencial impacto positivo en la prevención y manejo de enfermedades metabólicas. Además de su capacidad antioxidante, las betacianinas han demostrado tener propiedades antiinflamatorias y reguladoras de la glucosa en estudios in vitro e in vivo (Song et al. 2016).

#### **2.5.2 *Betalaínas***

En la actualidad, se ha observado un crecimiento en la demanda de los consumidores por productos que sean más naturales y beneficiosos para la salud, incluso si eso implica un mayor costo en comparación con los colorantes sintéticos. Las betalaínas, a pesar de su costo superior, pueden servir como aditivos alimentarios para enriquecer productos o prevenir su decoloración. Además de su función como colorante, las betalaínas poseen propiedades benéficas contra trastornos asociados al estrés en los seres humanos. Esta capacidad se atribuye a su capacidad para inhibir la oxidación y la peroxidación lipídica, lo que las convierte en compuesto bioactivo con potencial para mejorar la salud (Sivakumar et al. 2014; Kanner et al. 2001).

#### **2.5.3 *Pectina***

Las pectinas son polisacáridos estructurales que se encuentran en todos los vegetales y frutas. Se localizan en la lamela media y la pared primaria de las células vegetales, donde desempeñan funciones importantes como la adhesión celular, la resistencia mecánica y la regulación del transporte de nutrientes (Bonilla 2015). Estudios han revelado que la cáscara de la fruta del dragón es una valiosa fuente de pectina (Chua 2016). El consumo regular de pectina se asocia con beneficios para la salud, incluida la reducción de lípidos y glucosa en sangre, contribuyendo a prevenir

afecciones como la diabetes y dislipidemias. Estas cualidades hacen que la pectina sea una opción prometedora para fortalecer la fibra soluble en alimentos de consumo común (Ortiz 2018).

#### **2.5.4 Polisacáridos solubles en agua**

Los polisacáridos hidrosolubles desempeñan un papel crucial en los efectos positivos para la salud. Estos compuestos tienen la capacidad de interactuar directa e indirectamente con el microbiota intestinal, lo que potencialmente contribuye a mejorar su composición y funcionamiento. A través de estas interacciones, los polisacáridos pueden influir en diversos aspectos de la salud, como la regulación del sistema inmunológico y el metabolismo, además de favorecer la absorción de nutrientes esenciales (Yoo et al. 2012).

### **2.6 Características fisicoquímicas**

Es importante conocer las diferentes características físicas y químicas de los productos hortofrutícolas al momento de la cosecha, ya que éstas definen su calidad final, y, por tanto, su comportamiento durante la postcosecha y almacenamiento, debido a esto, se crea la necesidad de utilizar índices de madurez, que permitan brindar información sobre el producto y estimar el momento de cosecha de acuerdo con el objetivo comercial requerido (Rojas et al. 2004).

#### **2.6.1 Color**

Su fruto se caracteriza por tener una corteza de color amarillo con espinas y pulpa blanca jugosa (Delgado 2015). Los colores desempeñan un papel vital en la percepción de calidad de los alimentos, influyendo en la aceptación del consumidor. (Chandrasekara et al. 2012).

Los frutos con un 70-100 % de color mantienen su calidad durante 6 a 8 días a temperatura ambiente. La carta de color es una herramienta ampliamente usada por los productores de pitahaya amarilla para evaluar la madurez comercial, guiando la selección de frutos destinados a la comercialización. La elección del momento de cosecha varía según el mercado; para la exportación, se prefieren frutos en los grados de color 1 a 3, mientras que, en el mercado nacional, se cosechan en grados de color 4 a 6 según la Norma Técnica Colombiana NTC- 3554. (Guerrero 2014).



**Ilustración 2-1:** Carta de color del fruto de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.).

Fuente: Erazo, 2023.

### **2.6.2** *Sólidos solubles totales*

El contenido de sólidos solubles totales en la pitahaya es una característica importante que determina el dulzor de la fruta. Se han encontrado valores altos de sólidos solubles en la pitahaya, lo que indica un alto contenido de azúcares y contribuye a su sabor dulce (Guzmán et al., 2012; Vázquez et al. 2016; Bolaños y Calero 2015). La glucosa y la fructosa son los principales azúcares predominantes en la Pitahaya (Ochoa et al. 2012).

El perfil de sabor de la pulpa está influido por el pH, que oscila entre 4,3 y 4,7, y la acidez titulable que varía entre 2,4 y 3,0 en las variedades agridulces, mientras que en las dulces, la acidez málica se sitúa entre 0,62 y 0,5% (Mercado 2018). Estos elementos resaltan la importancia de la madurez y los componentes químicos en la formación del sabor y la calidad general de la Pitahaya.

### **2.6.3** *Contenido de pulpa*

La composición pulposa de la pitahaya varía en función de la especie y se estima entre el 70% y 80% de su peso total y contienen entre 10 y 12° Brix (Centurión et al. 2008). La composición pulposa de los frutos de pitahaya y otras cactáceas deriva de las células papilares presentes en el funículo, la conexión que une el óvulo con la placenta y cuyo desarrollo acompaña al crecimiento de la semilla. De ahí la importancia de comprender la cantidad de semillas en el fruto para su evaluación (Jiang et al. 2011).

#### 2.6.4 Acidez total

En su estado natural son neutras, pero al encontrarse en solución tiende a volverse ácidas, fenómeno influenciado por el entorno y el grado de esterificación. El pH puede variar entre 2.8 y 3.4, dependiendo de su grado de esterificación, como indica (Ardila 2007). Por otro lado, (Paredes et al. 2015) menciona que la acidez y el pH están condicionados por el tipo y el estado de maduración de las frutas de las cuales se extraen. Dado que la mayoría de las frutas de las cuales se extraen son cítricas, suelen tener un pH bajo. Además, a medida que la fruta madura, la pectina se vuelve más ácida, incrementando así su pH.

#### 2.6.5 Índice de madurez

Los índices de madurez son cruciales en la postcosecha y deben considerar las transformaciones físicas y químicas en el desarrollo de los productos. Para evaluar la madurez de la pitahaya amarilla, se observan factores como tiempo desde floración, cambios físicos (tamaño, forma, firmeza), químicos (sólidos solubles, acidez, pH) y el cambio de color, destacando en la maduración. (Guerrero 2014).

Por lo general, se utilizan cartas de color para determinar el color interno y externo y así evaluar la madurez de los frutos según la Norma Técnica Colombiana 3554.

**Tabla 2-3:** Carta de color de pitahaya amarilla, vista anterior y posterior de los frutos, según la norma técnica NTC 3 554

<b>Grado de madurez</b>	<b>Descripción</b>
Grado de color 0	A los 119 días de la aparición del botón floral, los frutos muestran un color verde oscuro con aristas de mamilas bien definidas. Las espinas, de tono café claro, se desprenden con facilidad, lo que señala el inicio del proceso de maduración.
Grado de color 1	En el período de 122 a 124 días después de la aparición del botón floral, los frutos presentan un color verde con suaves tonos amarillos en la superficie.
Grado de color 2	A los 126 días, el fruto exhibe un color verde con trazas amarillas que abarcan hasta el 50% de su superficie, mientras comienza a llenarse y separarse entre las mamilas.
Grado de color 3	A los 129 días, el fruto se torna verde-amarillo con aproximadamente un 30-40% de su superficie en color amarillo.



Grado de color 4	A los 131 días, el fruto muestra un matiz verde-amarillo, con un 70-80% de su superficie en amarillo, al mismo tiempo que las mamilas continúan llenándose y separándose.
Grado de color 5	Durante los días 133 a 136, los frutos adquieren un color amarillo con mamilas de tono verde, separadas y completamente llenas.
Grado de color 6	Finalmente, a los 138 días después de la aparición del botón floral, los frutos alcanzan un tono amarillo completo.

Fuente: Guerrero, 2014.

Realizado por: Zumba J., 2023.

### 2.6.6 *Tasa de respiración*

La respiración, también conocida como oxidación biológica, se refiere al proceso de descomposición oxidativa de moléculas complejas, como almidón, azúcares y ácidos orgánicos, presentes en las células vegetales. Esta transformación conduce a la formación de compuestos más simples como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, generando energía y moléculas intermedias necesarias para mantener las reacciones celulares y la integridad de las membranas (Blandón 2012).

La actividad respiratoria en los frutos guarda una estrecha relación con la maduración, calidad y duración después de la cosecha. Comprender el patrón respiratorio de un fruto en particular permite anticipar el momento idóneo para su cosecha con mayor precisión (Guadarrama 2001). Aspectos como la textura, contenido de carotenoides, sólidos solubles totales y acidez titulable son indicadores comúnmente empleados para determinar la madurez óptima en la recolección de frutos.

### 2.6.7 *Compuestos fenólicos*

Los compuestos fenólicos, una categoría diversa de metabolitos vegetales secundarios, abarcan desde ácidos fenólicos simples hasta flavonoides complejos. Reconocidos por sus beneficios, incluyendo la prevención de ciertos cánceres hormonales, su destacada actividad antioxidante y propiedades antibacterianas los hacen relevantes en la salud humana (Sidhu et al. 2007).

### 2.6.8 *Carotenoides*

Los carotenoides son pigmentos liposolubles naturales sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Diversos factores influyen en la presencia de carotenoides, incluyendo el genotipo, el manejo precosecha, el estado de madurez y las operaciones de procesamiento y

conservación. La temperatura e intensidad de la luz, en particular, tienen una gran influencia en el contenido de los carotenoides (Carranco, Carrillo y Romo 2011). Estudios han demostrado que la pitahaya es una fruta rica en vitamina C, antioxidantes, carotenoides y betacaroteno, además de contener una cantidad significativa de fibra que beneficia el sistema digestivo, ayudando a regular los niveles de azúcar en la sangre, mejorar la prediabetes y prevenir la diabetes (Vera et al. 2021).

### **2.6.9 Capacidad antioxidante**

Se ha presentado un método eficaz para detectar la actividad antioxidante, mediante un ensayo de decoloración, aplicable a diversos tipos de antioxidantes, incluyendo los lipófilos e hidrófilos. Este método abarca compuestos como flavonoides, hidroxicinamatos, carotenoides y antioxidantes plasmáticos. Al evaluar la actividad antioxidante, se consideran tanto la concentración de antioxidante como la duración de la reacción, aspectos que influyen en la inhibición de la absorción de radicales catiónicos (Re et al. 1999).

### **2.6.10 Etileno**

El etileno, un compuesto orgánico esencial en los procesos fisiológicos de las plantas, es generado tanto por tejidos vegetales como por microorganismos. Su función clave radica en regular el crecimiento, desarrollo, senescencia y abscisión de órganos vegetales. Su producción aumenta en respuesta a la maduración del producto, impactos físicos, actividad microbiana, aumento de temperatura y estrés hídrico (Kader 2001). Además, el etileno ejerce control sobre la velocidad de maduración, la duración del almacenamiento y una gran parte de los procesos de maduración en frutos climatéricos (Bouzayen et al. 2010).

## **2.7 Condiciones ideales para el compostaje**

### **2.7.1 Aireación**

El proceso de compostaje se lleva a cabo en presencia de oxígeno (aerobio), el cual es esencial para el desarrollo óptimo de los microorganismos involucrados. La provisión de oxígeno a estos microorganismos es crucial, ya que cumple dos funciones principales: garantizar su actividad metabólica y permitir la liberación del dióxido de carbono que se produce durante el proceso (Mendoza 2009).

La aireación desempeña un papel esencial en el compostaje al proporcionar oxígeno a los microorganismos y permitir la liberación de dióxido de carbono. En la fase mesofílica, se necesita una tasa de descomposición de 0.05 - 0.08 m<sup>3</sup>/min por tonelada métrica de materia seca, que aumenta rápidamente en pocos días. Durante la fase termofílica, se alcanza la máxima descomposición aeróbica con una tasa de 0.5 m<sup>3</sup>/min por tonelada métrica, para luego disminuir a 0.1 m<sup>3</sup>/min por tonelada métrica. A medida que se concluye la descomposición de los compuestos fácilmente oxidables, se requieren tasas de desintegración de 0.05-0.08 m<sup>3</sup>/min por tonelada métrica, y los niveles de oxígeno deben mantenerse entre el 10% y el 18%. La presencia de olores desagradables indica una falta de aireación, lo que da lugar a procesos de respiración anaeróbica con un olor a amoníaco generado por la amonificación. Este fenómeno puede originarse debido a un exceso de agua o a la compactación excesiva del material (Sztern et al. 2012).

### **2.7.2 Humedad**

La cantidad de humedad presente en los desechos orgánicos en estado natural puede variar significativamente. Un ejemplo claro son las excretas y estiércoles, cuyo contenido de humedad está directamente influenciado por la dieta de origen. Si los residuos crudos tienen una humedad inicial superior al 50%, es necesario tomar medidas para reducir su contenido de humedad antes de formar pilas o montículos. La humedad óptima para que la degradación biológica se lleve a cabo con una predominante actividad respiratoria aeróbica suele situarse entre el 15% y el 35% (40% a 60% si la aireación es adecuada). Si la humedad desciende por debajo del 10%, la actividad biológica disminuye notablemente y el proceso se ralentiza de manera significativa (Sztern et al. 2012).

### **2.7.3 pH**

El pH se refiere a un valor que señala si un elemento o sustancia es ácido (pH inferior a 7), alcalino (pH superior a 7) o neutro (pH igual a 7). Es recomendable que el compost posea un pH lo más cercano posible a la neutralidad, ya que los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica no toleran niveles muy alejados del 7. Durante el proceso de compostaje, el pH cambia con el tiempo debido a su influencia sobre los microorganismos, lo que convierte a este parámetro en un aspecto crítico para evaluar el entorno microbiano y la estabilidad de los residuos. Por lo general, los hongos pueden sobrevivir dentro de un rango de pH ligeramente ácido (entre 5 y 8), debido a que los subproductos iniciales de la descomposición son ácidos orgánicos (Mendoza 2012).

#### **2.7.4 Relación C/N en el compostaje**

La proporción C/N se emplea tradicionalmente como indicador para evaluar la madurez y estabilidad de la materia orgánica. La cantidad de carbono necesaria supera significativamente la del nitrógeno debido a su función como fuente energética para los microorganismos, y a su presencia en una cantidad mucho mayor en el material celular en comparación con el nitrógeno. A lo largo del proceso, se producen pérdidas de nitrógeno debido a la volatilización y la lixiviación, resultando en la pérdida de uno de los principales nutrientes en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>) (Lopez 2010).

#### **2.7.5 Temperatura**

Un indicador crítico para monitorear el avance del proceso de compostaje es la temperatura, que debe mantenerse en el rango de 35 a 65 °C. Esta regulación es esencial ya que cada tipo de organismo desempeña su papel de descomposición dentro de un rango térmico específico. Durante estas transformaciones, se genera calor, lo que resulta en notables fluctuaciones de temperatura en la pila de compost (Gordillo 2010).

A medida que las temperaturas exceden los 60 °C, el proceso comienza a eliminar los microorganismos patógenos y se procede a la purificación gradual del material. Es fundamental evitar que la temperatura alcance los 70 °C, ya que ello daría lugar a la disminución de la actividad microbiana. Para regular la temperatura, se aconseja voltear el material con el fin de preservar los microorganismos y evitar su pérdida. A lo largo del proceso, las bacterias se relevan unas a otras, un ciclo que perdura hasta que los nutrientes del material se agotan, lo que conlleva a una disminución tanto en la temperatura como en las comunidades de microorganismos presentes (Jaramillo et al. 2008).

### **2.8 Fases del compostaje**

Las etapas presentes en cada proceso de compostaje aeróbico, según lo descrito por (Castrejón 2019), abarcan:

**Etapla mesofílica:** Durante esta etapa, se encuentran bacterias y hongos mesofílicos. Su actividad metabólica genera un aumento de la temperatura hasta alcanzar los 45 °C. Esta actividad metabólica también causa una disminución en el pH debido a la descomposición de lípidos y proteínas en aminoácidos. Esto a su vez promueve la proliferación de hongos mesofílicos más

tolerantes a cambios de pH. Mantener la humedad entre el 40% y 60% resulta crucial en esta fase, ya que el agua distribuye los nutrientes a lo largo de toda la masa.

**Etapa termofílica:** Durante esta fase, la temperatura sigue elevándose hasta llegar a unos 75 °C. Esto conlleva la eliminación de las poblaciones de bacterias y hongos mesofílicos. En su lugar, aparecen bacterias, hongos y actinomicetos termofílicos. La actividad microbiana en esta etapa genera calor, lo que contribuye al aumento de temperatura. Esto, a su vez, ocasiona que el pH aumente hasta estabilizarse, manteniéndose constante hasta el final del proceso. Durante esta etapa, el compost se oscurece.

**Etapa de enfriamiento:** Conforme los nutrientes y la energía comienzan a agotarse, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, llevando consigo una reducción en la temperatura hasta alcanzar la temperatura ambiente. Esto provoca el declive de los microorganismos termofílicos y el retorno de los microorganismos mesofílicos a temperaturas que oscilan entre 40 °C y 45 °C. Este proceso continúa hasta que toda la energía se agota.

**Etapa de maduración:** En esta última etapa, tanto la temperatura como el pH se estabilizan. Si el pH permanece ácido, indica que el compost aún no ha madurado completamente. El producto final debe tener un color negro o marrón oscuro, y su aroma debe asemejarse al de la tierra de un bosque, sin mostrar rastros visibles de las partículas originales de los residuos iniciales.

## 2.9 Beneficios del compostaje

El uso de compostaje ofrece múltiples beneficios que abarcan desde la mejora del suelo hasta la sostenibilidad ambiental y la productividad agrícola y de acuerdo a lo mencionado por (Rodríguez, 2006) en su trabajo, el compostaje representa una mejora para las cualidades del suelo en virtud a los siguientes aspectos:

- Facilita la oxigenación del suelo y su capacidad de retener humedad y en terrenos arenosos, contribuye a la retención de agua.
- Mejora la conformación estructural del suelo, lo que no solo previene la erosión, sino que también permite la absorción del agua.
- Promueve el almacenamiento y la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.
- Establece un entorno donde una amplia variedad de microorganismos prospera. Algunos de estos microorganismos descomponen los residuos en humus, mientras que otros

procesan el humus para su propio aprovechamiento o para producir alimento para otros organismos.

- Incrementa la absorción de la radiación solar debido a su tonalidad oscura, resultando en un aumento de la temperatura del suelo durante ciertas estaciones del año.
- Reduce o elimina la necesidad de fertilizantes de síntesis química y modera la temperatura del sólido.

## 2.10 Nutrientes

El éxito del compostaje radica en lograr un equilibrio adecuado de materiales ricos en carbono y nitrógeno, junto con otros nutrientes esenciales que respaldan la actividad de los microorganismos y la descomposición. En el estudio realizado por (Román 2013), se identifican los nutrientes clave y elementos que juegan un papel esencial en el proceso de compostaje:

- **Nitrógeno:** Es el impulsor del crecimiento vegetal, ya que participa en todos los procesos cruciales de desarrollo de las plantas. La calidad del compost guarda una estrecha relación con su contenido de nitrógeno.
- **Fósforo:** El fósforo desempeña un papel fundamental en la transferencia de energía, siendo esencial para el funcionamiento eficiente de la fotosíntesis. Las fuentes naturales de fósforo en el suelo derivan de diversos minerales presentes en la roca madre, como compuestos de calcio, magnesio, hierro y aluminio con fosforo.
- **Potasio:** Esencial para las funciones celulares y la resistencia de las plantas ante enfermedades, el potasio también mejora el equilibrio de agua en la planta y fortalece su capacidad de soportar condiciones de sequía, heladas y salinidad.
- **Calcio:** Un elemento de elevada relevancia en el desarrollo vegetal, el calcio desempeña una doble función. Por un lado, es un nutriente indispensable que la planta absorbe; por otro lado, ejerce un impacto significativo en el suelo mismo.

## 2.11 Impacto ambiental causado por el uso de elicitores naturales

Los elicitores presentan una opción viable para promover una agricultura sustentable en reemplazo del uso de agroquímicos en la producción de alimentos y otros recursos de utilidad para las personas. Hasta la fecha, no se ha registrado ningún informe que indique que el empleo de elicitores, independientemente de ser de origen biótico o abiótico, genere efectos adversos en las plantas, en la salud humana o en el entorno circundante (Caicedo et al. 2021).

## **2.12 Impacto ambiental causado por los residuos de la pitahaya**

La degradación del suelo, el agotamiento de los recursos hídricos, la deforestación y la disminución de la biodiversidad hacen que la agricultura sea una causa primordial del cambio climático FAO (2019). Por otro lado, la comercialización de productos derivados de la pitahaya conlleva la generación de considerables volúmenes de desechos, como las cáscaras y las semillas, según menciona (Farias et al. 2021). Con el propósito de mitigar el impacto ambiental originado por estos residuos, se ha investigado la composición de nutrientes y compuesto bioactivo presentes en dichos desechos.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del enfoque

El enfoque de este estudio se centra en investigar los efectos de la aplicación de cuatro elicitores naturales en la calidad de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) durante las etapas de precosecha y postcosecha. Además, se analiza el potencial aprovechamiento de la cáscara de la fruta como compuesto bioactivo. Se busca comprender cómo estos elicitores influyen en características físicas y químicas del fruto, como diámetro, peso, contenido de sólidos solubles, pH, acidez, entre otros. También se indaga sobre los posibles beneficios ambientales derivados de su aplicación y el valor añadido de la cáscara como recurso. Este enfoque contribuye a la mejora de prácticas agrícolas sostenibles y a la valorización de subproductos en la producción de pitahaya.

#### 3.2 Nivel de investigación

La elaboración de este trabajo de integración curricular se estableció como una investigación descriptiva ya que, se busca describir y analizar detalladamente el impacto de la aplicación de los elicitores naturales en la calidad de la pitahaya, así como el potencial de la cáscara como compuesto bioactivo.

#### 3.3 Manipulación de variables

La investigación es de naturaleza experimental, orientada a establecer relaciones de causa y efecto mediante el control de variables en un entorno controlado. Se busca evaluar cómo la aplicación de elicitores naturales afecta la calidad de la pitahaya, abordando tanto la composición del fruto como la utilidad de la cáscara como compuesto bioactivo. Las variables intervenidas son:

- **Elicidores naturales:** Se aplicaron cuatro tipos diferentes de elicitores naturales en el cultivo de pitahaya.
- **Calidad del fruto:** Se evaluaron diversas características de calidad en los frutos, en precosecha (latitud y ecuatorial) y en postcosecha como contenido de sólidos solubles totales (brix), acidez titulable, pH, color, firmeza, peso, índice de madurez, tasa de respiración, carotenoides, fenoles, actividad antioxidante hidrosoluble y liposoluble.



- **Cáscara como compuesto bioactivo:** Se investigó la composición química de la cáscara de la pitahaya, incluyendo la presencia de compuesto bioactivo como antioxidantes, polifenoles y otros nutrientes beneficiosos.

En conjunto, la intervención de estas variables proporcionó información valiosa sobre cómo la aplicación de elicitores naturales puede influir en la calidad de la pitahaya y en la posibilidad de aprovechar la cáscara como compuesto bioactivo.

### **3.4 Intervención de las variables**

El enfoque longitudinal seleccionado para llevar a cabo este estudio en el campo permite una comprensión detallada y profunda de cómo evolucionan las variables a lo largo del tiempo en respuesta a la aplicación de los elicitores naturales y su efecto en la calidad de la pitahaya, así como en el aprovechamiento de la cáscara como compuesto bioactivo. Al observar y medir estas variables en diferentes momentos del período de estudio, se obtendrá una perspectiva más completa y contextualizada de cómo se desarrollan los cambios a lo largo del tiempo, lo que contribuirá a una interpretación más precisa y fundamentada de los efectos de la intervención en la calidad de la pitahaya y su aprovechamiento.

### **3.5 Tipo de estudio**

El trabajo de integración curricular adopta un enfoque de investigación multidisciplinario, abarcando aspectos bibliográficos, documentales y de campo. Se clasifica como investigación bibliográfica al emplear una revisión exhaustiva de literatura, incluyendo libros, guías técnicas y recursos en línea, así como referencias de investigaciones previas en el área de estudio. Además, incorpora un componente de estudio de campo, donde se manipulan variables a través de la aplicación de tratamientos específicos. Se llevaron a cabo mediciones precisas, como el diámetro longitudinal y ecuatorial de las frutas, así como el pesaje, en condiciones reales, para obtener datos concretos y representativos.

### **3.6 Alcance**

El proyecto de investigación busca incrementar la calidad de la fruta, resaltando en el tema de exportación, mediante la aplicación de productos en precosecha y las posibles alternativas que se les pueda dar al aprovechamiento de la cáscara como compuesto bioactivo.

El propósito de este estudio consiste en evaluar los efectos generados por la aplicación de cuatro productos durante la etapa de pre cosecha sobre los parámetros de calidad de los frutos de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). La investigación se realizó en un cultivo ya establecido de pitahaya amarilla, ubicado bajo condiciones de invernadero en la finca Algro Farm, situada en el Cantón Palora de la Provincia de Morona Santiago.

### 3.7 Ubicación de estudio

La finca de estudio Algro Farm cuenta con una extensión de 2,5 hectáreas y está a una distancia de 2,5 kilómetros del centro cantonal, sus coordenadas geográficas son 1° 41' 00" de Latitud Sur y 77° 58' 56.8" de Longitud Oeste, con una altitud de 839 metros sobre el nivel del mar. La región presenta un clima tropical húmedo caracterizado por humedades relativas que superan el 80 % y temperaturas que varían entre 18 y 29 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 32 °C (Meteoazul 2023).

### 3.8 Diseño

Para la presente investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar bifactorial (4 productos y 2 dosis), ejecutando tres repeticiones en un modelo de subparcelas completamente balanceadas y se lo expresó en porcentaje.

#### 3.8.1 Tratamientos



**Ilustración 3-1:** Tratamientos aplicados en campo

Realizado por: Zumba J.,2023.

En este estudio, se emplearon cuatro elicitors naturales: SaMe, Jame, AS y AO (**Ilustración 3-1**). Estos elicitors desencadenan respuestas fisiológicas en las plantas, activando mecanismos de defensa frente a diversos tipos de estrés. SaMe destaca por su papel crucial en la defensa contra plagas, mientras que JaMe contribuye a la recuperación de las plantas tras daños provocados por

herbívoros. AS regula el crecimiento y desarrollo, estimulando el crecimiento de las plantas, y AO actúa como regulador en la absorción de nutrientes, la producción de radicales libres y la respuesta al estrés oxidativo.

Es importante destacar que, en este estudio, se aplicaron diferentes dosis de estos elicitores naturales. SaMe y JaMe se administraron a una concentración de 0.1 mM, mientras que AS y AO se aplicaron a una concentración de 5 mM, como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 3-1:** Tratamientos aplicados al estudio

Producto	Dosis (mM)
Salicilato de metilo	0.1 mM
Ácido Salicílico	5 mM
Jasmonato de metilo	0.1 mM
Ácido Oxálico	5 mM
Testigo	0 mM

Realizado por: Zumba J., 2023.

### 3.8.2 Distribución de los tratamientos

La distribución de los tratamientos se realizó de manera aleatoria para los 3 bloques establecidos, dado que la parcela de investigación se encuentra dentro de un invernadero, las plantas ubicadas en los extremos no fueron consideradas en este proceso.

T2	T2	T2	T4	T4	T4	T5	T5	T5	<b>Tratamientos</b>	
T4	T4	T4	T3	T3	T3	T2	T2	T2		
T5	T5	T5	T2	T2	T2	T4	T4	T4	T2	Ácido Salicílico (5 mM)
T1	T1	T1	T5	T5	T5	T1	T1	T1	T3	Jasmonato de Metilo (0,1 mM)
T3	T3	T3	T1	T1	T1	T3	T3	T3	T4	Ácido Oxálico (5mM)
<b>BLOQUE 1</b>			<b>BLOQUE 2</b>			<b>BLOQUE 3</b>			T5	Testigo

**Ilustración 3-2:** Distribución de los tratamientos en campo

Realizado por: Zumba J., 2023.

### 3.9 Métodos

#### 3.9.1 Método de muestreo y manejo del ensayo

En el estudio se aplicó un método de muestreo completos al azar con 2 concentraciones, siendo la dosis 0,1 Mm para (SaMe y JaMe) y 5 Mm para (AS y AO) con 3 repeticiones aplicando 4 tratamientos. El ensayo se desarrolló dentro de un cultivo ya establecido de pitahaya amarilla, bajo condiciones de un invernadero específico.

#### 3.9.2 Área de estudio

El área de estudio es de forma rectangular, las dimensiones de esta parcela son de 46,80 metros de longitud y 36 metros de ancho, lo que permite establecer un espacio específico para llevar a cabo este estudio.

**Tabla 3-2:** Área delimitada para el desarrollo del proyecto

Área para el desarrollo del ensayo			
Parcela	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Parcela total	46.80	36	1.684
Parcela neta	33.80	36	1.216

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### 3.10 Técnicas e instrumentos de investigación empleadas

#### 3.10.1 Materiales, equipos e insumos

**Tabla 3-3:** Materiales, equipos e insumos de campo

Materiales	Equipos	Insumos
Libreta de campo	Calibrador	Salicilato de metilo
Marcadores	Crisol	Ácido Salicílico
Esferos	Escalímetro digital	Jasmonato de metilo
Letreros	Balanza analítica	Ácido oxálico
Tijeras	Cámara fotográfica	Fruto de pitahaya
Arandelas	GPS	Surfactante
Cartones	Multiparamétrico	
Rociador 2L	Refractómetro digital	

Gavetas	Texturómetro	
Vasos plásticos	Colorímetro	
	Titulador	
	Cromatógrafo de gases	
	Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	
	Computadora	

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### 3.10.2 Técnicas

En el diseño experimental, se optó por seleccionar 3 plantas de pitahaya amarilla en cada bloque de estudio, dando un total de 9 frutos evaluados por bloque. Esta recopilación de datos permitió llevar a cabo un análisis completo con un conjunto de 27 frutos para cada uno de los tratamientos: (SaMe, JaMe) a 0.1 Mm y (AO, AS) a 5 mM.

La aplicación de los tratamientos inició después de flor caída, para ello se establecieron intervalos de 15 días entre cada tratamiento, con el objetivo de permitir un período suficiente para observar y registrar las respuestas de los frutos a las diferentes sustancias aplicadas.

### 3.11 Métodos de evaluación de las variables

Para evaluar con precisión el impacto de los elicitores naturales en la pitahaya amarilla, se llevó a cabo mediciones previas a la aplicación de cada producto y otra posterior a la cosecha. Para las características químicas se realizó extractos de cáscara y cáscara a los 184 días después de la aparición floral.

### 3.12 Determinaciones analíticas

#### 3.12.1 Características físicas

##### 3.12.1.1 Diámetro polar y ecuatorial

Se llevó a cabo la medición del diámetro polar y ecuatorial de manera precisa en milímetros, comenzando desde la base del pedúnculo hasta la punta del ápice del fruto (**Ilustración 3-3**). Para esta tarea, se obtuvo un calibrador, y se midió un total de 27 frutos en cada grupo experimental.

Las mediciones se realizaron en momentos cruciales del ciclo de la pitahaya: a los días 57, 71, 86, 101 y 126 días después de la aparición del botón floral.



**Ilustración 3-3:** (a) Diámetro polar y (b) Diámetro ecuatorial de la fruta de pitahaya

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### 3.12.1.2 Peso

Empleando una balanza analítica Radwag WTC 2000, con una precisión de dos cifras decimales y un margen de error de  $\pm 0.01$ , se procedió a la selección y pesaje (en gramos) de nueve frutos correspondientes a cada tratamiento. Estos frutos fueron recolectados durante la cosecha, específicamente a los 126 días posteriores a la aparición del botón floral.



**Ilustración 3-4:** Balanza utilizada para el pesaje de los frutos

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### 3.12.1.3 Firmeza

Para evaluar la firmeza del fruto entero, se empleó un Texturómetro TX-XT2i (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido), como se muestra en la **Ilustración 3-9**. Este instrumento es apto para realizar ensayos de tracción, compresión y flexión, con una fuerza máxima de ensayo de 25 kN y una precisión media de 0,5-1%. El Texturómetro está conectado a un ordenador personal para el procesamiento de datos.

Durante las pruebas, se fijó la velocidad de descenso del disco a 20 mm/min, hasta alcanzar una deformación del 5%. Los resultados de las pruebas se expresan como la relación entre la fuerza necesaria para inducir la deformación mencionada y la distancia de dicha deformación, representada en  $N\cdot mm^{-1}$ .



**Ilustración 3-5:** Texturómetro para medir la firmeza del fruto

Realizado por: Zumba, J.,2023.

### 3.12.2 Características químicas

#### 3.12.2.1 Color

Para evaluar el color de los frutos, se empleó un colorímetro Minolta (CRC200, Minolta Camera Co., Kanagawa, Tokio, Japón) (**Ilustración 3-5**). Este dispositivo cuenta con una fuente de luz constante que proyecta luz sobre la muestra formando un anillo de 45 grados y la refleja verticalmente a través de filtros y fotografías correspondientes, proporcionando valores para los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Las pitahayas fueron cortadas en dos partes, y se realizaron tres lecturas aleatorias del color interno de la fruta. Las lecturas de todas las muestras fueron tomadas y combinadas para obtener una muestra homogénea.

Las coordenadas del sistema CIELab permiten correlacionar tres índices básicos que son fundamentales para describir cualquier percepción del color: luminosidad y cromaticidad (tono y saturación).

- El parámetro  $L^*$  (eje Y) indica la luminosidad del fruto y varía en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco).
- Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se utilizan para expresar la cromaticidad; donde  $a^*$  representa el eje que va desde colores verdes ( $-a^*$ ) hasta colores rojos ( $+a^*$ ) y  $b^*$  representa el eje que se extiende desde el color azul ( $-b^*$ ) hasta el color amarillo ( $+b^*$ ).

Los índices de croma y tono se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Hue} = \arctg(a^*/b^*)$$



**Ilustración 3-6:** (a) Medición externa y (b) medición interna

**Realizado por:** Zumba, J.,2023.



### 3.12.2.2 Sólidos solubles totales

La cuantificación de los sólidos solubles totales (%), o grados Brix, se llevó a cabo utilizando el jugo obtenido de las muestras de pitahaya, que se obtuvo mediante el corte, pelado y triturado de los arilos de las pitahayas muestreadas. La medición se realizó directamente mediante un refractómetro digital modelo (ATAGO PR-101, ATAGO Co., Ltd., Tokio, Japón) como se muestra en la **Ilustración 3-6**. Antes de cada medición, el refractómetro se calibro utilizando agua destilada a una temperatura de 20°C.

Todas las muestras se analizaron en duplicado, y los resultados se expresaron como gramos por kilogramo ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) en base a peso fresco (FW), y se calculó la media junto con el error estándar (SE) a partir de los datos recopilados en las tres repeticiones de cada bloque experimental.



**Ilustración 3-7:** Refractómetro digital

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### 3.12.2.3 Acidez total

La determinación de la acidez de los frutos se llevó a cabo utilizando 1 ml del jugo de pitahaya diluido en 25 ml de agua destilada el cual se tituló automáticamente mediante un titulador (modelo 785 DMP Titrino; Metrohm, Herisau, Suiza), tal como se muestra en la (**Ilustración 3-7**). Este procedimiento permitió obtener el pH inicial de la muestra, y posteriormente se procedió a la valoración utilizando NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH final de 8,1 por duplicado en cada replica. Los resultados de esta valoración, expresados en términos de mg equivalentes del ácido orgánico fueron calculados tomando en cuenta la media y el error estándar (SE).

$$\frac{\text{g de ácido málico}}{100 \text{ mL}} = \frac{6,7 * V1 * f * N}{P}$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH.

$V_1$  = volumen de NaOH 0.1 N utilizado en la valoración.

F = Factor del NaOH.

P = Peso de la muestra (g).



**Ilustración 3-8:** Titulador para medir la acidez total

Realizado por: Zumba, J.,2023.

#### 3.12.2.4 *Índice de madurez*

El índice de madurez, un indicador crucial del grado de madurez real de la fruta se determina mediante el cálculo del cociente entre los sólidos solubles (SST) y la acidez. La relación SST/acidez proporciona una medida integral que refleja la proporción de componentes dulces en comparación con la acidez presente en la fruta, ofreciendo así información valiosa sobre su estado de madurez.

#### 3.12.2.5 *Tasa de respiración*

Durante un el proceso de respiración, los tejidos vegetales consumen  $O_2$  y liberan  $CO_2$ . El metabolismo del fruto está estrechamente relacionado con la respiración. La medición de la actividad respiratoria se lleva a cabo mediante un sistema estático descrito por (Kader,1995) Para determinar el  $CO_2$  en este sistema estático, colocarnos individualmente los frutos enteros en un recipiente herméticamente cerrado durante un intervalo de tiempo específico. El gas generado como resultado de la respiración se acumula gradualmente en el interior del recipiente. La

cuantificación de la cantidad de gas producido se realiza al considerar el peso del producto, el volumen del recipiente y la concentración del gas después de un período determinado. Este cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{mg.CO2}{Kg * h} = \frac{(V - P) * 26400 * \text{área } CO2}{22,4 * P * T}$$

Donde:

V= volumen del recipiente (ml)

P= peso de la muestra (g)

Área CO<sub>2</sub>= área obtenida en el cromatógrafo

T= tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente (min)

La evaluación de la tasa de respiración se realizó a temperatura ambiente. Cada fruta de pitahaya se ubicó en un tarro de cristal de 0,5 litros durante un período de 30 minutos. Posteriormente, se extrajo una muestra de 1 ml de la atmósfera generada en el espacio de la cabeza del tarro. El contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en esta muestra se cuantificó mediante el uso de un cromatógrafo de gases modelo (Shimadzu, Kyoto, Japón), como se ilustra en la **Ilustración 3-8**. Los resultados de la tasa de respiración se expresaron en términos de miligramos de CO<sub>2</sub> por kilogramo de fruta por hora (mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>).



**Ilustración 3-9:** Cromatógrafo de gases

Realizado por: Zumba, J.,2023.

### 3.12.2.6 Fenoles y carotenoides

Los fenoles totales fueron extraídos y cuantificados según el método propuesto por ( Zapata et al. 2014), con pequeñas modificaciones en el cual se llevó a cabo mediante la homogeneización de 0.055g de cáscara congelado con 10 ml de metanol/agua, que contenía 2,0 mM de NaF. Este proceso se realizó utilizando un espectrofotómetro UV-VIS-1900, según se ilustra en la **Ilustración 3-10**.

Después de centrifugar los extractos a  $10.000 \times g$  y  $4^\circ\text{C}$  durante 10 minutos, se procedió a medir el contenido fenólico total (TPC) por duplicado mediante el uso del reactivo de Folin-Ciocalteu. La cantidad de fenoles totales se expresa como gramos de equivalente de ácido gálico (GAE) por kilogramo de peso fresco (FW), y se presenta como la media junto con el error estándar (SE) derivados de tres repeticiones independientes.

Para cuantificar el contenido de carotenoides, se emplearon los extractos derivados de la fase liposoluble. Se realizaron mediciones triplicadas de las muestras en celdas de cuarzo en un espectrofotómetro UV-VIS-190, según se ilustra en la **Ilustración 3-10** a una longitud de onda de 450 nm. Realizar las diluciones necesarias para que la absorbancia este comprendida entre 0,1-0,8. Los resultados obtenidos se expresaron en términos de miligramos de  $\beta$ -caroteno por cada 100 gramos de peso fresco de la muestra.



**Ilustración 3-10:** Espectrofotómetro para la obtención de fenoles

**Realizado por:** Zumba J.,2023.

### 3.12.2.7 Extracción de azúcares y ácidos orgánicos

Para la cuantificación de azúcares y ácidos orgánicos, se extrajeron 5 gramos de muestra de arilo de cada repetición utilizando 5 ml de agua de ácido fosfórico al 0,5%. El sobrenadante resultante se filtró a través de un filtro Millipore de 0,45  $\mu\text{m}$  y se introdujo en un sistema de cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) Hewlett-Packard serie 1100) a una velocidad de 0,5 ml por minuto, utilizando una columna (Supelcogel C-610H, 30 cm, 7,8 mm, Supelco Park, Bellefonte, PA, EE. UU.) También se utilizó frascos viales para la obtención de azúcares y ácidos orgánicos con se muestra en la (**Ilustración 3-12**).

La detección de los ácidos orgánicos se llevó a cabo a 210 nm de absorbancia, mientras que los azúcares se detectan mediante un detector de índice de refracción. La cuantificación se realizó utilizando curvas estándar preparadas con azúcares puros y ácidos orgánicos (Sigma-Aldrich, Alemania). Los resultados de estas mediciones se expresan como gramos por kilogramo de peso fresco ( $\text{g kg}^{-1}$  FW). Las muestras de arilos se almacenaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los resultados finales representaron la media junto con el error estándar (SE) derivados de tres repeticiones independientes.



**Ilustración 3-11:** HPCL para la obtención de azúcares y ácidos orgánicos

Realizado por: Zumba, J., 2023.

### **3.13 Análisis estadístico**

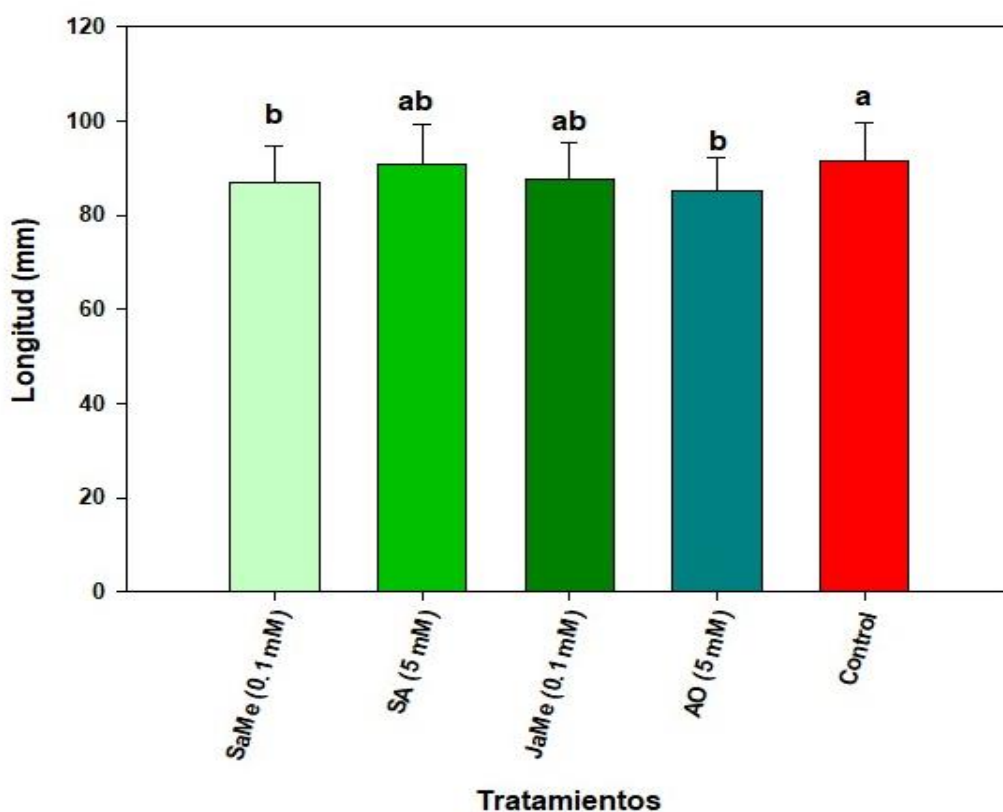
Se utilizó un diseño de subparcelas completamente balanceadas en este estudio. Todos los datos del documento se expresaron como la media  $\pm$  error estándar (SE) de tres repeticiones. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Las comparaciones de medias se realizaron utilizando una prueba de rango múltiple (prueba de Tukey) para encontrar diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). Todos los análisis se realizaron con el paquete de software SPSS versión 22 y para las gráficas se utilizó el programa SigmaPlot.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Diámetro

##### 4.1.1 Diámetro longitudinal



**Ilustración 4-1:** Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de apareamiento del botón floral

Realizado por: Zumba, J, 2023.

Según los resultados obtenidos, el análisis de varianza para la longitud de los frutos, evaluado a los 126 días después de la aparición del botón floral, revela que los distintos tratamientos no presentaron valores significativos. Para el grupo de control (T5), se registró una longitud de 91.340 mm. A continuación, el Ácido Salicílico (SA) con una concentración de 5 mM (T2), el Jasmonato de metilo (JaMe) en una concentración de 0.1 mM (T3), el Salicilato de metilo (SaMe) en una concentración de 0.1 mM (T1) y, finalmente, el Ácido oxálico (AO) en una concentración de 5 mM (T4), exhibieron longitudes de 90.691 mm, 87.438 mm, 86.859 mm y 84.979 mm,

respectivamente. Por lo tanto, no se observa diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en cuanto a la longitud de onda.

**Tabla 4-1:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 57 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	134	5184,27			
U. Experimental	14	1025,01			
Repetición	2	128,34	64,17	0,67	0,54
Tratamiento	4	130,96	32,74	0,34	0,84
E. Experimental	8	765,72	95,71	2,76	0,01
E. Muestral	120	4159,25	34,66		
Media			62,97		
CV %			9,35		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba J, 2023.

**Tabla 4-2:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T1 R1	61,44	b
T4 R1	62,39	b
T5 R1	63,31	ab
T3 R1	63,38	ab
T2 R1	64,34	a

**Realizado por:** Zumba J, 2023.

Según los resultados obtenidos, al analizar la varianza del diámetro longitudinal a los 57 días después de que apareció el botón floral, se observó que el tratamiento Ácido Salicílico (SA) con una concentración de 5 mM (T2), registró una longitud de 64,34 mm. Este valor muestra diferencias notables en comparación con los demás tratamientos, especialmente en comparación con el Ácido oxálico (AO) en una dosis de 5 mM (T4) y el Salicilato de metilo (SaMe) en una concentración de 0.1 mM (T1), los cuales mostraron valores de 62.39 mm y 61.44mm respectivamente como se muestra en la Tabla 4-2.



**Tabla 4-3:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 71 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	134	15409,95			
U. Experimental	14	3210,46			
Repetición	2	1722,40	861,20	7,76	0,01
Tratamiento	4	599,92	149,98	1,35	0,33
E. Experimental	8	888,14	111,02	1,09	0,37
E. Muestral	120	12199,49	101,66		
Media			79,62		
CV %			12,66		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba J, 2023.

**Tabla 4-4:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T3 R1	77,54	a
T4 R1	77,94	a
T1 R1	79,01	a
T2 R1	80,20	a
T5 R1	83,41	a

**Realizado por:** Zumba, J, 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño longitudinal a los 71 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa en los diferentes tratamientos, como se indica en la Tabla 4-4. Esto sugiere que los tratamientos no tuvieron un impacto notable en el tamaño de los frutos en este período de tiempo.

**Tabla 4-5:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 86 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	129	31311,55			
U. Experimental	14	8306,92			
Repetición	2	5474,88	2737,44	12,68	0,00
Tratamiento	4	1104,98	276,24	1,28	0,35
E. Experimental	8	1727,06	215,88	1,08	0,38
E. Muestral	115	23004,63	200,04		
Media			90,39		
CV %			15,65		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

**Realizado por:** Zumba, J, 2023.

**Tabla 4-6:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	87,25	a
T1 R1	88,00	a
T3 R1	89,57	a
T2 R1	92,11	a
T5 R1	95,16	a

**Realizado por:** Zumba, J, 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño longitudinal a los 86 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa en los diferentes tratamientos, como se indica en la Tabla 4-6. Esto sugiere que los tratamientos no tuvieron un impacto notable en el tamaño de los frutos en este período de tiempo.

**Tabla 4-7:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 101 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	126	42048,44			
U. Experimental	14	10917,69			
Repetición	2	5276,75	2638,38	6,44	0,02
Tratamiento	4	2362,61	590,65	1,44	0,31
E. Experimental	8	3278,32	409,79	1,47	0,17
E. Muestral	112	31130,75	277,95		
Media			100,07		
CV %			16,66		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

Realizado por: Zumba, J., 2023.

**Tabla 4-8:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	93,25	a
T1R1	98,47	a
T3 R1	100,00	a
T2 R1	104,14	a
T5 R1	104,98	a

Realizado por: Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño longitudinal a los 101 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa en los diferentes tratamientos, como se indica en la Tabla 4-8. Esto sugiere que los tratamientos no tuvieron un impacto notable en el tamaño de los frutos en este período de tiempo.

**Tabla 4-9:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 126 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	114	10454,73			
U. Experimental	14	2894,67			
Repetición	2	788,85	394,43	2,81	0,12
Tratamiento	4	981,14	245,29	1,74	0,23
E. Experimental	8	1124,67	140,58	1,86	0,07
E. Muestral	100	7560,06	75,60		
Media			108,11		
CV %			8,04		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

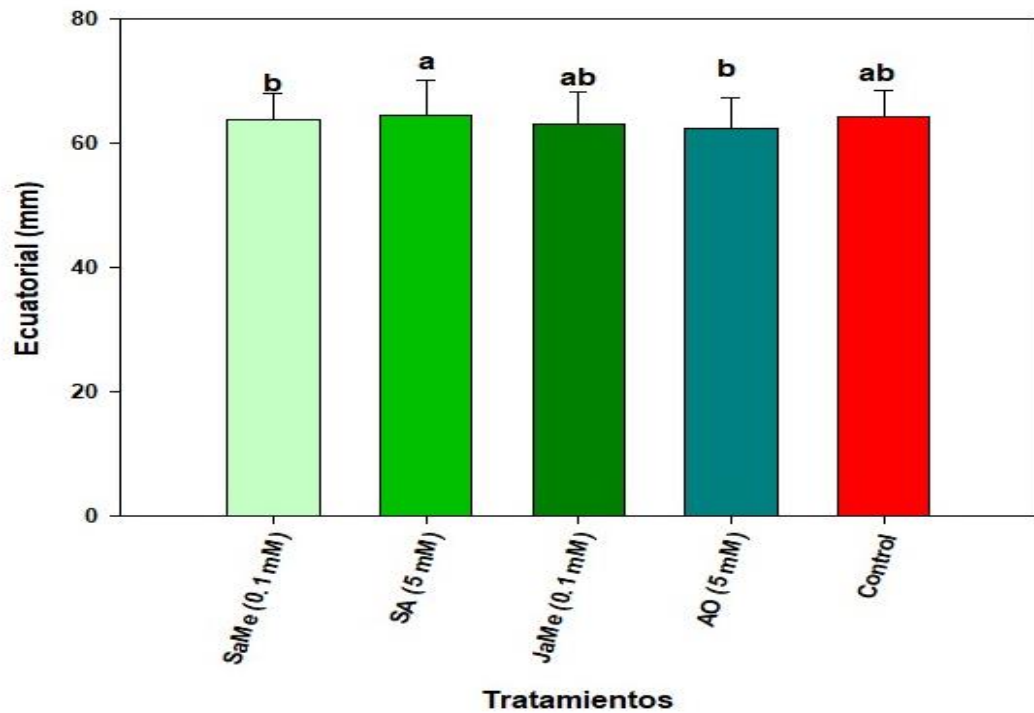
**Tabla 4-10:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	104,06	a
T3 R1	106,70	a
T1R1	107,38	a
T5 R1	109,84	a
T2 R1	112,68	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño longitudinal a los 126 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa en los diferentes tratamientos, como se indica en la Tabla 4-10. Esto sugiere que los tratamientos no tuvieron un impacto notable en el tamaño de los frutos en este período de tiempo.

#### 4.1.2 Diámetro ecuatorial



**Ilustración 4-2:** Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para el diámetro ecuatorial de los frutos, evaluados 126 días después de la aparición del botón floral, revelan que los distintos tratamientos no mostraron valores significativos. El Ácido Salicílico (SA) con una concentración de 5 mM (T2) exhibió resultados de 64.447 mm, seguido por el tratamiento control (T5), el Salicilato de metilo (SaMe) en una concentración de 0.1 mM (T1), el Jasmonato de metilo (JaMe) en una concentración de 0.1 mM (T3), y finalmente, el Ácido oxálico (AO) en una concentración de 5 mM (T4), registraron valores de 64.341 mm, 63.786 mm, 63.169 mm y 62.471 mm, respectivamente. En consecuencia, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en cuanto al diámetro ecuatorial.

**Tabla 4-11:** ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 57 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	134	2010,84			
U. Experimental	14	211,53			
Repetición	2	57,70	28,85	1,86	0,22
Tratamiento	4	29,83	7,46	0,48	0,75
E. Experimental	8	124,00	15,50	1,03	0,41
E. Muestral	120	1799,31	14,99		
Media			46,67		
CV %			8,30		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

**Tabla 4-12:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T2 R1	46,23	a
T1R1	46,24	a
T3 R1	46,76	a
T4 R1	47,51	a
T5 R1	46,59	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño ecuatorial a los 57 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa de los distintos tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 4-11. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las dimensiones de los frutos durante este período.

**Tabla 4-13:** ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 71 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	134	7777,52			
U. Experimental	14	1102,30			
Repetición	2	532,73	266,37	6,57	0,02
Tratamiento	4	245,07	61,27	1,51	0,29
E. Experimental	8	324,49	40,56	0,73	0,67
E. Muestral	120	6675,22	55,63		
Media			59,02		
CV %			12,64		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

**Tabla 4-14:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	56,91	a
T3 R1	58,00	a
T2 R1	59,67	a
T1R1	59,98	a
T5 R1	60,52	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño ecuatorial a los 71 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa de los distintos tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 4-15. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las dimensiones de los frutos durante este período.

**Tabla 4-15:** ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 86 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	129	12283,97			
U. Experimental	14	1967,98			
Repetición	2	1543,28	771,64	28,89	0,00
Tratamiento	4	211,03	52,76	1,98	0,19
E. Experimental	8	213,67	26,71	0,30	0,97
E. Muestral	115	10315,98	89,70		
Media			64,53		
CV %			14,68		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

**Tabla 4-16:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	62,60	A
T2 R1	63,91	a
T3 R1	64,54	a
T1R1	65,32	a
T5 R1	66,32	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño ecuatorial a los 86 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa de los distintos tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 4-16. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las dimensiones de los frutos durante este período.



**Tabla 4-17:** ANOVA. Diámetro ecuatorial de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 101 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	126	14481,83			
U. Experimental	14	3392,05			
Repetición	2	2381,94	1190,97	11,98	0,00
Tratamiento	4	214,94	53,73	0,54	0,71
E. Experimental	8	795,18	99,40	1,00	0,44
E. Muestral	112	11089,78	99,02		
Media			71,54		
CV %			13,91		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

**Tabla 4-18:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T4 R1	69,72	a
T1R1	70,91	a
T3 R1	71,78	a
T5 R1	71,86	a
T2 R1	73,65	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados, en el análisis de la variabilidad en el tamaño ecuatorial a los 101 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa de los distintos tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 4-19. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las dimensiones de los frutos durante este período.

**Tabla 4-19:** ANOVA. Medición de la longitud de los frutos de pitahaya amarilla, realizada a los 126 días después de que apareció el botón floral

Fuente de variación	GL	S. Cuad.	C. Medio	V.Fisher	V. Prob.
Total	114	4197,82			
U. Experimental	14	569,65			
Repetición	2	158,13	79,07	2,95	0,11
Tratamiento	4	196,94	49,24	1,84	0,22
E. Experimental	8	214,57	26,82	0,74	0,66
E. Muestral	100	3628,18	36,28		
Media			7,88		
CV %			76,41		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

Realizado por: Zumba, J., 2023.

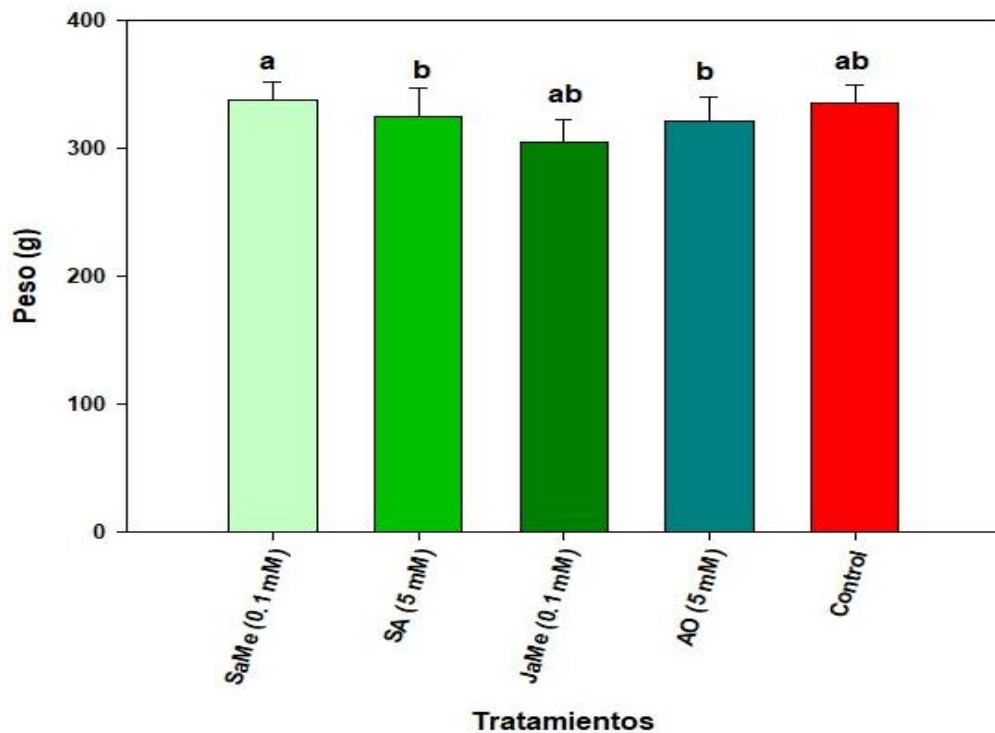
**Tabla 4-20:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamiento	Media	Grupo
T3 R1	74,76	ab
T4 R1	75,61	b
T5 R1	76,41	ab
T1R1	76,48	b
T2 R1	78,78	a

Realizado por: Zumba J, 2023.

Según los resultados obtenidos, al analizar la varianza del diámetro ecuatorial a los 126 días después de que apareció el botón floral, se observó que el tratamiento T2R1 registró una longitud de 78,78 mm. Este valor muestra diferencias notables en comparación con los demás tratamientos, especialmente en comparación con T4R1 y T1R1, como se muestra en la Tabla 4-20.

### 4.1.3 *Peso*



**Ilustración 4-3:** Peso de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los: 57, 71, 86, 101 y 126 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba J, 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para el peso de los frutos, evaluados a los 126 días después de la aparición del botón floral, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Los resultados obtenidos muestran que el peso promedio de los frutos fue de (338.12 mm) para el tratamiento con Salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0.1 mM, seguido por el tratamiento control (335.46 mm), el Ácido Salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (324.93 mm), el Ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (321.47 mm) y el Jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0.1 mM (304.59 mm). Por lo tanto, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en cuanto al peso entre los frutos de pitahaya.

**Tabla 4-21:** ANOVA. Peso de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 126 días después de que apareció el botón floral

F. Var	gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	Prob.
Total	117	874327,36			
U. Exp.	14	195065,64			
Repet.	2	91925,31	45962,66	4,23	0,06
Tratam.	4	16153,32	4038,33	0,37	0,82
E. Experm.	8	86987,00	10873,38	1,65	0,12
E. Muestral	103	679261,72	6594,77		
CV %			24,97		
Media			325,23		

Diferencias significativas \*( $p < 0.05$ ), diferencias altamente significativas \*\*( $p < 0.05$ ), ns: no significativo ( $p > 0.05$ ).

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

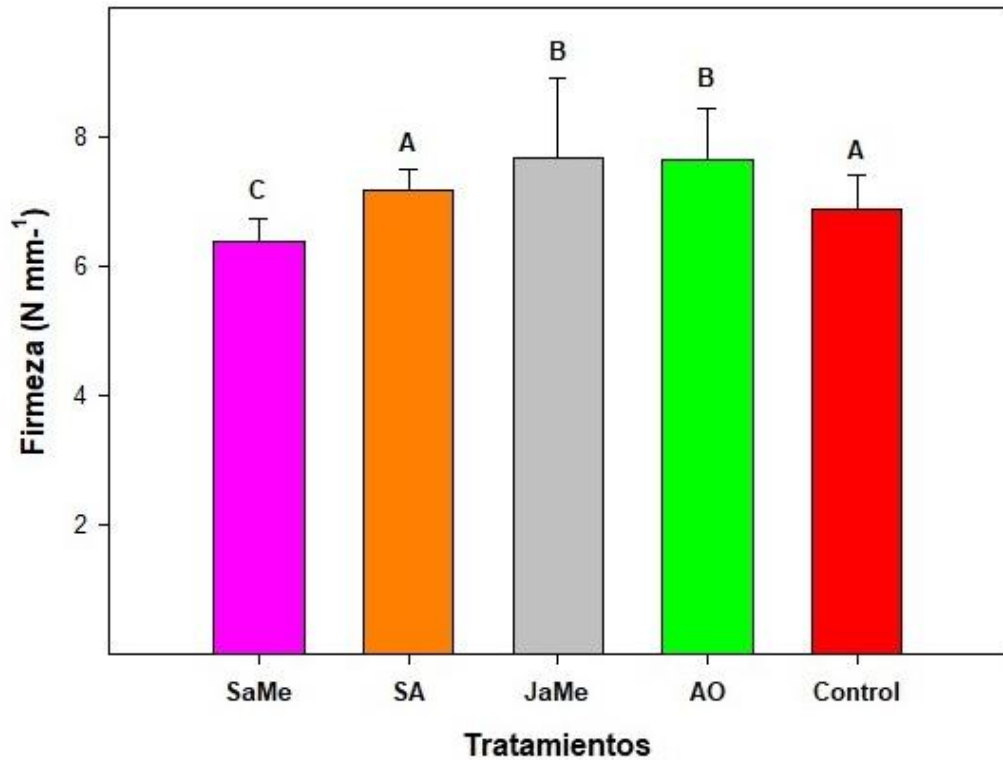
**Tabla 4-22:** Separación de medidas según Tukey ( $p < 0.05$ )

Tratamientos	Media	Grupo
T3 R1	304,59	a
T4 R1	321,47	a
T2 R1	324,93	a
T5 R1	335,46	a
T1R1	338,12	a

**Realizado por:** Zumba, J., 2023.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el análisis de varianza para el peso del fruto evaluado a los 126 días desde la aparición del botón floral, no se obtuvo una influencia significativa de los distintos tratamientos, tal como se detalla en la Tabla 4.22. Esto indica que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las dimensiones ecuatoriales de los frutos durante este período.

#### 4.1.4 Firmeza



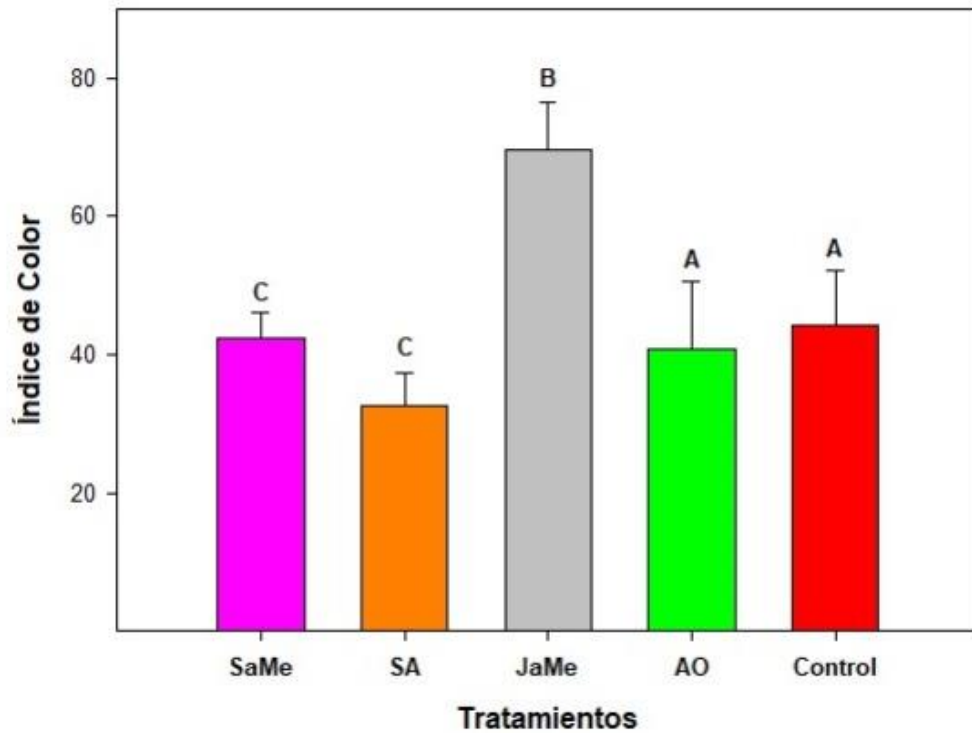
**Ilustración 4-4:** Contenido de Firmeza, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

El análisis de varianza para la firmeza de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral reveló diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Los tratamientos con jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) y ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) presentaron mayores valores de firmeza, con 7,68 N/mm y 7,64 N/mm, respectivamente. Seguido del ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2), tratamiento control (T5) y salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) los cuales presentaron valores de 7.17, 6.89 y 6.39 N\*mm.

Estos resultados sugieren que los tratamientos con jasmonato de metilo y ácido oxálico pueden ser eficaces para aumentar la firmeza de los frutos de pitahaya dado que los frutos firmes son más resistentes a daños físicos y tienen una vida útil más prolongada.

#### 4.1.5 Color

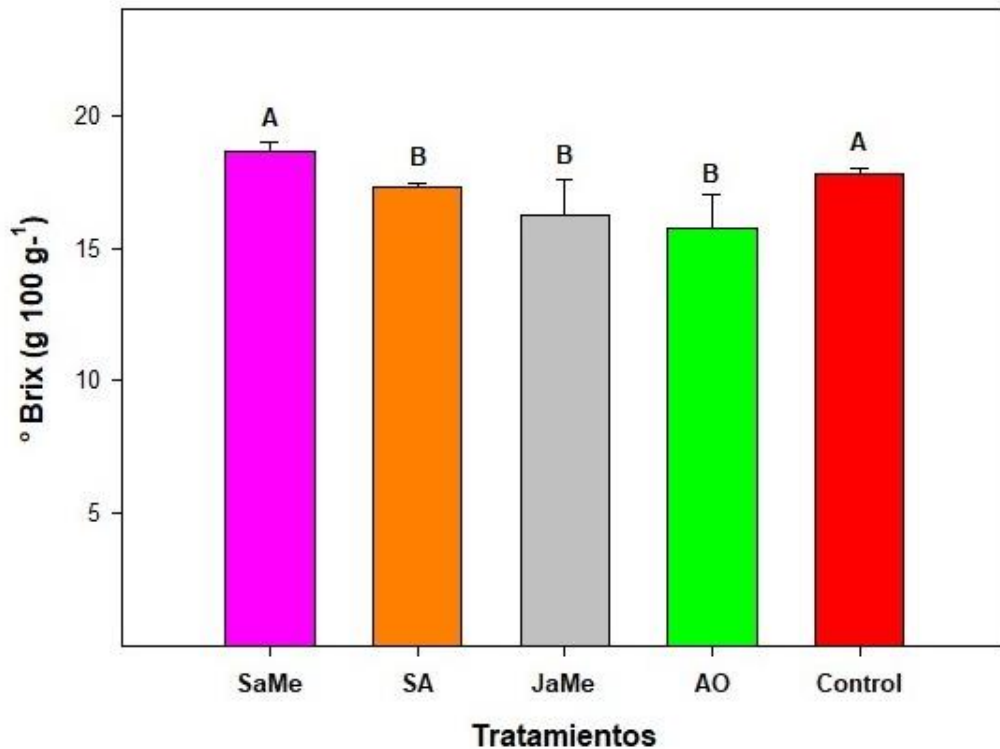


**Ilustración 4-5:** Contenido de Firmeza, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Tras el análisis de varianza para el contenido de color de los frutos de pitahaya a los 184 días posteriores a la aparición del botón floral, se revelaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento con jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) mostró el mayor contenido de color, con un valor de 69,64. El tratamiento control (T5) obtuvo un valor de 44,29. Por otro lado, los tratamientos con salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) y ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2) presentaron valores de 42,47 y 32,51, respectivamente. Estos resultados sugieren que el jasmonato de metilo podría ser un tratamiento eficaz para aumentar el contenido de color de los frutos de pitahaya.

#### 4.1.6 Sólidos solubles totales

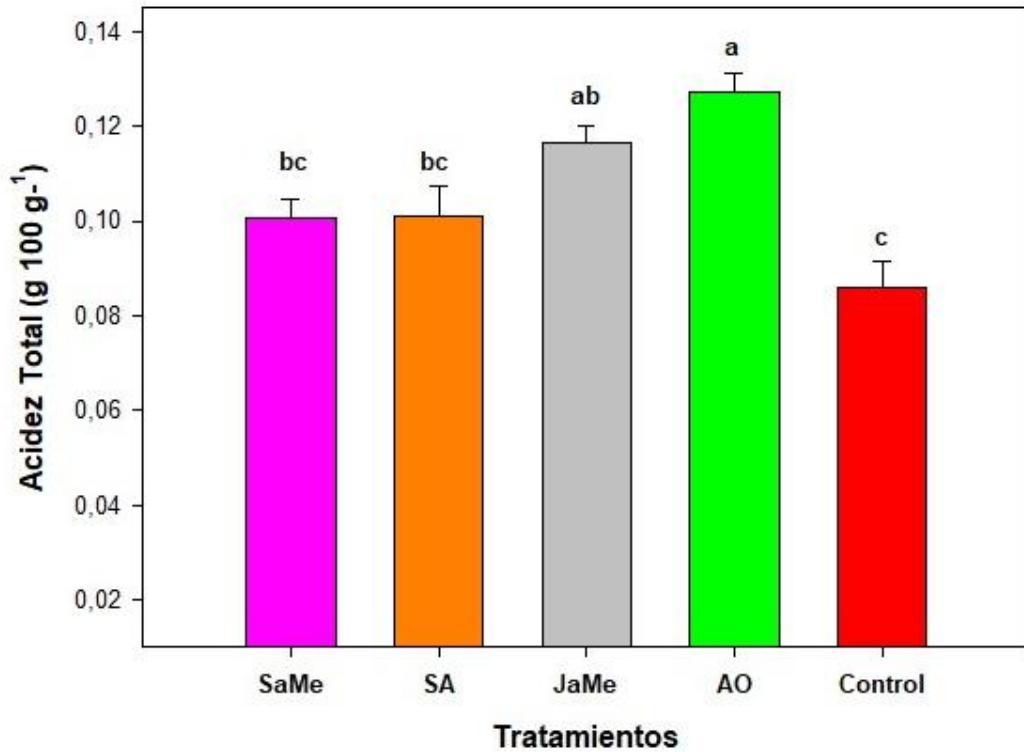


**Ilustración 4-6:** Contenido de SST, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles totales (SST) de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento con salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) presentó el mayor contenido de SST, con un valor de 18,66 °Brix. Los tratamientos como el control (T5), el ácido salicílico (SA) en una dosis de 5 mM (T2), el jasmonato de metilo (JaMe) en una dosis de 0.1 mM (T3) y el ácido oxálico (AO) en una dosis de 5 mM (T4), presentaron valores de 17.30, 16.22 y 15.72 °Brix, respectivamente. Estos resultados sugieren que el salicilato de metilo puede ser un tratamiento eficaz para aumentar el contenido de SST de los frutos de pitahaya.

#### 4.1.7 Acidez total



**Ilustración 4-7:** Contenido de AT, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.

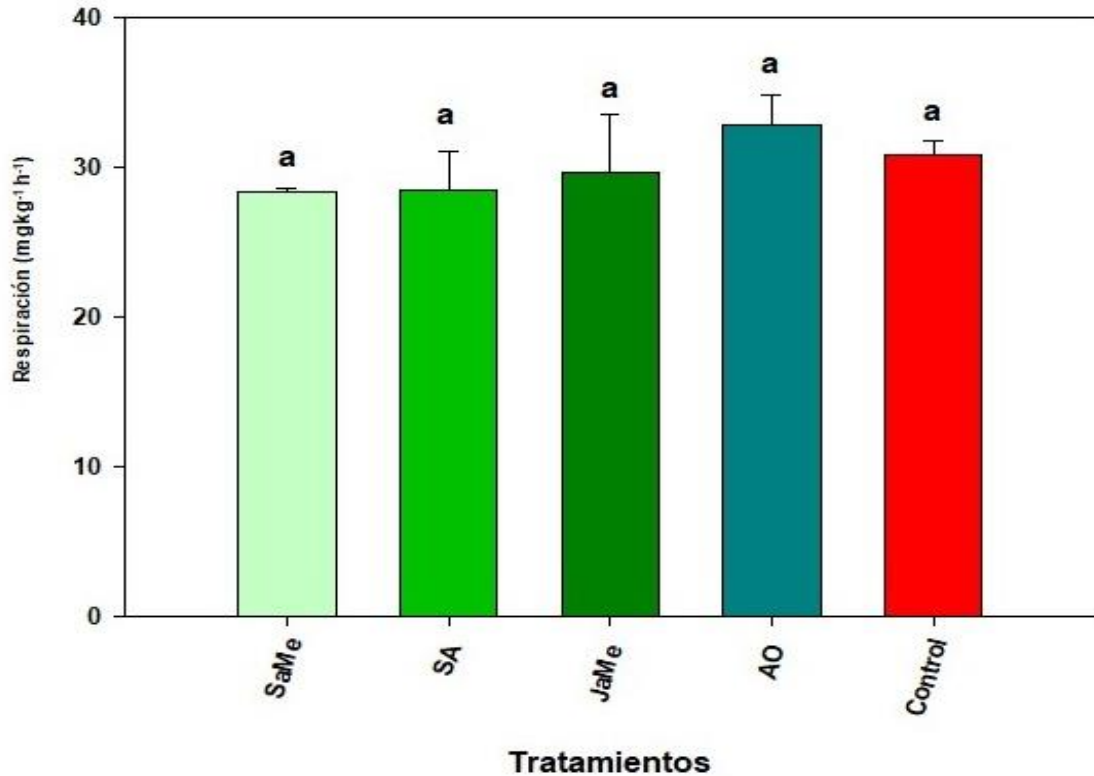
Realizado por: Zumba, J., 2023.

Se presentó el contenido de acidez total más alto en frutos de pitahaya con 0.1272 mg/kg-1\*h-1, a los 184 días después de la aparición del botón floral. Esto significa que el ácido oxálico a esta concentración incrementó la acidez total de los frutos de pitahaya en un 27.2% con respecto al control. Los otros tratamientos también tuvieron un efecto positivo en el contenido de acidez total, pero en menor grado. El jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3), el ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2), el salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) y el tratamiento control (T5), presentaron valores de 0.1166, 0.1010, 0.1007 y 0.0861 mg/kg-1\*h-1 respectivamente. Estos resultados sugieren que el ácido oxálico, el jasmonato de metilo, el ácido salicílico y el salicilato de metilo pueden ser utilizados para incrementar el contenido de acidez total de los frutos de pitahaya.



#### 4.1.8 Tasa de respiración

##### 4.1.8.1 CO<sub>2</sub>

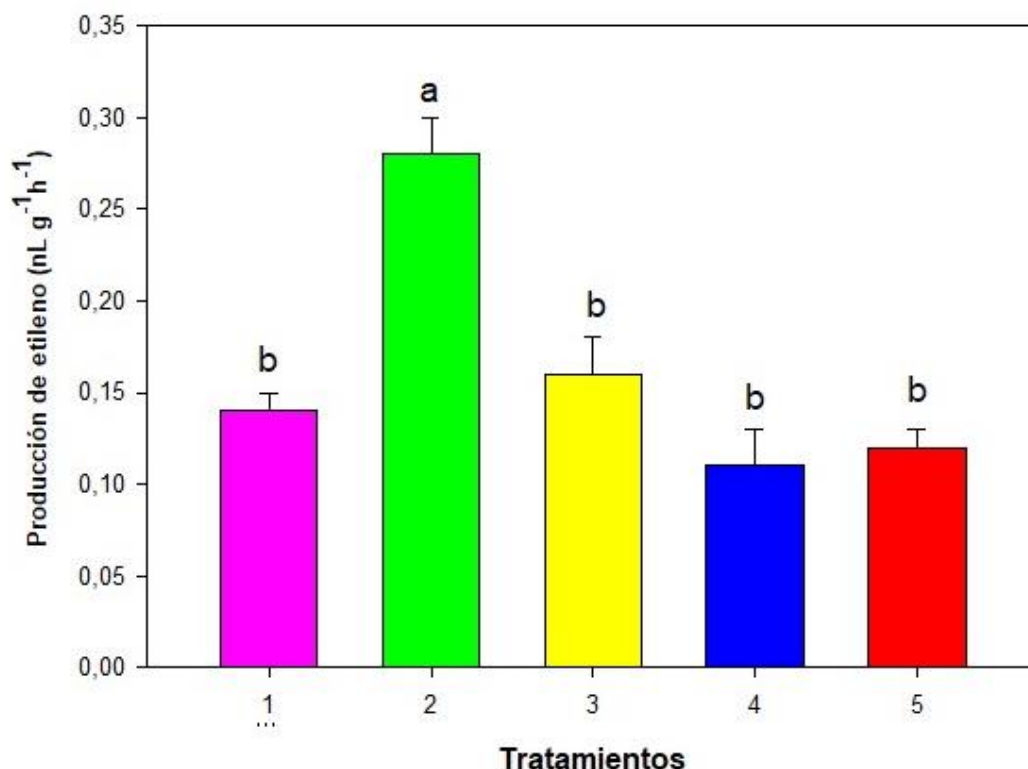


**Ilustración 4-8:** Contenido de CO<sub>2</sub> en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de CO<sub>2</sub> de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento ácido oxálico (AO) mostro un valor de 32.79 mg/kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>, mientras que los tratamientos como el control (T5), el jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2) y el salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) presentaron valores de 30.89, 29.63, 28.45 y 28.41 32.79 mg/kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup> respectivamente. El contenido de CO<sub>2</sub> es un indicador de la respiración de los frutos. Los frutos que respiran más tienen una mayor tasa de metabolismo y, por lo tanto, son más propensos a madurar y deteriorarse rápidamente.

#### 4.1.8.2 Producción de etileno



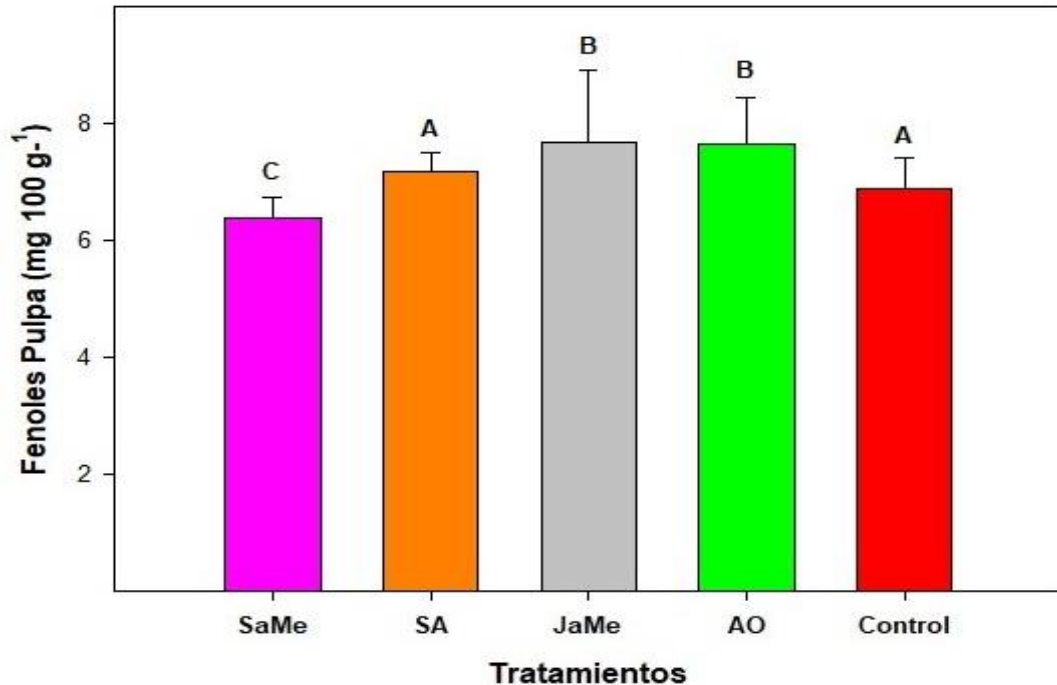
**Ilustración 4-9:** Producción de etileno en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral.

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de fenoles de pulpa de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento con ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2) fue el más efectivo, con un valor de 12.46 nL/ g<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>. Por otro lado, el jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) y el ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) obtuvieron un valor de 11.42 mg\*100 g, mientras que el tratamiento control (T5) y el salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) presentaron valores de 10.89 y 9.51 nL/ g<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>, respectivamente. Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa sobre los efectos de los diferentes tratamientos en el contenido de fenoles de pulpa de los frutos de pitahaya. Esta información podría ser útil para los productores de pitahaya que buscan mejorar la calidad y el valor nutricional de sus frutos.

#### 4.1.9 Fenoles

##### 4.1.9.1 Fenoles de pulpa

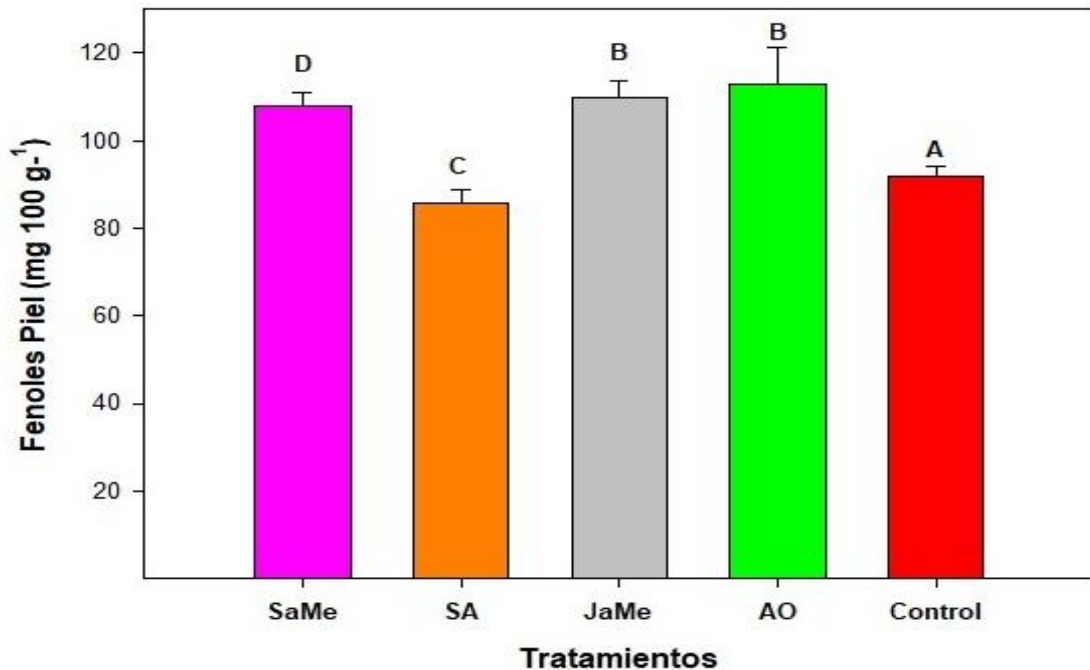


**Ilustración 4-10:** Contenido de fenoles de pulpa, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de fenoles de pulpa de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento con ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2) fue el más efectivo, con un valor de 12.46 mg\*100 g. Por otro lado, el jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) y el ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) obtuvieron un valor de 11.42 mg\*100 g, mientras que el tratamiento control (T5) y el salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) presentaron valores de 10.89 y 9.51mg\*100 g, respectivamente. Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa sobre los efectos de los diferentes tratamientos en el contenido de fenoles de pulpa de los frutos de pitahaya. Esta información podría ser útil para los productores de pitahaya que buscan mejorar la calidad y el valor nutricional de sus frutos.

#### 4.1.9.2 Fenoles de cáscara



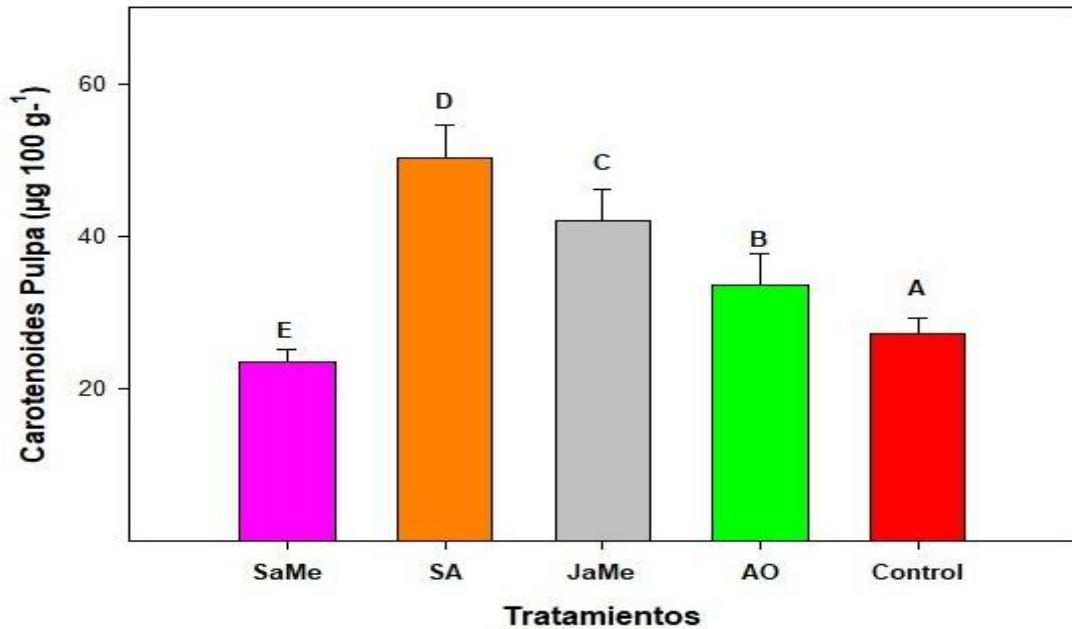
**Ilustración 4-11:** Contenido de fenoles en la cáscara, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de fenoles de cáscara de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento con ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) fue el más efectivo, con un valor de 112,6803 mg\*100 g. Los tratamientos con jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3), salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1), tratamiento control (T5) y ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2) presentaron valores de 109,639 mg100 g, 107,844 mg100 g, 91,82 mg100 g y 85,66 mg\*100 g, respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el ácido oxálico a 5 mM (T4) puede ser un tratamiento eficaz para aumentar el contenido de fenoles de cáscara de los frutos de pitahaya.

#### 4.1.10 Carotenoides

##### 4.1.10.1 Carotenoides de pulpa

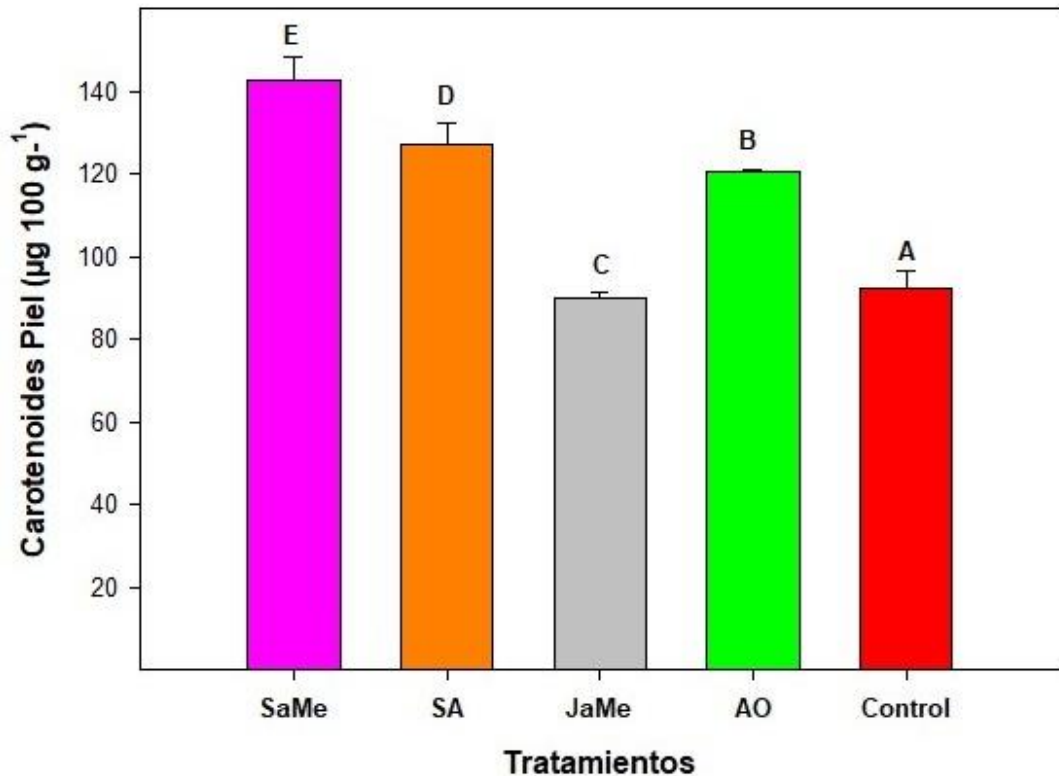


**Ilustración 4-12:** Contenido de carotenoides de pulpa, en los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba J, 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de carotenoides de pulpa de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento con ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2), fue el más efectivo, con un valor de  $50.33 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}$ . Por otro lado, el jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3), el ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) y el salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1), presentaron valores de 41.94, 33.56, 27.26 y  $23.59 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}$ , respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el ácido salicílico a una concentración de 5 mM (T2) puede ser un tratamiento eficaz para aumentar el contenido de carotenoides de pulpa de los frutos de pitahaya.

#### 4.1.10.2 Carotenoides de cáscara



**Ilustración 4-13:** Contenido de carotenoides en la cáscara de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Realizado por: Zumba J, 2023.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de carotenoides de cáscara de los frutos de pitahaya a los 184 días después de la aparición del botón floral revelaron que el tratamiento con

salicilato de metilo (SaMe) a una concentración de 0,1 mM (T1) fue el más efectivo, con un valor de 142.82 µg\*100 g. Por otro lado, el ácido salicílico (SA) a una concentración de 5 mM (T2), el ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) y el jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) presentaron valores de 127.30, 120.38, 92.49 y 89.97 µg\*100 g, respectivamente. Los resultados de este estudio sugieren que el salicilato de metilo a una concentración de 0,1 mM (T1) puede ser un tratamiento eficaz para aumentar el contenido de carotenoides de cáscara de los frutos de pitahaya.

#### 4.1.11 Macro y microelementos

##### 4.1.11.1 Macrominerales

**Tabla 4-23:** Contenido de macrominerales, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Macrominerales	SaMe (0.1 Mm)	SA (5 Mm)	JaMe (0.1 Mm)	AO (5 Mm)	Control
Ca	8,75 a	9,49 a	7,38 a	11,58 a	6,51 a
Mg	4,67 a	4,16 a	3,41 a	4,32 a	3,41 a
P	10,52 a	13,39 a	12,73 a	11,87 a	11,36 a
K	50,12 a	44,75 b	46,16 b	49,88 a	41,41 a

Letras iguales horizontalmente no difieren significativamente según DUNCAN ( $p>0,05$ )

Realizado por: Zumba, J., 2023.

El análisis de varianza realizado para los macrominerales, evaluado a los 184 días después de la aparición del botón floral, reveló datos significativos sobre la influencia de diferentes tratamientos en la absorción de calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y potasio (K) en la pitahaya.

Destaca, en particular, que el tratamiento más efectivo para el calcio (Ca) fue la aplicación de ácido oxálico (AO) con una concentración de 5 mM (T4), evidenciando un contenido de 11.58 mg/kg. A continuación, se ubicaron el Ácido Salicílico (SA) en una dosis de 5 mM (T2), el salicilato de metilo (SaMe) con 0.1 mM (T1), y el jasmonato de metilo (JaMe) con una concentración de 0.1 mM (T3), registrando valores de Ca de 9.49 mg/kg, 8.75 mg/kg y 7.38 mg/kg respectivamente. Estos resultados demostraron una mejora significativa con respecto al tratamiento de control (T5), que presentó un valor de 6.51 mg/kg.

En cuanto al magnesio (Mg), se evidenció que el salicilato de metilo (SaMe) fue el tratamiento más efectivo, mostrando un contenido de 4.67 mg/kg, seguido por el ácido oxálico (AO) y el ácido salicílico (SA), con valores de 4.32 mg/kg y 4.16 mg/kg. Sin embargo, el jasmonato de metilo (JaMe) y el tratamiento control obtuvieron un valor de 3.41 mg/kg.

Para el fósforo (P), el tratamiento más eficaz resultó ser el ácido salicílico (SA), con un contenido de 13.39 mg/kg, seguido por el jasmonato de metilo (JaMe), ácido oxálico (AO) y salicilato de metilo (SaMe) con valores de 12.73 mg/kg, 11.87 mg/kg y 10.52 mg/kg respectivamente. Sin embargo, el tratamiento de control (T5) superó al SaMe con un valor de 11.36 mg/kg.

Por último, en relación con el potasio (K), se observó que el salicilato de metilo (SaMe) fue el tratamiento más eficaz, mostrando un contenido de 50.12 mg/kg, seguido por el ácido oxálico (AO), el jasmonato de metilo (JaMe) y el ácido salicílico (SA) con valores de 49.88 mg/kg, 46.16 y 44.75 mg/kg. Estos resultados demostraron una mejora significativa con respecto al tratamiento de control (T5), que presentó un valor de 41.41 mg/kg.

#### 4.1.11.2 Micronutrientes

**Tabla 4-24:** Contenido de micronutrientes, de los frutos de pitahaya amarilla, evaluado a los 184 días después de que apareció el botón floral

Micronutrientes	SaMe (0.1 Mm)	SA (5 mM)	JaMe (0.1 Mm)	AO (5 mM)	Control
Na	0,25 b	0,29 a	0,32 a	0,29 a	0,20 ab
Fe	0,040 ab	0,037 ab	0,043 a	0,032 b	0,033 ab
Mn	0,02 ab	0,021 a	0,014 c	0,15 c	0,012 b
Zn	0,04 a	0,042 a	0,05 a	0,05 a	0,03 a
Cu	0,0031 b	0,01 a	0,0046 ab	0,0042 b	0,0025 b

Letras iguales horizontalmente no difieren significativamente según DUNCAN ( $p > 0,05$ )

Realizado por: Zumba, J., 2023.

Con base en los resultados obtenidos, el análisis de varianza para los micronutrientes, evaluado a los 184 días después de la aparición del botón floral, ha arrojado datos reveladores sobre la influencia de diferentes tratamientos en la absorción de sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn) en la pitahaya.

En particular, se destaca que el tratamiento más efectivo para el sodio (Na) fue el jasmonato de metilo (JaMe) con una concentración de 0.1 mM (T3), mostro un contenido de 0.320 mg/kg. A continuación, se ubicaron el ácido salicílico (SA) en una dosis de 5 mM (T2), el ácido oxálico (AO) con 5 mM (T4) y el salicilato de metilo (SaMe) con 0.1 mM (T1), registrando valores de Na de 0.29 mg/kg, 0.288 mg/kg y 0.25 mg/kg respectivamente. Estos resultados superaron significativamente al tratamiento de control (T5), el cual obtuvo un valor de 0.20 mg/kg.

En cuanto al hierro (Fe), se observó que el jasmonato de metilo (JaMe) fue el tratamiento más efectivo, mostrando un contenido de 0.043 mg/kg, seguido por el salicilato de metilo (SaMe), el ácido salicílico (SA) y el ácido oxálico (AO), con valores de 0.040 mg/kg, 0.037 mg/kg y 0.032 mg/kg respectivamente. Sin embargo, el tratamiento control supero al ácido oxálico (AO) con un valor de 0.033 mg/kg.



Por otra parte, en el manganeso (Mn), se observó que el ácido salicílico (SA) fue el tratamiento más efectivo, mostrando un contenido de 0.021 mg/kg, seguido por el salicilato de metilo (SaMe), el ácido oxálico (AO) y el jasmonato de metilo (JaMe), con valores de 0.015mg/kg, 0.0147 mg/kg y 0.0139 mg/kg respectivamente. Todos estos valores superaron al tratamiento de control (T5), que obtuvo un valor de 0.012 mg/kg.

En el caso del zinc (Zn), se observó que el jasmonato de metilo (JaMe) mostró un contenido de 0.049 mg/kg, seguido por el ácido oxálico (AO), el ácido salicílico (SA) y el salicilato de metilo (SaMe) con valores de 0.045 mg/kg, 0.042 mg/kg y 0.036 mg/kg respectivamente. Todos estos valores superaron al tratamiento de control (T5), que obtuvo un valor de 0.027 mg/kg.

por último, en relación con el cobre (Cu), el tratamiento más eficaz fue el ácido salicílico (SA), que mostró un contenido de 0.0059 mg/kg, seguido por jasmonato de metilo (JaMe), ácido oxálico (AO) y el salicilato de metilo (SaMe), con valores de 0.0046 mg/kg, 0.0042 mg/kg y 0.0031mg/kg respectivamente. Todos estos valores superaron al tratamiento de control (T5), que obtuvo un valor de 0.0025 mg/kg.

## **4.2 Discusión**

El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencias significativas en el diámetro polar y ecuatorial entre los tratamientos y el testigo aplicados a los frutos de pitahaya amarilla. Estos resultados sugieren que los elicitors naturales evaluados en este estudio no tuvieron un efecto significativo sobre el tamaño de los frutos de pitahaya amarilla. Los frutos de pitahaya amarilla tienen un diámetro ecuatorial de aproximadamente 82 mm y un diámetro longitudinal de aproximadamente 120 mm, según un estudio anterior realizado por (Sotomayor et al. 2019). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en el presente estudio, lo que sugiere que el tamaño de los frutos de pitahaya amarilla es relativamente uniforme, independientemente de los tratamientos aplicados.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) no mostraron diferencias significativas en el peso de los frutos de pitahaya entre los tratamientos y el control a los 126 días después de la aparición del botón floral. El peso promedio de los frutos fue de 338.11 g en los tratamientos y de 335,46 g en el control. Estos resultados sugieren que los elicitors naturales evaluados en este estudio no tuvieron un efecto significativo sobre el peso de los frutos de pitahaya. Estos resultados

son consistentes con los reportados por (Campos-rojas et al. 2011), quienes también observaron que el peso de los frutos de pitahaya no varió significativamente entre los tratamientos.

Los tratamientos con jasmonato de metilo (JaMe) a una concentración de 0,1 mM (T3) y ácido oxálico (AO) a una concentración de 5 mM (T4) incrementaron la firmeza de los frutos en un 11,7% y 11,4%, respectivamente, con respecto al control. Estos resultados son consistentes con los reportados por (Rudell, Fellman y Mattheis 2005), quienes observaron que el JaMe puede aumentar la firmeza de los frutos al incrementar el contenido de lignina. La lignina es un componente estructural de la pared celular que contribuye a la rigidez de los frutos. Asimismo, (Concha et al. 2013) reportaron que los tratamientos con JaMe disminuyen la expresión de genes involucrados en la codificación de pectinasas. Las pectinasas son enzimas que degradan la pectina, un componente de la pared celular que contribuye a la flexibilidad de los frutos. Por lo tanto, una menor expresión de estas enzimas podría contribuir a la mayor retención de la firmeza en los frutos tratados con JaMe.

El tratamiento con salicilato de metilo (SaMe) a una dosis de 0,1 mM (T1) incrementó el contenido de sólidos solubles totales (SST) de los frutos de pitahaya en un 7,2%, con respecto al testigo. Los SST son un parámetro de calidad importante en los frutos, ya que se correlacionan con la dulzura y el sabor de los frutos. Estos resultados son consistentes con los reportados por (Martínez et al. 2015), quienes observaron que el tratamiento con SaMe a una dosis de 1 mM (T1) también incrementó los SST de los frutos de cereza en un 7,2%, con respecto al testigo.

En el análisis de la acidez total en los frutos de pitahaya, se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento con ácido oxálico a una concentración de 5 mM presentó un valor de 0,12 g, mientras que el tratamiento control presentó un valor de 0,086 g. Estos resultados contrastan con los reportados por (Birza, Guillen y García 2018), quienes observaron que la aplicación de ácido oxálico a una concentración de 10 mM en la fruta de granada no produjo diferencias significativas en la acidez total. Las diferencias en los resultados entre los dos estudios podrían deberse a la diferente concentración de ácido oxálico utilizada. En el estudio con pitahaya, la concentración de ácido oxálico fue de 5 mM, mientras que en el estudio con granada fue de 10 mM. Es posible que, a una concentración más baja, el ácido oxálico tenga un efecto más pronunciado en la acidez total de los frutos.

### **4.3 Comprobación de la hipótesis**

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) mostraron que los tratamientos de elicitors naturales en precosecha no tuvieron un efecto significativo sobre el parámetro de calidad, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula. Sin embargo, en la fase de postcosecha se pudo observar que el jasmonato de metilo (JaMe) si mejoro la calidad del fruto por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

## CONCLUSIONES

Se determinó que en el manejo de precosecha los elicitores no influyó significativamente en el tamaño del fruto (diámetro polar, ecuatorial y peso), mientras que en postcosecha si hay diferencias significativas, a nivel del fruto la aplicación de SaMe (0.1 mM) incremento la firmeza, solidos solubles totales, en tanto que a nivel de cáscara fue mayor el contenido de carotenoides y macrominerales, el SA (5mM) mostro un color cercano al verde en el color de la cáscara, el JaMe (0.1 mM) incrementó: el tamaño del fruto, la tasa de respiración, el contenido de carotenoides y micronutrientes (cáscara), mientras que la aplicación de AO (5 mM) incrementó la tasa de respiración y la acidez total.

Se evaluó la aplicación de los cuatro elicitores naturales, y se observó que en precosecha no hay diferencias significativas en el fruto entre los tratamientos en las variables de longitud, ecuatorial y peso, en tanto que, en postcosecha a nivel de fruto, el jasmonato de metilo (JaMe) presentó mejores resultados (firmeza y solidos solubles totales) para incrementar la vida útil del fruto de pitahaya con calidad.

Se caracterizó la cáscara de pitahaya amarilla, y se evidenció el incremento significativo del contenido de fenoles (AO), carotenoides (SaMe), macrominerales (Mg y K) y micronutrientes (Na, Fe y Zn), siendo estos una alternativa para ser aprovechado como compuesto bioactivo para la elaboración de compostaje.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios en diferentes concentraciones y momentos de aplicación para verificar si existe crecimiento del diámetro polar y ecuatorial.
- Evaluar el efecto de los elicitores naturales en otras frutas y hortalizas utilizando las mismas concentraciones.
- Realizar una réplica del estudio a campo abierto y comparar los resultados obtenidos de esta investigación.
- Elaborar el compostaje considerando como una parte de la materia prima la cáscara de pitahaya amarilla tratada con los elicitores naturales, y luego medir el porcentaje de micronutrientes, macrominerales y materia orgánica.
- Aplicar estos tratamientos a diferentes grados de refrigeración.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGROCALIDAD.** Exportaciones de pitahaya crecieron casi 60% en 2021. [Agrocalidad]. Quito: Agrocalidad 2021. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/exportaciones-de-pitahaya-crecieron-casi-60-en-2021/>.
2. **AGUILAR, G.** Evaluación de tres enraizantes y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla *Cereus triangularis* [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador. 2015. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS\\_WILSON\\_FERNANDO.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf).
3. **ALVARADO, R.** "Caracterización poscosecha de la calidad del fruto de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y roja (*Hylocereus undatus*)". *European Journal of Endocrinology* [en línea], 2014, (Ecuador), vol. 171 (6), págs. 727-735. [Consulta: 07 junio 2023]. ISSN 1479683X. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4747/1/ALVARADOJoséApolonio.pdf>.
4. **ARDILA, S.** Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial [en línea]. Bogotá-Colombia: s.n, 2007. [Consulta: 22 marzo 2023]. ISBN 9789587750386. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/128935>.
5. **ARGUELLO, E. & JIMENEZ, A.** Períodos prolongados de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). Valdivia-Chile: UACH, 1997, págs. 9-20. [Consulta: 21 septiembre 2023]. Disponible en: [https://chapingo.orex.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18251&shelfbrowse\\_itemnumber=34719](https://chapingo.orex.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18251&shelfbrowse_itemnumber=34719)
6. **ARRIAGA, C; et al.** La Pitaya Silvestre (*Stenocereus queretaroensis*) una alternativa alimenticia, nutricional una alternativa alimenticia, nutricional y socioeconomica. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* Guadalajara-Nogales, 2015, págs. 1-5. [Consulta: 24 septiembre 2023]. ISSN 23048158. Disponible en: [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol2num3/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%203%20Final\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num3/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%203%20Final_2.pdf)
7. **BADICHE, H; et al.** "Melatonin Postharvest Treatment in Leafy 'Fino' Lemon Maintains Quality and Bioactive Compounds". *Foods* [en línea], 2023, (United State of America), vol. 12 (15), págs. 100-167. [Consulta: 14 septiembre 2023]. ISSN 23048158. Disponible en: [10.3390/foods12152979](https://doi.org/10.3390/foods12152979).
8. **BIRZA, B; et al.** Efecto de la aplicación con elicitores sobre la calidad general de Granada (*Punica granatum* L.) [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Miguel

- Hernández, España. 2018. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109869%0Ahttp://dspace.umh.es/bitstream/11000/2480/1/TFG Domingo Doménech, Guadalupe.pdf>.
9. **BLANDÓN, S.** "Fisiología de poscosecha". Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal [en línea], 2012, (Colombia), vol. 2 (8), pág. 20. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11\\_Cap09.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf).
  10. **BOLAÑOS, G. & CALERO, C.** Calidad poscosecha y componentes bioactivos de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) y guayaba (*Psidium guajava*) debido a índices de madurez y temperatura de conservación. [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad de las Fuerzas Armadas, Quito-Ecuador. 2015. pag. 45. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10771/1/T-ESPE-IASA I-001644.pdf>.
  11. **BONILLA, G.** Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2015. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/19102>.
  12. **BOUZAYEN, M; et al.** " Mechanism of Fruit Ripening". *Developmental Biology* [en línea], 2010, (United State of America), vol. 1 (1), págs 334-366. [Consulta: 11 agosto 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1006/jmre.1997.1203>
  13. **CAICEDO, L; et al.** Bioethical implications for agriculture and human health. *Elicitors* [en línea], 2021, (Colombia), vol. 29 (1), págs. 76-86. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: 10.1590/1983-80422021291448.
  14. **CAMPOS-ROJAS, E; et al.** Evaluación de plantas de pitahaya (*Stenocereus spp*) de poblaciones naturales de monte escobedo, zacatecas *Revista Chapingo Serie Horticultura* [en línea], 2011, (México), vol. 17 (3), pp. 173-181. [Consulta: 27 junio 2023]. Disponible en: [doi.org/10.1016/Chapingo.2011.09.043](http://doi.org/10.1016/Chapingo.2011.09.043).
  15. **CARRANCO, M; et al.** Carotenoides y su función antioxidante. Quito-Ecuador: *Archivos de Latinoamérica*, 2011, págs. 233-241. ISSN 00040622. [Consulta: 27 junio 2023]. Disponible en: [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222011000300001&script=sci\\_abstract](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222011000300001&script=sci_abstract)
  16. **CENTURIÓN, A; et al.** Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *Revista Fitotecnia Mexicana* [en línea], 2008, (México), vol. 31 (1), págs. 1-5. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: [doi.org/10.1016/j.foodFitotécnica.2011.09.043](http://doi.org/10.1016/j.foodFitotécnica.2011.09.043).
  17. **CHANDRASEKARA, A; et al.** Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains, *Food Chemistry* [en línea], 2012, (United State of America), vol. 133 (1), págs. 1-9. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: [doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.043](http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.043).

18. **CHUA, B; et al.** Ultrasound Assisted Extraction of Pectin From Dragon Fruit Peels. *Journal of Engineering Science and Technology* [en línea], 2016, (United State of America), vol. 70 (4), págs. 68-81. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942813002398?>
19. **CONCHA, C; et al.** El tratamiento con jasmonato de metilo induce cambios en la maduración del fruto modificando la expresión de varios genes de maduración en el fruto de *Fragaria chiloensis*. *Fisiología y bioquímica vegetal* [en línea], 2013, (United State of America), vol. 70 (4), págs. 433-444. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942813002398?via%3Dihub>.
20. **CRISOSTO, C; et al.** Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News and Information*. [en línea], 1995, vol. 6, no. 2, pp. 17-21. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Factors-in-fresh-market-stone-fruit-quality-Crisosto-Mitchell/5142c57150535c471171c8e3ba687d63290086e3>
21. **CUEVA, R.** Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya (*Selenicereus undatus* (haw) d.r. hunt) para uso de raciones alimenticias de animales [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Estatal Amazónica. Macas-Ecuador. 2020. págs. 45. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/734/T.AGROP.B.UEA.1159.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
22. **DELGADO, A.** Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de Pitahaya en la Parroquia Sangay, Cantón Palora, provincia de Morona Santiago y su comercialización en el distrito Metropolitano de Quito. [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2015. págs. 1-100. [Consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
23. **DÍAZ, O.** Guía para post cosecha y mercadeo de productos agrícolas [en línea]. Bogotá: Printsec, 2003. [Consulta: 07 junio 2023]. ISBN 958-698-107-X. Disponible en: [https://books.google.es/books?id=W4bv8O7W2ecC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=W4bv8O7W2ecC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
24. **FAO.** El estado mundial de la agricultura y la alimentación. [Entrada de blog]. United State of America.: FAO, 2019. [Consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca6030es/>
25. **FARIAS, R; et al.** Estudio del efecto biocontrol de microorganismos sobre fitopatógenos de pitahaya. *Pitahaya Compuestos Bioactivos*. [en línea]. Instituto Tecnológico Superior de Monclova Institución. Coahuila, México. 2021. pp. 1-62. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://www.veranoregional.org/memorias/2021/CienciasAgropecuarias.pdf>.



26. **FERRÁNDEZ, S.** Tratamientos pre-cosecha con salicilatos para mejorar la producción y la calidad de las granadas (*punica granatum l.*) en la recolección. [en línea], Buenos Aires-Argentina: EFAID, 2020. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.umh.es/bitstream/11000/6347/1/TFG Serna Ferrández%2C Sergio.pdf>.
27. **GARCÍA, M; et al.** Preharvest salicylate treatments enhance antioxidant compounds, color and crop yield in low pigmented-table grape cultivars and preserve quality traits during storage. *Antioxidants*, [en línea], 2020, (Colombia), vol. 9 (9), págs. 1-17. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: [10.3390/antiox9090832](https://doi.org/10.3390/antiox9090832).
28. **GARCÍA, E; et al.** Effect of elicitors of natural origin on tomato plants subjected to biotic stress. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2018, (México), vol. 20 (20), págs. 4211-4221. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.umex.es/handle/11000/5318?locale=en>.
29. **GIMÉNEZ, M.** Efecto de la aplicación pre-cosecha de ácido salicílico, acetyl salicílico y salicilato de metilo en los parámetros de calidad de cerezas en la recolección y durante el almacenamiento post-recolección [en línea]. S.l.: s.n, 2015. [Consulta: 17 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/handle/11000/5318?locale=en>.
30. **GORDILLO, F.** Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Espol 2010. págs. 50-54, [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31487>
31. **GUADARRAMA, Á.** Fisiología Postcosecha de frutos. [en línea]. Colombia: Facultad de agronomía (UCV), 2001, [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>.
32. **GUERRERO, M.** Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*.) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la Provincia de Pichincha. *Revista Ciencia Pro* [en línea], 2014, (Ecuador), vol. 1 (1), págs. 2-157. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en : <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n1/v34n1a10.pdf>.
33. **GUILLÉN, M.** "Efecto de la aplicación de Jasmonato de metilo en campo sobre la calidad de la ciruela en la recolección". *Avances en la Postcosecha de Frutas y Hortalizas. XI Simposio Nacional y VIII Ibérico sobre Maduración y Postcosecha*. [en línea], 2014, (España), vol. 5 (13), págs. 199-205. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=5952500>.
34. **GUZMÁN, O; et al.** Reconocimiento de nematodos Fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW.). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia*

- Natural [en línea], 2012, (Argentina), vol. 16 (2), págs. 149-161. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: [http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin\(16\)2\\_13.pdf](http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin(16)2_13.pdf).
35. **HUACHI, L; et al.** Desarrollo De La Pitahaya. Revista de Ciencias de la Vida [en línea], 2015, (Ecuador), vol. 22 (2), págs. 50-58. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: 10.17163/lgr.n22.2015.05.
  36. **INTAGRI.** Fertilización del Cultivo de Pitahaya. Intagri [en línea]. Nutrición Vegetal. 2021. pp. 1-6. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fertilizacion-del-cultivo-de-pitahaya>.
  37. **JACOME, C; et al.** Utilización Industrial de la pitahaya (*Hylocerus undatus*) Industrial use of pitahaya (*Hylocerus undatus*) in industrialization. Digital Publisher [en línea], 2023, (Colombia), vol 8 (3), págs. 98-109. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: [doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1693](https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1693).
  38. **JARAMILLO, G. & ZAPATA, L.** Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en colombia [en línea]. Bogotá-Colombia.: UDEA, 2008. [Consulta: 19 octubre 2023]. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf).
  39. **JIANG, Y; et al.** Phenology, canopy composition, and fruit quality of yellow pitaya in Tropical Taiwan. HortScience [en línea], 2011, (Brazil), vol. 46 (11), págs. 1497-1502. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: 10.21273/hortsci.46.11.1497.
  40. **JIMÉNEZ, E; et al.** Análisis poscosecha de frutos de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* Haw.), a distintos niveles de madurez y temperatura. Journal of the Selva Andina Biosphere [en línea], 2017, (Colombia), vol. 5 (2), págs. 107-115. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: 10.36610/j.jsab.2017.050200107.
  41. **KADER, A.** Regulación de la fisiología del fruto mediante atmósferas controladas/modificadas. Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas [en línea], 1995, (Argentina), vol 4 (4), págs. 59-70. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.398.6>.
  42. **KADER, A.** Biología Y Tecnología De Postcosecha: Una Revision General [Entrada de blog]. La Plata: Ecofisihort, 2001. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.ecofisihort.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Biolog?a-y-Tecnolog?a-de-Postcosecha-Abel-Kader.pdf>.
  43. **KLESSIG, D; et al.** Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present, and future. Molecular Plant-Microbe Interactions [en línea], 2018, (United Stae of America), vol. 31 (9), págs. 871-888. [Consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: 10.1094/MPMI-03-18-0067-CR.

44. **LANDI, E.** Aprovechamiento de las cáscaras de piña (ananas comosus) y pitahaya (cereus sp) deshidratadas como fuente de fibra en la producción de buñuelos.[en línea], (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Agraria Del Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 2022. págs 120-159. [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LANDI BOMBON ERICKA KATHERINE.PDF>.
45. **LOPEZ, W.** Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Instituto Politécnico Nacional. México D.F.- México. 2010. pág. 146. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/6940/1/TESIS WENNDY LOPEZ WONG.pdf>.
46. **MARTÍNEZ, A; et al.** Enhancement of antioxidant systems and storability of two plum cultivars by preharvest treatments with salicylates. International Journal of Molecular Sciences [en línea], 2017, (United State of America), vol. 18 (9), págs. 1-14. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: [10.3390/ijms18091911](https://doi.org/10.3390/ijms18091911).
47. **MARTÍNEZ, A; et al.** "Efecto de los tratamientos en el árbol con ácido oxálico sobre la calidad de las cerezas en post-recolección" . Departamento de Tecnología Agroalimentaria, vol. 1(3), 2012, (Ecuador). pág 12. [Consulta: 06 junio 2023]. Disponible en: <https://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2071.%20XIV%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Posrecoleccion%CC%81n%20e%20industrias/Efecto%20de%20los%20tratamientos%20en%20el%20a%CC%81rbol%20con%20a%CC%81cido%20oxa%CC%81lico%20sobre%20la%20calidad%20de%20las%20cerezas%20en%20post-recoleccion%CC%81n.pdf>
48. **MARTÍNEZ, E.; et al.** El tratamiento precosecha con SaMe estimula los sistemas antioxidantes en ciruela. Tecnología Agroalimentaria [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 2 (28), págs. 24-25. [Consulta: 01 julio 2023]. Disponible en: [10.3390/ijms18091911](https://doi.org/10.3390/ijms18091911).
49. **MARTÍNEZ, S; et al.** Efectos fisiológicos por el uso de elicitores en tomate cultivado en suelo infestado con *Nacobbus aberrans*. Horticultura Argentina, [en línea], 2020, (Argentina), vol. 39 (100), págs. 45-54. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031384000459>.
50. **MENDOZA, J.** Producción de compost a partir de residuos orgánicos para el ingenio Castilla Industrial S.A., Bogotá-Colombia [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma de Occidente. 2015. pp 1-75. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/handle/10614/6398>.
51. **MENDOZA, M.** Propuesta de compostaje de los residuos. Piura-Perú: [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad de Piura. 2012. [Consulta: 28 agosto 2023]. Disponible

en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP\\_d40f4f53459899306ed416ff7114b266](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_d40f4f53459899306ed416ff7114b266).

52. **MERCADO, E.** Pitaya—*Hylocereus undatus* (Baya de espinos). Academic Press [en línea], 2018, (United State of America), vol 6 (7), págs. 339-349. [Consulta:13 junio 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031384000459>).
53. **METEOAZUL.** 2023. Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Palora. [Entrada de blog]. Riobamba: Meteoblue, 2023. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/palora\\_ecuador\\_3653523](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/palora_ecuador_3653523).
54. **MEZO, B.** Manual básico para hacer compost, ¿Qué Es Elcompost?, 14ª ed. Barcelona-España: Gustavo Gili, 2010, págs. 1-2. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.tierra.org/manual-de-compostaje/>
55. **MUÑOZ, C; et al.** Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan, cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial [en línea], 2012, (Mexico), vol. 13 (1), págs 73. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: 10.18684/bsaa(13)73-82.
56. **OCHOA, C; et al.** Características antioxidantes , fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). Scientia Agropecuaria [en línea], 2012, (Colombia), vol. 49 (17), págs. 5-11. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v47n2/0120-2804-rcq-47-02-00005.pdf>.
57. **ORTIZ, B. & ANZOLA, C.** Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). Revista Colombiana de Química [en línea], 2018, (Colombia), vol. 47 (2), págs. 5-11. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v47n2/0120-2804-rcq-47-02-00005.pdf>.
58. **PAREDES, J; et al.** Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascotes de guayaba (*Psidium guajava* L.). Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture [en línea], 2015, (United State o America), vol. 33 (2), págs. 35-42. [Consulta: 05 agosto 2023]. ISBN 9780128184691. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/auus/pii/889780128184691000122>.
59. **PATEL, Z; et al.** Role of fungal elicitors in plant defense mechanism. Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture [en línea], 2020, (United State of America), vol 11 (7), págs. 143-158. [Consulta: 23 agosto 2023]. ISBN 9780128184691. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128184691000122>.

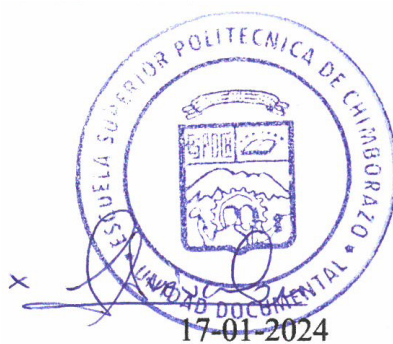
60. **PORTALPORTUARIO:** Exportación de Pitahaya aumenta cerca del 60% durante 2021. [Entrada de blog]. Quito: Portal portuario, 2022. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://portalportuario.cl/ecuador-exportacion-de-pitahaya-aumenta-cerca-del-60-durante-2021/#:~:text=Según la información entregada por,con el 5%2C5%25>.
61. **PRIMICIAS.** Cuatro empresas comienzan exportación de pitahaya a China. Economía [en línea], 2023, (Ecuador), vol4 (3), págs 13-14. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/pitahaya-exportaciones-china-ecuador/>.
62. **REA, R; et al.** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology & medicine [en línea], 1999, (España), vol. 26, (9-10), págs. 1231-1237. [Consulta: 25 agosto 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).
63. **RODÍGUEZ, M. & CÓRDOVA, A.** Manual de compostaje municipal [en línea]. S.l.: s.n. 2006. [Consulta: 07 agosto 2023]. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual de Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>.
64. **RODRÍGUEZ, M; et al.** Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, [en línea], 2010, (México), vol. 1, (2), págs. 132-146. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/8998>.
65. **ROJAS, J; et al.** Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad [en línea]. 2004. [Consulta: 15 octubre 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10778/828>.
66. **ROMÁN, P; et al.** Manual de compostaje del agricultor [en línea]. S.l.: s.n. 2013. [Consulta: 07 junio 2023]. ISBN 9789253078448. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.
67. **RUDELL, D; et al.** Preharvest application of methyl jasmonate to «Fuji» apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. HortScience, [en línea], 2005, (Ecuador), vol. 40, (6), págs. 1760-1762. [Consulta: 11 julio 2023]. ISSN 00185345. Disponible en: [10.21273/hortsci.40.6.1760](https://doi.org/10.21273/hortsci.40.6.1760).
68. **SIDHU, J; et al.** Notional foods from cereal grains. International Journal of Food Properties, [en línea], 2007, (United State of America), vol. 10 (2), págs. 231-244. [Consulta: 22 julio 2023]. ISSN 10942912. Disponible en: [10.1080/10942910601045289](https://doi.org/10.1080/10942910601045289).
69. **SIVAKUMAR, K; et al.** Efficiency of electrocoagulation method to treat chicken processing industry wastewater—modeling and optimization, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, [en línea], 2014, (United State o America), vol. 45 (5), págs. 2427-2435. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.04.011>.
70. **SONG, H; et al.** White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and

hepatic steatosis in diet-induced obese mice. PLoS ONE, [en línea], 2016, (United State of America), vol. 11 (2), págs. 1-14. [Consulta: 14 agosto 2023]. ISSN 19326203. Disponible en: [10.1371/journal.pone.0149670](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149670).

71. **SOTOMAYOR, A; et al.** Evaluación físico química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. Enfoque UTE, [en línea], 2019, (Ecuador), vol. 10 (1), págs. 89-96. [Consulta: 11 julio 2023]. ISSN 1390-9363. Disponible en: [10.29019/enfoqueute.v10n1.386](https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386).
72. **SZTERN, D. & PRAVIA, M.** Manual para la elaboracion de compost bases conceptuales y procedimientos [en línea]. Presidencia de la Republica. 2012. [Consulta: 29 octubre 2023] Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>.
73. **VARGAS, Y; et al.** Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. Joya de los Sachas, Ecuador: INIAP . [Entrada de blog]. Quito: Iniap, 2020. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/>
74. **VÁSQUEZ, W; et al.** Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus* Haw) en Ecuador. [Entrada de blog]. Quito: Iniap, 2016. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4860/1/iniapscR2016v34n1p1081.pdf>.
75. **VERA, A; et al.** "Calidad de pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de madurez y temperaturas de conservación". Revista Espamciencia, [en línea], 2021, (Argentina), vol. 12 (2), págs. 141-151. [Consulta: 27 julio 2023]. Disponible en: [10.51260/revista\\_espamciencia.v12i2.233](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i2.233).
76. **VERA, A. & LÓPEZ, Y.** Calidad postcosecha de pitahaya roja (*hylocereus undatus* haw) y amarilla (*selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de madurez y temperaturas de conservación [en línea]. Quito-Ecuador: ESPAM, 2021. [Consulta: 11 julio 2023]. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1450/1/TTA19D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1450/1/TTA19D.pdf).
77. **VERONA, A; et al.** "Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds". Scientia Agropecuaria, [en línea], 2020, (España), vol. 11 (3), págs. 439-453. [Consulta: 07 junio 2023]. ISSN 23066741. Disponible en: [10.17268/sci.agropecu.2020.03.16](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16).
78. **VILCA, D.** "Utilización de biocatalizadores naturales en la producción de compost de calidad, aplicado en sustratos de origen animal y vegetal" [en línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Universidad Nacional de Cajamarca. 2016. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/993>.
79. **VITE, A.** "Posibilidades de introducir el cultivo de pitaya en el distrito de Frías (Ayabaca-

Piura)". Espacio y Desarrollo [en línea], 2014, (Perú), vol. 142 (26), págs. 1-14. [Consulta: 11 julio 2023]. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/13970>.

80. **WANG, Q; et al.** "Response of jujube fruits to exogenous oxalic acid treatment based on proteomic analysis". Plant and Cell Physiology, [en línea], 2009, (United State of America), vol. 50 (2), págs. 230-242. [Consulta: 22 marzo 2023]. ISSN 00320781. Disponible en: 10.1093/pcp/pcn191.
81. **YOO, H.; et al.** "Plant cell wall polysaccharides as potential resources for the development of novel prebiotics". Biomolecules and Therapeutics [en línea], 2012, vol. 20, (4), págs. 371-379. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: 10.4062/biomolther.2012.20.4.371.
82. **Zapata, P; et al.** Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 2. Improvement of fruit quality and antioxidant systems during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, [en línea], 2014, (Ecuador), vol. 98 (2), págs. 115-122. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: DOI <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.07.012>.



0129-DBRA-UPT-2024

## ANEXOS

### ANEXO A: CULTIVO DE PITAHAYA AMARILLA BAJO INVERNADERO EN EL CANTÓN PALORA



### ANEXO B: PRODUCTOS UTILIZADOS EN LOS FRUTOS DE PITAHAYA



### ANEXO C: MATERIALES UTILIZADOS EN LA APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS





#### ANEXO D: ETIQUETADO DE PLANTAS Y FRUTOS



#### ANEXO E: APLICACIONES DE LOS PRODUCTOS AL FRUTO DE PITAHAYA



#### ANEXO F: MEDICIONES EN CAMPO DEL DIAMETRO POLAR Y ECUATORIAL



### ANEXO G: PESAJE DE LOS FRUTOS



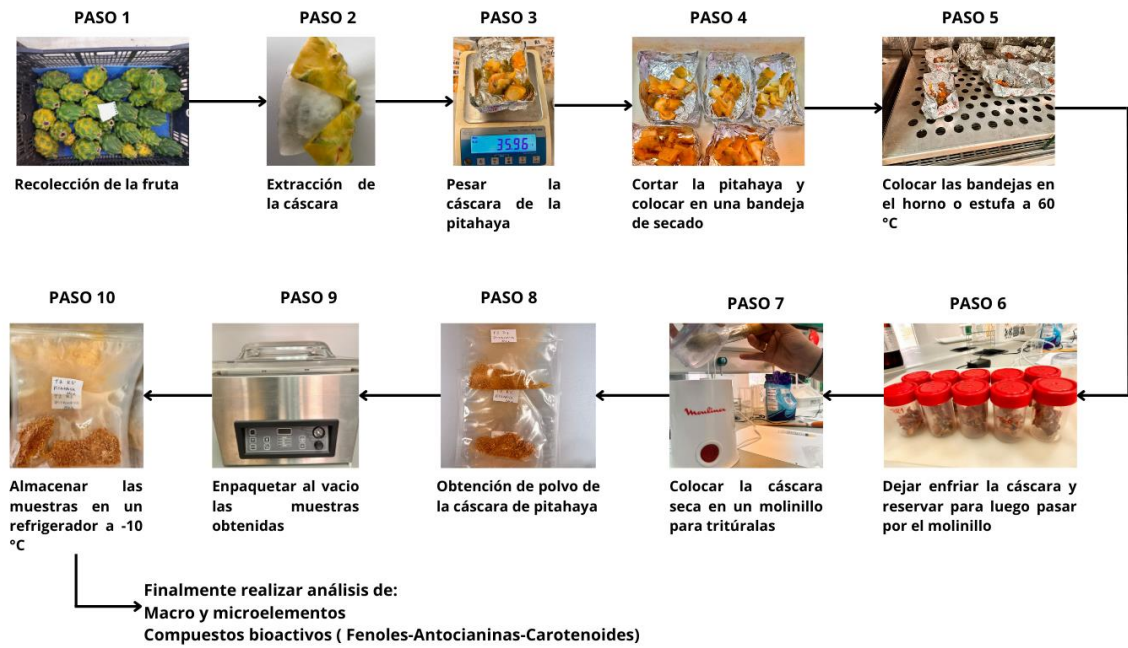
### ANEXO H: FIRMEZA DE LOS FRUTOS



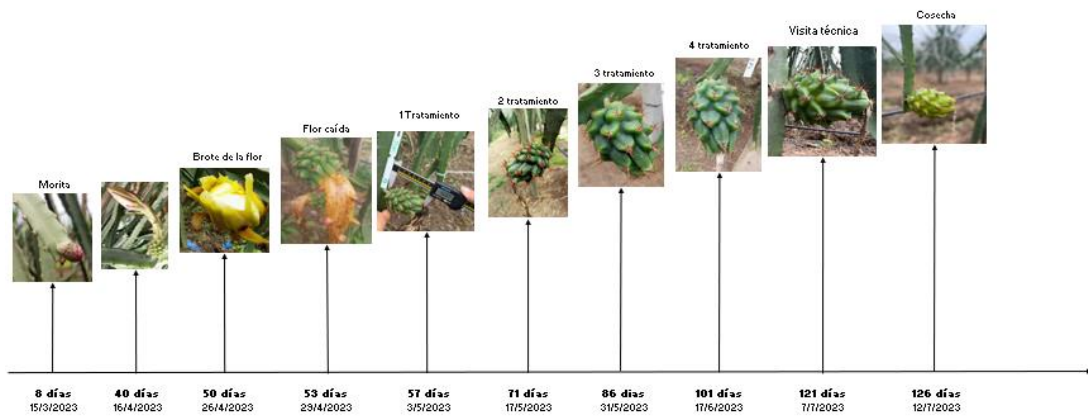
### ANEXO I: MEDICIONES DEL COLOR DEL FRUTO DE PITAHAYA AMARILLA



## ANEXO J: PASOS PARA LA OBTENCION DEL POLVO DE LA CASACARA DE PITAHAYA AMARILLA



## ANEXO K: FENOLOGÍA DE LA PITAHAYA AMARILLA "ECO PALORA"





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 23/01/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Judy Maricela Zumba Sucuzhañay
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
 <b>Firma del Director del Trabajo de Titulación</b>   <b>Firma del Asesor del Trabajo de Titulación</b>



0129-DBRA-UPT-2024