



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

T E S I S

**EVALUACIÓN DE MADURACIÓN Y CARACTERÍSTICAS
SENSORIALES EN POST COSECHA DE TUNA VARIEDAD
AMARILLA (*Opuntia ficus indica*) EN CONDICIONES DE
ALMACENAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO DE SAN
CRISTÓBAL REGIÓN MOQUEGUA**

PRESENTADO POR

BACHILLER BELINIA FIORELA VIZCARRA MAMANI

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MOQUEGUA – PERÚ

2017

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
PORTADA	
Página de jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	xi
Índice de apéndices	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.4. Justificación	4
1.5. Alcances y limitaciones	5
1.6. Variables	5
1.7. Hipótesis de la investigación	7
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes del problema	9
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. La tuna	11

2.2.2. Origen y distribución de la tuna.....	11
2.2.3. Taxonomía.....	12
2.2.4. Importancia.....	13
2.2.5. Variedades.....	14
2.2.6. Exigencias del cultivo.....	14
2.2.7. Fisiología de la maduración.....	15
2.2.8. Maduración.....	17
2.2.9. Senescencia.....	19
2.2.10. Cambios de las características en la producción.....	20
2.2.11. Tratamientos poscosecha.....	21
2.2.12. Valor nutricional.....	22
2.2.13. Producción de tuna.....	23
III. MÉTODO.....	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Diseño de investigación.....	26
3.3. Población y muestra.....	30
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	31
3.5. Técnicas de procesamiento de datos.....	32
IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	35
4.1. Presentación de resultados.....	35
4.1.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la tuna cosechada a diferentes estadios de madurez.....	35
4.1.2. Evaluación de los cambios en condiciones de almacenamiento, días de almacenamiento y diferentes estadios de madurez.....	36
4.1.3. Determinación de las características sensoriales al 12vo día.....	60

4.2. Contraste de hipótesis	65
4.3. Discusión de resultados	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
APÉNDICE.....	78
Panel fotografico	86
MATRIZ DE CONSISTENCIA	102
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia y operacionalización de variables	8
Tabla 2. Parámetros para medición subjetiva	18
Tabla 3. Valor nutricional de la tuna en 100 g de porción comestible.....	23
Tabla 4. Determinación de estadios de madurez de frutos de tuna	27
Tabla 5. Factores en estudio	27
Tabla 6. Resultado de la combinación de tres factores	29
Tabla 7. Características fisicoquímicas de variedades de tuna	35
Tabla 8. Tabla de medias por mínimos cuadrados para °Brix con intervalos de confianza del 95%	38
Tabla 9. Análisis de varianza para °Brix - suma de cuadrados tipo III.....	39
Tabla 10. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio	40
Tabla 11. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por días..	40
Tabla 12. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio por días	41
Tabla 13. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio por días	42
Tabla 14. Tabla de medias por mínimos cuadrados para pH con intervalos de confianza del 95%	45
Tabla 15. Análisis de varianza para pH - suma de cuadrados tipo III	45
Tabla 16. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio .	46
Tabla 17. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por días.....	47

Tabla 18. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio - temperatura	47
Tabla 19. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio - días.....	48
Tabla 20. Tabla de Medias por mínimos cuadrados para acidez con intervalos de confianza del 95%	50
Tabla 21. Análisis de varianza para acidez - suma de cuadrados tipo III	51
Tabla 22. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS = 1,77279) para acidez por estadio.....	52
Tabla 23. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por temperatura	52
Tabla 24. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por días.	53
Tabla 25. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por estadio - temperatura.....	53
Tabla 26. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por estadio - días	54
Tabla 27. Tabla de medias por mínimos cuadrados para IM con intervalos de confianza del 95%	56
Tabla 28. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por estadio .	57
Tabla 29. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por temperatura	58
Tabla 30. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por días.....	58
Tabla 31. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por estadio – días- temperatura	59
Tabla 32. Resumen estadístico para color.....	60

Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis para color	61
Tabla 34. Resumen estadístico para olor.....	61
Tabla 35. Prueba de Kruskal-Wallis para olor.	62
Tabla 36. Resumen estadístico para sabor	62
Tabla 37. Prueba de Kruskal-Wallis para sabor.....	63
Tabla 38. Resumen estadístico para aceptabilidad.....	63
Tabla 39. Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad	64
Tabla 41. Resultados obtenidos en la investigación.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de tuna en la región Moquegua.	24
Figura 2. Diseño de investigación.....	28
Figura 3. Ubicación del centro poblado de San Cristóbal.....	30
Figura 4. Comportamiento de °Brix a 10°C de almacenamiento por estadios.	37
Figura 5. Comportamiento de °Brix a 20°C de almacenamiento por estadios.	37
Figura 6. Interacciones entre los efectos principales para el ° Brix.....	43
Figura 7. Comportamiento del pH a 10°C de almacenamiento por estadios.	43
Figura 8. Comportamiento del pH a 20°C de almacenamiento por estadios.....	44
Figura 9. Interacciones entre los efectos principales para el pH.....	48
Figura 10. Comportamiento de la acidez de los estadios de cosecha a 10°C durante a los días de almacenamiento.	49
Figura 11. Comportamiento de la acidez de los estadios de cosecha a 20°C durante a los días de almacenamiento.	50
Figura 12. Interacciones entre los efectos principales para acidez.	55
Figura 13. Comportamiento de índice de madurez a 10°C de almacenamiento por estadios.	55
Figura 14. Comportamiento de índice de madurez a 20° C de almacenamiento por estadios.	56
Figura 15. Interacción entre los efectos principales para el índice de madurez....	60
Figura 16. Diagrama de araña para perfil sensorial de la tuna.....	64

ÍNDICE DE APÉNDICES

Tabla A1. Etapa de madurez estadio 2; parámetro de evaluación °Brix.....	78
Tabla A 2. Etapa de madurez estadio3; parámetro de evaluación °Brix.....	78
Tabla A 3. Etapa de madurez estadio 4; parámetro de evaluación °Brix.....	78
Tabla A 4. Etapa de madurez estadio 2; parámetro de evaluación pH	79
Tabla A 5. Etapa de madurez estadio 3; parámetro de evaluación pH	79
Tabla A 6. Etapa de madurez estadio 4; parámetro de evaluación pH	79
Tabla A 7. Etapa de madurez estadio 2; parámetro de evaluación acidez	80
Tabla A 8. Etapa de madurez estadio 3; parámetro de evaluación acidez	80
Tabla A 9. Etapa de madurez estadio 4; parámetro de evaluación acidez	80
Tabla A 10. Etapa de madurez estadio 2; parámetro de evaluación	81
Tabla A 11. Etapa de madurez estadio 3; parámetro de evaluación	81
Tabla A 12. Etapa de madurez estadio 4; parámetro de evaluación	81
Tabla A 13. Rango para el color de pulpa de tuna obtenido para los tres.....	82
Tabla A 14. Rango para el olor de pulpa de tuna obtenido para los tres	82
Tabla A 15. Rango para el sabor de pulpa de tuna obtenido para los tres	83
Tabla A 16. Rango para aceptabilidad de pulpa de tuna obtenido para los tres ...	83
Foto 1. Arquitectura de planta adulta tuna	86
Foto 2. Cosecha de fruto tuna con ayuda de un sujero.....	86
Foto 3. Planta de tuna con frutos en diferentes estadios de madurez en el campo experimental.	87
Foto 4. Cosecha de fruto con cuchillo con la finalidad de evitar herida.	87

Foto 5. Cosecha de tuna variedad amarilla con protección de guantes.....	88
Foto 6. Desespinado manual del fruto variedad amarilla.....	88
Foto 7. Desespinado manual del fruto tuna en el campo experimental	89
Foto 8. Llenado de fruto a java de plástico seleccionando de acuerdo a los tres estadios de madurez.	89
Foto 9. Selección de frutos en Laboratorio del CFAM de acuerdo a los tres estadios para el trabajo experimental.	90
Foto 10. Selección y agrupación de frutos según estadio de madurez del fruto. ...	90
Foto11. Tuna en estadio 2 (IP) correspondiente al inicio de pigmentación en laboratorio del CFAM.	91
Foto 12. Tuna en estadio 3 (AP) amarillo predominante.....	91
Foto 13. Tuna en estadio 4 (AA) amarillo anaranjado.....	92
Foto 14. Pesado de tuna en balanza analítica en laboratorio.....	92
Foto 15. Clasificación según color de bandejas de la tuna en los diferentes estadios de madurez.	93
Foto 16. Colocacion de bandejas a temperatura de refrigeracion (10°C).	93
Foto 17. Tuna codificada en los tres estadios de madurez.	94
Foto 18. Pelado de tuna.	94
Foto 19. Pesado de tuna sin cascara.....	95
Foto 20. Despulpado de tuna.....	95
Foto 21. Separación de jugo de la pepa con ayuda de un colador	96
Foto 22. Cantidad de pepa por fruto en el laboratorio.	96
Foto 23. Pesado de la cantidad de jugo por tuna.....	97

Foto 24. Instrumentos y equipos utilizados en el laboratorio del CFAM	97
Foto 25. Evaluación del contenido de acidez, en los diferentes estadios de madurez en Laboratorio del CFAM.....	98
Foto 26. Titulación mediante NaOH.....	98
Foto 27. Medición de °Brix.....	99
Foto 28. Resultado de la medición de °Brix utilizando un refractómetro.....	99
Foto 29. Tuna pelada de acuerdo a los tres estadios para el análisis sensorial ...	100
Foto 30. Análisis sensorial en el laboratorio del CFAM.....	100
Foto 31. Análisis sensorial de Tuna catado por profesores en el laboratorio del CFAM	101
Foto 32. Análisis sensorial de Tuna catado por profesores en el laboratorio del CFAM	101

RESUMEN

La presente tesis “Evaluación de maduración y características sensoriales en post cosecha de tuna variedad amarilla (*Opuntia ficus indica*) en condiciones de almacenamiento en el Centro Poblado de San Cristóbal, Región Moquegua”, tuvo como objetivos: Determinar las características fisicoquímicas (°Brix, pH, acidez e índice de madurez IM) de la tuna cosechada a diferentes estadios de madurez (2, 3 y 4); Evaluar los cambios en condiciones de almacenamiento a temperaturas de (10 y 20°C), tiempos de (0, 4, 8 y 12 días) de los diferentes estadios de madurez en las características fisicoquímicas; Determinar las características sensoriales (olor, color y aceptabilidad) de tuna al 12vo día. La metodología para el primer objetivo se ha utilizado estadística descriptiva; para el segundo objetivo se utilizó un Diseño Completo al Azar con Arreglo Factorial de 3x2x4 y tres repeticiones al 95% y se realizó prueba LSD Fisher; para el tercer objetivo se utilizó estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskal – Wallis. Los resultados fueron: las características fisicoquímicas de cosecha en los estadios 2, 3 y 4 obtuvieron: °Brix (10,87; 12,88; 13,03); pH (7,38; 7,37; 7,20); acidez (0,09; 0,09; 0,08) e IM (123,86; 139,02; 164,60), la tuna en condiciones de almacenamiento existen suficientes pruebas para concluir que los estadios de cosecha influyen en las características fisicoquímicas de tuna siendo el estadio 2 diferente a los estadios 3 y 4; se demostró que no existe diferencia estadística significativa de las características sensoriales en los estadios de cosecha evaluados, maduración

Palabras clave: Tuna; sensoriales; maduración; almacenamiento

ABSTRACT

The present thesis "Evaluation of maturation and sensory characteristics in post-harvest of yellow variety (*Opuntia ficus indica*) under storage conditions in the San Cristóbal Village Center, Moquegua Región", had the following objectives: To determine the physicochemical characteristics (° Brix, PH, acidity and IM maturity index) of the tuna harvested at different stages of maturity (2, 3 and 4); To evaluate the changes in storage conditions at temperatures of (10 and 20 °C), times of (0, 4, 8 and 12 days) of the different stages of maturity in the physicochemical characteristics; To determine the sensorial characteristics (smell, color and acceptability) of tuna on the 12th day. The methodology for the first objective has been used descriptive statistics; For the second objective, a Complete Random Design with Factorial Arrangement of 3 x 2 x 4 and three replicates at 95 % was used and LSD Fisher test; For the third objective, non - parametric statistics were used using the Kruskal - Wallis test. The results were: the physicochemical characteristics of the harvest in stages 2, 3 and 4 obtained: ° Brix (10,87; 12,88; 13,03); PH (7,38, 7,37 , 7, 20); Acidity (0,09, 0,09, 0,08) and IM (123,86, 139,02, 164,60) the tuna under storage conditions there is sufficient evidence to conclude that the stages of harvest influence the characteristics Physicochemical characteristics of tuna being stage 2 different from stages 3 and 4; It was demonstrated that there is no significant statistical difference of the sensorial characteristics in the evaluated stages of harvest, maturation.

Key words: Tuna; sensory; maturation; storage.

INTRODUCCIÓN

Piga (2004) indica que la tuna es una fruta ovoide, jugosa y dulce con múltiples semillas de color negro; posee una piel gruesa y es producida por el nopal tunero, perteneciente a la familia de las cactáceas que varía en forma, tamaño y color, en función de la variedad, presentando coloraciones que van desde el verde hasta el morado. La tuna es la cactácea más comercializada y se produce a nivel comercial en México, Italia, Sudamérica, el sur de África y el Mediterráneo. Una de las mejoras que presenta la tuna, es que se puede producir en regiones áridas y semiáridas debido al metabolismo crasuláceo que tiene la tuna.

Ochoa y Guerrero (2010) mencionan que la tuna posee altas agrupaciones de compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, vitamina C y pigmentos en (tuna roja) que le confieren alta actividad antioxidante; además, posee altas concentraciones de calcio y magnesio, así como aminoácidos escasos en el reino vegetal tales como la prolina y taurina. No obstante los excelentes atributos nutricionales que posee la tuna, su comercialización es baja en comparación con otras frutas debido a que la investigación para su conservación en fresco y sus productos procesados es escasa. Las diferentes características fisicoquímicas que esta posee, tales como alto pH (>6) y sólidos solubles totales (>13 %), permiten el fácil ataque microbiano.

Esquivel (2004) indica que hace necesario el buscar diferentes métodos de conservación tanto en fresco como procesado. El manejo pos cosecha de la tuna beneficiará a los productores no solo del centro poblado de San Cristóbal sino de los demás productores en la región Moquegua, minimizando la pérdida de frutos

que ocurren a nivel pos cosecha, esta investigación sugiere medidas para la cosecha y manejo de la tuna en el campo que contribuirá a que las comunidades brinden productos de buena calidad y atractivos al consumidor, convirtiéndose en una importante alternativa de trabajo para los jóvenes y demás habitantes del sector.

Por lo tanto con este trabajo lo que se quiere lograr es determinar el índice de cosecha, el grado óptimo de conservación para exportación del producto, con esta investigación se evitara la perdida de cosecha, lograr un mayor precio del producto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

En el centro poblado de San Cristóbal, distrito San Cristóbal, provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua aún no se han realizado trabajos de investigación concerniente a la evaluación de maduración y característica sensorial en post cosecha de tuna variedad amarilla en condiciones de almacenamiento. Debido a este problema en época de abundancia de tuna los agricultores obtienen bajos precios, disminuyendo su rentabilidad es por ello la necesidad de contar con información a fin de mejorar el tiempo de vida útil de la tuna de acuerdo al estadio adecuado de cosecha.

La tuna se recoleta y/o cosecha de forma tradicional, generando pérdidas del producto por maltrato físico de la cosecha, las espinas son eliminadas dejando caer al suelo el fruto y golpeando con ramas de alfalfa para resquebrajar las espinas, restando de esta forma calidad de los frutos y por ende reducción del precio en venta.

El fruto una vez cosechado se lo transporta a diferentes mercados como son las Regiones de Moquegua, Puno, Arequipa, Tacna y el país vecino de Bolivia, todo esto, sin realizar ningún de manejo post cosecha que asegure y alargue el periodo de vida útil del producto. Por la metodología adecuada del manejo de la cosecha, como es el corte en un estadio adecuado, eliminación de espinas, encajonado de frutos, traslado para la venta, así como el desconocimiento principalmente de las condiciones de almacenamiento, se produce un gran porcentaje de pérdida en la tuna tanto por deshidratación o desecamiento, como por la variación de sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

El problema que se tiene en la producción de la tuna es en la etapa de cosecha, considerando que las técnicas de cultivo son ancestrales y no se ha tecnificado el manejo agronómico, es por ello que no se cuenta con información acerca de los parámetros de cosecha como son: °Brix, pH, acidez, índice de madurez, y demás propiedades (nutritivas, funcionales, etc), así como en las condiciones post cosecha (temperatura de almacenamiento, humedad relativa, atmosfera modificada, tratamiento hidrotermico, enceramiento, etc), con el fin de incrementar la vida útil. Por todo ello la finalidad del presente trabajo de investigación es determinar el índice de cosecha adecuado y el comportamiento de las características fisicoquímicas a diferentes temperaturas de almacenamiento, y así poder evitar las pérdidas por la mala calidad en los productores de tuna.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general

El presente trabajo de investigación plantea la siguiente pregunta ¿Cómo será el

proceso de maduración y cuáles son las características sensoriales en post cosecha de la tuna variedad amarilla en condiciones de almacenamiento en el centro poblado de San Cristóbal, Distrito San Cristóbal, Provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua?

1.2.2. Problema específico

¿Cuáles serán las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e índice de madurez) de la tuna a diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4)?

¿Cómo serán las condiciones de almacenamiento a temperaturas de (10 y 20 °C), tiempos de (0, 4, 8 y 12 días) de los diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4)?

¿Cuál serán las características sensoriales (olor, color, sabor y aceptabilidad) de la tuna al 12avo día de almacenamiento?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la maduración y características sensoriales en post cosecha de tuna variedad amarilla en condiciones de almacenamiento en el Centro Poblado San Cristóbal, Región Moquegua.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e índice de

madurez) de la tuna cosechada en el Centro Poblado de San Cristóbal a diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4).

Evaluar los cambios en condiciones de almacenamiento a temperaturas de (10 y 20 °C), tiempos de (0, 4, 8 y 12 días) de los diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4), en las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e Índice de madurez - IM).

Evaluar las características sensoriales (olor, color, sabor y aceptabilidad) de la tuna al 12 vo día de almacenamiento.

1.4. Justificación

El presente trabajo de investigación realizado en el Centro Poblado de San Cristóbal, ayudara a corregir el proceso de la cosecha y post cosecha de la tuna amarilla ya que es la principal fuente de ingreso económico, logrando así una mejor calidad de vida del agricultor.

En el manejo post cosecha de tuna, beneficiará a los productores del Centro Poblado San Cristóbal, ayudará a disminuir la pérdida de frutos en la época de post cosecha, esta investigación indica medidas para la cosecha y manejo adecuado de la tuna en el campo favorecerá a que las comunidades ofrezcan productos con características atractivas al consumidor, por lo tanto se ampliará los volúmenes de venta y la producción de tuna se convertirá en una importante alternativa de trabajo para los jóvenes y demás habitantes del sector.

Los agricultores favorecidos serán del distrito de San Cristóbal, Cuchumbaya y pueblos vecinos que cultivan tuna, los cuales podrán acceder a la información, de igual manera consumidores y/o interesados en el presente trabajo de investigación.

1.5. Alcances y limitaciones

A través del presente trabajo de investigación se beneficiaran los agricultores dedicados a la actividad de post cosecha de tuna variedad amarilla en condiciones de almacenamiento en especial el Centro Poblado San Cristóbal, Región Moquegua.

La principal limitación es que en la Región Moquegua Provincia Mariscal Nieto, Distrito de San Cristóbal, aún no se han realizado trabajos de investigación referente a la evaluación, maduración y características sensoriales en post cosecha de tuna, por lo tanto existe poca información en cuanto a la revisión bibliográfica a nivel de libro, internet y demás artículos.

1.6. Variables

1.6.1. Identificación de variables: Se utilizó dos variables para el presente trabajo de investigación:

a. Variables independientes (X)

- X₁: Estadio : 2, 3 y 4.

- X₂: Temperatura : 10° y 20°

- X₃: Días de almacenamiento : 0, 4, 8 y 12 días

b. Variable dependiente (Y)

- Y₁: Características fisicoquímicas: °Brix, acidez, pH e IM

- Y₂: Características sensoriales: Color, olor, sabor y aceptabilidad.

1.6.2. Definición de las variables: Se definirán las siguientes variables en el experimento:

- a. Sólidos solubles totales (°Bx):** Se realizaron evaluaciones a los 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento en el laboratorio en los estadios (2, 3 y 4) a temperaturas (10 y 20 °C), se midió el jugo de la tuna en cada muestreo haciendo uso del refractómetro, variable que permitió determinar la existencia de cambios en los sólidos solubles totales, al inicio y al final de la evaluación (AOAC, 1993).
- b. Acidez (% de ácido cítrico):** Se determinó utilizando una solución valorada de Hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N), y fenolftaleína como indicador, se informó el porcentaje como ácidos cítrico (AOAC, 1993).
- c. pH:** Se midió el pH del jugo de tuna mediante la utilización del pH-metro, al inicio y al final de la evaluación (AOAC, 1993).
- d. Índice madurez (IM):** se expresó como el cociente de sólidos solubles totales (% p/p) y acidez titulable de la fruta (% p/p). Dónde:

$$IM = \frac{^{\circ}Brix}{\%acidez}$$

- e. **Evaluación sensorial:** Se estudió el efecto en la calidad sensorial al evaluarla pulpa sin ninguna adición, el cual fue presentado a los catadores en forma directa sin ningún tipo de dilución, en sesiones, pues el propósito estaba dirigido a la calificación total que lograrían y no a la comparación entre ellos.

La evaluación sensorial se realizó con un grupo 05 catadores jóvenes y 05 adultos, en base a la aceptación de un TEST realizado a las 10 personas que son alumnos y profesores del CFAM con conocimiento en las técnicas de “Caracterización mediante escala por atributos”, estando constituida la planilla de evaluación por: color, olor, sabor, y aceptabilidad. Cada atributo tuvo alternativas de consumo. Este procedimiento indicado por Cerezal y Duarte (2004) para tunas peladas en almíbar conservado por métodos combinados.

1.6.3. Operacionalización de variables

La matriz de consistencia y operacionalización de variables se muestran en la tabla 1.

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general

Evaluar la maduración y características sensoriales en post cosecha de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad amarilla en condiciones de almacenamiento en el Centro Poblado San Cristóbal, Región Moquegua.

1.7.2. Hipótesis derivadas

Las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e Índice de Madurez) de la tuna cosechada en el Centro Poblado de San Cristóbal a diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4) son adecuadas para el consumo.

Existen diferencias en las características fisicoquímicas (°Brix, acidez, pH e Índice de madurez) durante diferentes condiciones de almacenamiento a temperaturas de (10 y 20 °C), tiempos de (0, 4, 8 y 12 días) en los diferentes estadios de madurez (estadio 2, estadio 3 y estadio 4).

Existen diferencias en las características sensoriales (olor, color y aceptabilidad) de la tuna al 12 vo día de almacenamiento.

Tabla 1. Operacionalización de las variables del estudio

Variables	Operacionalización de Variables		
	Indicador	Escala	Unidad
Independientes:	Estadios	2, 3, 4	
	Temperatura	10 y 20	°C
	días de almacenamiento	0, 4, 8 y 12	días
Dependientes:	Solidos Solubles Totales	numérica	°Bx
	% de acidez	numérica	% de ácido cítrico
	pH	numérica	pH
	Índice de madurez	numérica	IM
	Olor	1, 2, 3, 4 y 5	hedónica
	Color	1, 2, 3, 4 y 5	hedónica
	Sabor	1, 2, 3, 4 y 5	hedónica
	Aceptabilidad	1, 2, 3, 4 y 5	hedónica

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Ponce y Vela (2010) en su trabajo “Manejo post cosecha de dos variables de tuna roja (*Opuntia ficus indica*), Producida en el Valle del Chota”. El proceso del manejo de cosecha y post cosecha de la fruta tuna, fue cosechar frutos de tuna de la variedad blanca y variedad amarilla, en horas de la mañana para evitar deshidratación del fruto, con un corte manual mediante combinación de torsión inicial, llevar a los frutos bajo sombra para su manejo, clasificar según su color en 50 % y 75 % pintón, seleccionar las frutas según su calibre y desechar las que tengan picaduras de insectos en mal estado, pesar, desespinar con cepillo, finalmente llevar a la fruta a un almacenado a temperatura ambiente 24 °C y de refrigeración (4 °C ±1). En la fase experimental para la fruta fresca, las variables evaluadas fueron: análisis organolépticos, calibre, peso del lóculo, peso de la cáscara, densidad, pH, sólidos solubles (°Bx), firmeza, humedad y pruebas microbiológicas realizadas a las frutas fresca y almacenada. Se contó con un análisis sensorial en color, olor, sabor y aceptabilidad tanto para la fruta fresca

como almacenada, para la fruta almacenada el análisis fue efectuado al término de su vida de anaquel dos, cuatro, cinco y seis semanas de almacenamiento. Se evaluaron los resultados obtenidos y se determinó que la variedad amarilla en estado de madurez 50 % pintón tuvo las mejores características en fruta fresca. En fruta almacenada la variedad blanca en estado de madurez 75 % pintón lavada con Hipoclorito de Sodio (150 ppm) fue la que tuvo mayor tiempo de vida útil, llegando a conservarse por seis semanas en refrigeración y guardando las mejores características.

Ochoa y Guerrero (2010) en su trabajo titulado “Efecto del Almacenamiento a Diferentes Temperaturas sobre la Calidad de Tuna Roja (*Opuntia ficus indica*)”, se estudió el efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja, variedad San Martín. El fruto se almacenó a 4 ± 1 , 9 ± 2 y 28 ± 2 °C para determinar su vida útil. Se realizó semanalmente la caracterización fisicoquímica, enzimática, antioxidante y microbiológica durante el almacenamiento, hasta observar características no aptas para el consumo. Se observó que el tiempo y la temperatura de almacenamiento son factores que afectan de manera significativa ($P < 0,05$) a la pérdida de peso, la textura y la actividad de la polifenoloxidasas en cáscara de tuna. El contenido de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante y la actividad de la enzima pectinesterasa en pulpa de tuna no presentaron diferencia significativa ($P > 0,05$) a las diferentes temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, la actividad antioxidante presentó un aumento significativo con el tiempo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La tuna

Salazar y Moncayo (2008) describe que la tuna presenta características morfológicas y fisiológicas adaptadas a la escasa disponibilidad de agua, a las variaciones extremas de temperatura y en general, a las condiciones de las zonas áridas y semiáridas. Entre las adaptaciones que le permiten almacenar y conservar el agua en sus tejidos se tiene:

a. Suculencia. Se debe a un gran desarrollo de los parénquimas que le permite acumular grandes cantidades de agua en sus células.

b. La superficie foliar ha sido transformada en la penca adulta en espina y los cladodios al ser aplanados y discoides, en forma de raqueta, representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración

c. La savia viscosa cierra rápidamente las heridas de la planta, metabolismo ácido crasuláceo (MAC), es el proceso fotosintético en el cual las estomas están cerrados durante el día y abiertos durante la noche, evitando la pérdida de agua por transpiración.

2.2.2. Origen y distribución de la tuna

Ramos & Quintana (2004) nos indican que la tuna se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento. Sus frutos son consumidos en forma natural y transformados tanto por campesinos como por pobladores locales y son comercializados en los principales mercados del país.

Con éstos también se elaboran productos derivados como mermeladas y bebidas. Sus tallos se utilizan como forraje para el ganado, especialmente en épocas de sequía, igualmente son útiles en el establecimiento de cercos vivos y cuando la planta muere, sus restos se usan para la elaboración de fertilizantes orgánicos. Pero el uso más frecuente que se le da a esta planta es como hospedera para la crianza de un insecto conocido como cochinilla, en cuyo interior se produce el carmín, pigmento natural usado en la industria alimenticia, textil y farmacéutica.

2.2.3. Taxonomía

Los nopales pertenecen a la familia Cactaceae. La taxonomía de los nopales es sumamente compleja debido a múltiples razones, entre otras porque sus fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales, se encuentran frecuentemente casos de poliploidía, se reproducen de forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos interespecíficos. (Sáenz et al., 1993).

Según Bravo (1978) la ubicación taxonómica de la tuna es la siguiente:

Reino : Vegetal

Sub reino : Embryophita

División : Angiospermae

Clase : Dicotyledonea

Sub clase : Dialipetalas

Orden : Opuntiales

Familia : Cactaceae

Sub familia : Opuntioideae

Tribu : Opuntiae

Género : Opuntia

Especie : *Opuntia ficus indica*

2.2.4. Importancia

Salazar y Moncayo (2008) manifiesta que la fruta se consume en fresco pero también en mermeladas, jugos y otros tipos de alimentos preparados. Posee un alto contenido de fósforo, calcio, vitaminas y además algunas propiedades medicinales. Sus pencas son muy apetecidas por el ganado y el polen de sus flores son aprovechados por las abejas para la producción de miel, ya que en el C: P. San Cristóbal las abejas se benefician de las flores orgánicas del cultivo de tuna.

Las pencas de la planta de tuna (llamadas en México “nopalitos”), cuando tienen entre nueve meses a dos años de edad, producen cochinilla. Sin embargo las pencas con y sin espinas, se utilizan para alimentar animales (vacas, cabras, ovejas, cuyes, etc.) durante las épocas de sequía, también se usa como clarificante de las aguas turbias en épocas de lluvias. Las raíces son superficiales, abundantes y forman una malla que agarra el suelo, evitando la erosión por las lluvias, sobre todo en terrenos de ladera. Las pencas productos de la poda son aprovechados para la elaboración de compost ya que es un producto nutritivo y orgánico para el cultivo de tuna (Solano, 2000).

2.2.5. Variedades

Amaya (2009) señala que las variedades de tunas existentes se diferencian por la coloración del fruto de tuna y por la presencia o ausencia de espinas esto es muy variable a continuación se describe:

a) Por la coloración del fruto

- Blanca: Dulce, cristalina jugosa, con espinas.
- Amarilla: Muy dulce, muchas semillas, con espinas
- Colorada: Grande, delicada, arenosa, con espinas.

b) Por la presencia de espinas

- Espinosas.
- Semi- espinosas.
- Sin espinas.

2.2.6. Exigencias del cultivo

Las plantas del género *Opuntia* se han desarrollado muy bien en distintos ambientes, desde zonas áridas a nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes de Perú; desde regiones tropicales de México donde las temperaturas están siempre por sobre los 5 °C a áreas de Canadá que en el invierno llegan a -40 °C, por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés

para zonas ecológicas muy diversas (Nobel, 1998).

La tuna se desarrolla bien con temperaturas medias anuales entre 12-34 °C, con un rango óptimo de 16-23 °C. Heladas de -10 °C afectan al cultivo, sobre todo es plantaciones jóvenes. Las bajas temperaturas (promedio diario menor a 15 °C) disminuyen el número de flores y alargan el período de maduración del fruto pudiendo llegar hasta después del invierno. En la fructificación, cuando el promedio de temperatura diario llega a 25 °C el período de maduración de los frutos es muy corto, lo que obliga a una rápida cosecha para evitar que los frutos pierdan su calidad comercial (Ríos Y Quintan, 2004).

Se adapta bien a suelos con diversas texturas y composiciones, pero se desarrolla mejor en suelos arenosos, calcáreos, con al menos 30 cm de profundidad, bien drenados, pH 6,5-8,5 y pedregosos (Ríos y Quintan, 2004).

2.2.7. Fisiología de la maduración

Acuña (2003) menciona que las frutas son estructuras vivas que después de la recolección continúan desarrollando sus procesos metabólicos y manteniendo sus sistemas fisiológicos. Toman oxígeno del aire y desprenden dióxido de carbono, agua, sustancias volátiles y calor. Tras la recolección continúan respirando y transpirando; y como han perdido su fuente de agua, productos de la fotosíntesis y minerales dependen de sus reservas alimenticias y de su contenido de agua. Esta actividad fisiológica puede conducir a la disminución de su calidad o en otros casos alcanzar su grado de maduración. Fisiológicamente la recolección equivale a un trauma, debido a la dolorosa separación del fruto de la planta, sometiéndose a un estrés que determina cambios esenciales en el metabolismo y por ende cambios

bioquímicos y fisiológicos, reflejados en las características del producto. El fruto alcanza su máximo grado de desarrollo cuando llega a su tamaño definitivo, una vez terminado el crecimiento en tamaño.

a) Respiración

Terranova (1995) señala que el proceso metabólico que consiste en la degradación por oxidación de las sustancias que por lo general se encuentra presentes en las células (almidón, azúcares y ácidos orgánicos), dióxido de carbono y agua con liberación de energía y otras moléculas utilizadas para reacciones de síntesis celular. Para desarrollar todas las reacciones que determinan la maduración, se necesita energía a partir de la respiración.

b) Comportamiento climatérico

Carrillo (1998) revela que las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo. Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados; por el contrario, en las frutas no climatéricas, los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno. Las frutas climatéricas pueden ser maduras organolépticamente en la planta o después de cosechadas, las frutas no climatéricas para consumo solo maduran en la planta. Ya que si las cosechamos

verdes no tienden a madurar, al pasar de los días la fruta cosechada empieza a deshidratarse.

c) Transpiración

Carrillo (1998) indica que las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80 % o más) y en la etapa de crecimiento tienen abundante agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración.

2.2.8. Maduración

Thompson (2008) menciona que la maduración es la secuencia de cambios en color, olor, sabor y textura. Los cambios asociados con la maduración implican pérdida de clorofila, aparición de otros pigmentos, cambios en la acidez, astringencia y dulzor, cambios en el contenido de ácido, fenoles, azúcares y compuestos volátiles y cambios en la textura del fruto durante su maduración de la tuna.

a) Madurez fisiológica

Acuña (2003) indica que la madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta donde ha llegado al máximo crecimiento y maduración. La etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta

(crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas. Una fruta se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual esta puede continuar madurando normalmente para consumo aun después de cosechada, este proceso depende si la fruta es climatérica o no climatérica por ejemplo las frutas no climatéricas son los cítricos, tuna esto quiere decir que una vez cosechada ya no tienden a madurar, sin embargo las frutas climatéricas son las que continúan madurando una vez realizado la cosecha como es el plátano.

b) Madurez comercial

La FAO (1987) afirma que la madurez comercial dependerá del tipo de mercado de destino, comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo. Los términos inmadurez, madurez óptima y sobre madurez se relacionan con las necesidades del mercado. Para determinar la madurez óptima de recolección de frutas y hortalizas se usa una combinación de criterios subjetivos y objetivos; en el método subjetivo se emplea los sentidos para evaluar la madurez de frutas y hortalizas

c) Madurez hortícola

Acuña (2003) afirma que el estado de desarrollo de la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.

Tabla 2. *Parámetros para medición subjetiva*

Sentido	Aspectos a observar
Vista	Color, tamaño y forma
Tacto	Áspero, suave, blando y duro
Oído	Sonido del producto al tocarlo con los dedos
Olfato	Olor y aroma
Gusto	Ácido, dulce, salado y amargo.

Fuente: FAO, 1987

d) Madurez de consumo u organoléptica

Carpenter (2000) indica que es estado de desarrollo de la fruta tiene las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura y composición interna)

2.2.9. Senescencia

Terranova (1995) menciona que la etapa de desarrollo en que los procesos bioquímicos de síntesis dan paso a los degradantes que conducen al envejecimiento y muerte. Como consecuencia las frutas se vuelven insípidas y la textura blanda y se hacen susceptibles al ataque de microorganismos (pudrición). El crecimiento y madurez de la fruta se completa cuando esta permanece unida a la planta pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden proseguir una vez separada de ella.

2.2.10. Cambios de las características en la producción

Durante el desarrollo y maduración las frutas pasan una serie de cambios internos de sus componentes, se mencionan los principales cambios observados en las frutas maduras para consumo y su relación con la composición interna de las mismas (FAO, 1987).

a) Desarrollo del color

Amaya (2009) señala que con la maduración por lo general disminuye el color verde de las frutas debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo (carotenoides y antocianinas) que le dan aspecto más atractivo a esta.

b) Desarrollo del sabor aroma

Amaya (2009) indica que el sabor cambia debido a la hidrólisis de los almidones que se transmiten en azúcares, por la desaparición de los taninos y otros productos causantes del sabor astringente y por la disminución de la acidez debido a la degradación de los ácidos orgánicos. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que le imparten un olor característico a las diferentes frutas.

c) Cambios en firmeza

Carpenter (2000) afirma que por lo general, la textura de las frutas cambia debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por x tornan blandos y más susceptibles de ser dañados durante el

manejo poscosecha.

2.2.11. Tratamientos poscosecha

Amaya (2009) indica los tratamientos poscosecha tienen la finalidad de que el fruto llegue a los mercados y consumidores en un buen estado, protegiéndolo de las condiciones que le otorgan su transporte, el empaquetado, la conservación en frío y su comercialización. La susceptibilidad a daños poscosecha varían según el tipo de cultivo ya sea frutas y/o hortalizas, esto dependerá de las condiciones climáticas que se someta durante el proceso de post cosecha.

a) Remoción de gloquídios o espinas

Amaya (2009) indica que es muy importante que los frutos lleguen al mercado sin espinas porque es uno de los principales factores que disminuyen su aceptación, en general, son eliminados mediante el cepillado manual, al aire libre o en área cubierta, artesanalmente es desespinado con hierbas suaves frotando suavemente la fruta sin dañarlo o mecánicamente con cepillos rotativos. Debido a que este proceso causa microlesiones en la piel del fruto para evitar infecciones con patógenos, se han propuesto otras alternativas para la eliminación de los gloquídios como el uso de aspiradoras.

b) Tratamientos del fruto

Fernando (1989) menciona que existen algunos tratamientos probados para prolongar la vida del fruto, cabe destacar los tratamientos con calor, especialmente los tratamientos con agua caliente y pueden ser:

- Aplicación de tratamientos térmicos con agua y aire caliente

Fernando (1989) afirma en un estudio realizado en el V Congreso de Tecnología Poscosecha y Agroexperimentaciones, en Argentina se probó que los tratamientos realizados con agua caliente fueron más efectivos para mantener la calidad de los frutos, que los tratamientos con aire caliente. De los tratamientos térmicos con agua probados se observó que los mejores para mantener la apariencia general, retardar el daño por frío y el desarrollo fúngico fueron: 55 °C, tres minutos y 52 °C, cinco minutos

- Cloro

Es uno de los elementos más comunes para la desinfección del agua. El cloro se puede aplicar para la desactivación de la actividad de la gran mayoría de los microorganismos, y es relativamente barato. El cloro mata patógenos como las bacterias y los virus, rompiendo las uniones químicas moleculares. Los desinfectantes usados para esta aplicación consisten en compuestos de cloro que pueden intercambiar átomos con otros compuestos, como enzimas en bacteria y otras células (Fernando, 1989).

2.2.12. Valor nutricional

Esquivel (2004) revela que las pencas son ricas y contienen además sales minerales (calcio, fosforo, hierro) y vitaminas sobre todo la vitamina C.

Kadder (2005) indica que las tunas contienen alrededor de un 12 a 17 % de azúcares, de 6,0 a 6,6 de pH. Las frutas de tuna contienen 92% de agua, 4 a 6 % de carbohidratos, 1 a 2 % de proteína, 1 % de minerales y una cantidad moderada

de vitaminas, principalmente A y B de acuerdo con los datos obtenidos, los frutos son altos en carbohidratos y moderados en proteínas, minerales y vitaminas. Las características anti nutricional, tales como las espinas, pueden afectar el valor nutricional limitada la palatabilidad y digestibilidad y de esta manera la eficiencia de utilización.

Tabla 3. *Valor nutricional de la tuna en 100 g de porción comestible*

Concepto	Contenido
Porción comestible	78,00
Energía (Kcal.)	27,00
Proteína (g)	1,70
Grasas (g)	0,30
Carbohidratos (g)	5,60
Calcio (mg)	93,00
Hierro (mg)	1,60
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	0,06
Niacina (mg)	0,03
Ac. Ascórbico (mg)	8,00

Fuente: Esquivel, 2004

2.2.13. Producción de tuna

AGRODATA (2013) indica que históricamente los departamentos de Ayacucho (20 %), Arequipa (15 %), Huancavelica (15 %) y Lima (14 %), son los mayores productores de tuna en el Perú, aportando aproximadamente el 66 % del total de la producción a nivel nacional. Con excepción de los productores de Lima y Ayacucho que venden en el mercado limeño y marginalmente en el exterior, la mayoría produce para el consumo regional.

Por lo tanto se menciona que la mayor producción se da en el Distrito de San Cristóbal con 1 167 Toneladas que es más del 50 % que de la producción de la Región Moquegua. (DRAM, 2014).

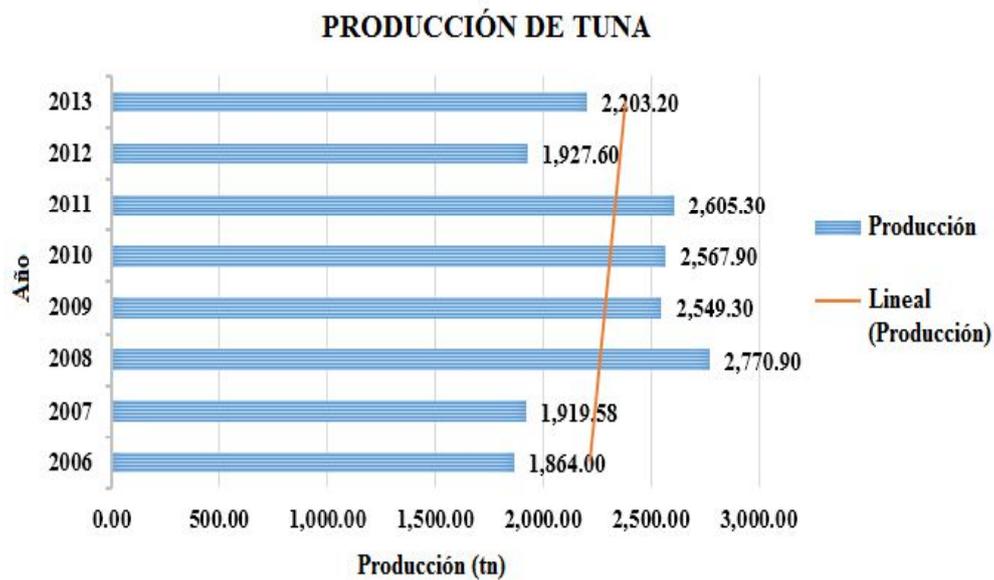


Figura 1. Producción de tuna en la Región Moquegua.

Fuente: DRAM, 2014

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. En cuanto a su finalidad: Se distingue como Aplicada, ya que sus aportes están dirigidos a iluminar la comprensión referida a un aspecto de la realidad perteneciente al dominio de estudio de una disciplina científica en específico.

3.1.2. Según el tipo de diseño de investigación: Es Experimental, debido a la utilización de variables de mediciones tanto independientes como dependientes.

3.1.3. Según su prolongación en el tiempo: Es Transversal o Sincrónica; ya que el estudio se circunscribe a un momento puntual, un segmento de tiempo durante el año a fin de medir o caracterizar la situación en ese tiempo específico.

3.1.4. Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados: Es Cuantitativa, ya que la preponderancia del estudio de los datos se basa en la cuantificación y cálculo de los mismos.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial tres x dos x cuatro con tres repeticiones. El primer Factor a estudiar es A Estadios (2, 3 y 4), segundo Factor B Temperaturas (temperatura ambiente 20 °C y temperatura refrigerada 10 °C) y el tercer Factor C Días de almacenamiento (0, 4, 8 y 12 días de evaluación) con una combinación de 18 tratamientos y tres repeticiones con un total de 54 unidades experimentales.

3.2.1.1. Etapa I: Determinación de estadios de madurez de la tuna

Se realizó el estudio para determinar la madurez, de acuerdo a los procesos relacionados con el desarrollo de los frutos, debido a que es de gran importancia establecer los índices de madurez, técnicas de conservación en pos cosecha, capaces de incrementar la vida útil de tuna. Para este objetivo, se tomaron una muestra de tunas a partir de los 70 días después de la floración con intervalos de 10 días hasta obtener tres estadios de madurez.

3.2.1.2. Etapa II: Procesamiento de almacenamiento

En esta etapa se sometió la tuna a un proceso de almacenamiento empleando a dos temperaturas una a temperatura ambiente 20 °C, temperatura refrigerada 10 °C y tres tiempos de evaluación 0, 4, 8 y 12 días; para lo cual se eligió tunas del estadio 2 (IP) Inicio de Pigmentación, 3 (AP) Amarillo Predominante y 4 (AA) Amarillo Anaranjado, los cuales corresponden a las tres etapas de maduración de la tuna.

3.2.1.3. Etapa III: Evaluación sensorial

Esta etapa consiste en la evaluación por jueces semientrenados con la finalidad de poder determinar, con cuál de los estadios de madurez se obtiene la mejor calidad sensorial como es el (color, olor, sabor y aceptabilidad) en grupos de jóvenes y adultos.

Tabla 4. *Determinación de estadios de madurez de frutos de tuna*

Estadio	Días después de floración	Nº de frutos /muestra	Análisis
Estadio 2 (IP) inicio de la pigmentación	70	3	°Brix, acidez, pH, índice de madurez
Estadio 3 (AP) amarillo Predominante	80	3	°Brix, acidez, pH, índice de madurez
Estadio 4 (AA) amarillo anaranjado	90	3	°Brix, acidez, pH, índice de madurez,

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Factores en estudio

En la tabla 5 se presenta el trabajo de investigación, tuvo tres factores en estudio.

Tabla 5 . *Factores en estudio*

Evaluación del fruto		
Estado de madurez	Estadio	
A	a ₁	Estadio 2 (IP) inicio de la pigmentación
	a ₂	Estadio 3 (AP) amarillo predominante
	a ₃	Estadio 4 (AA) amarillo anaranjado
Temperaturas de almacenamiento		
T almacenada	Temperaturas	
B	b ₁	10°C temperatura refrigerada
	b ₂	20°C temperatura ambiente
Días de Almacenamiento		
Tiempo	Días	
C	c ₁	0
	c ₂	4
	c ₃	8
	c ₄	12

Fuente: Elaboración propia.

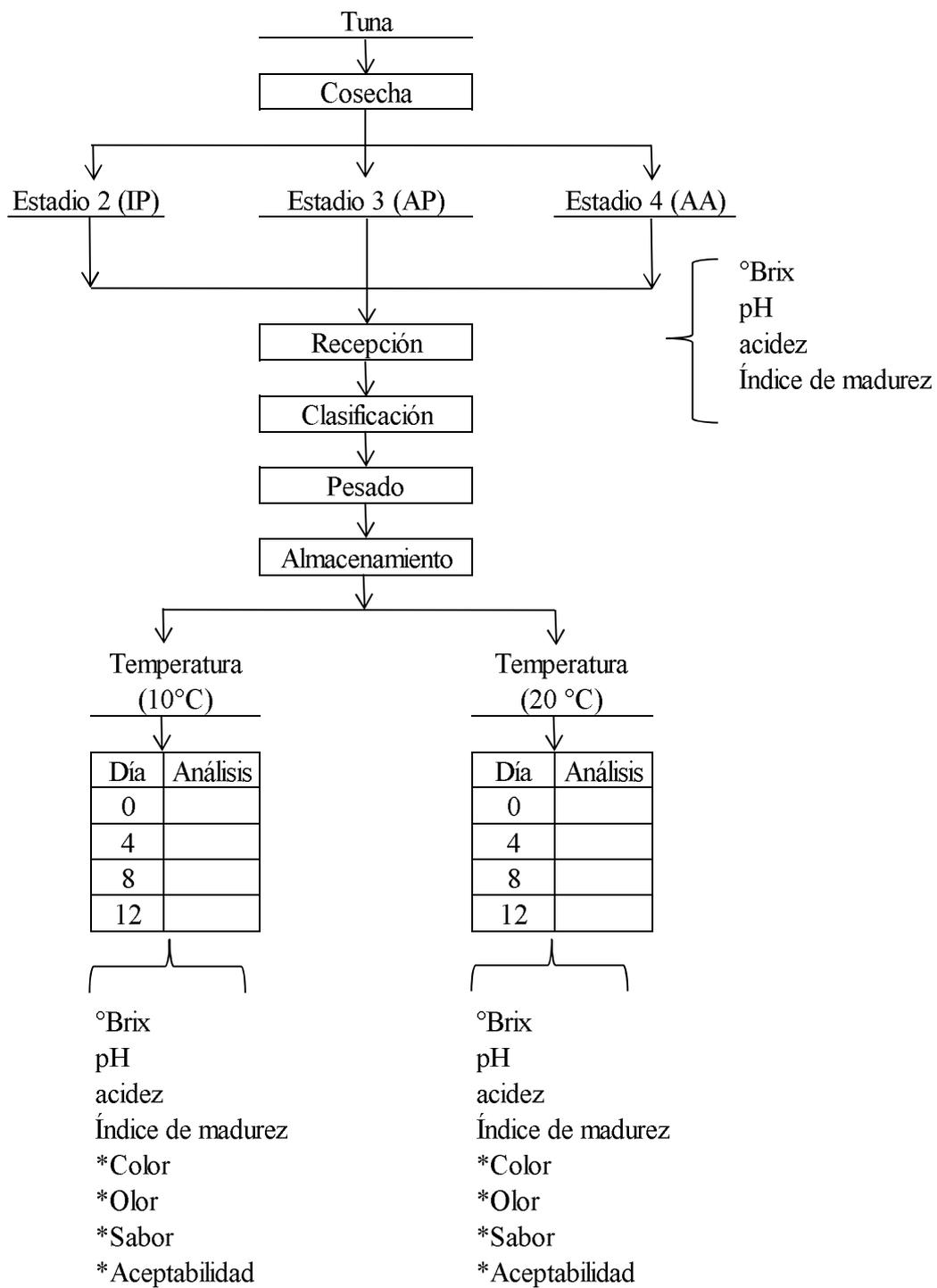


Figura 2. Diseño de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos surgieron de la combinación aleatoria de los factores en estudio.

Tabla 6. Resultado de la combinación de tres factores

Tratamiento	Características
T1	Estadio 2 + Temperatura ambiente 20 °C + 0 días
T2	Estadio 2 + Temperatura ambiente 20 °C + 4 días
T3	Estadio 2 + Temperatura ambiente 20 °C + 8 días
T4	Estadio 2 + Temperatura ambiente 20 °C + 12 días
T5	Estadio 2 + Temperatura ambiente 10 °C + 0 días
T6	Estadio 2 + Temperatura refrigerada 10 °C + 4 días
T7	Estadio 2 + Temperatura refrigerada 10 °C + 8 días
T8	Estadio 2 + Temperatura refrigerada 10 °C + 12 días
T9	Estadio 3 + Temperatura ambiente 20 °C + 0 días
T10	Estadio 3 + Temperatura ambiente 20 °C + 4 días
T11	Estadio 3 + Temperatura ambiente 20 °C + 8 días
T12	Estadio 3 + Temperatura ambiente 20 °C + 12 días
T13	Estadio 3 + Temperatura ambiente 20 °C + 0 días
T14	Estadio 3 + Temperatura refrigerada 10 °C + 4 días
T15	Estadio 3 + Temperatura refrigerada 10 °C + 8 días
T16	Estadio 3 + Temperatura refrigerada 10 °C + 12 días
T17	Estadio 4 + Temperatura ambiente 20 °C + 0 días
T18	Estadio 4 + Temperatura ambiente 20 °C + 4 días
T19	Estadio 4 + Temperatura ambiente 20 °C + 8 días
T20	Estadio 4 + Temperatura ambiente 20 °C + 12 días
T21	Estadio 4 + Temperatura refrigerada 10 °C + 0 días
T22	Estadio 4 + Temperatura refrigerada 10 °C + 4 días
T23	Estadio 4 + Temperatura refrigerada 10 °C + 8 días
T24	Estadio 4 + Temperatura refrigerada 10 °C + 12 días

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población corresponde a la tuna que se producen en el Centro Poblado de San Cristóbal.

3.3.2. Muestra.

La técnica de muestro utilizado en la presente investigación es del tipo no probabilístico por conveniencia. Para la primera etapa de la investigación se utilizó 72 muestras (24 tratamientos * 3 repeticiones), para la segunda etapa del análisis sensorial se utilizó 40 muestras (4 atributos * 10 jueces).



Figura 3. Ubicación del Centro Poblado de San Cristóbal

Fuente: Google Earth, (2017)

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Materiales y equipos de laboratorio

a) Materia prima e insumos

- Tuna variedad amarilla
- Hidróxido de Sodio 0,1 N
- Fenolftaleína al 1% de solución alcohólica
- Agua destilada

b) Materiales de laboratorio

- Bandeja de 30 x 15 cm.
- Pipeta de 5 y 10 ml
- Erlenmeyer de 100 y 250 ml
- Vaso de precipitación de 50 ml
- Probeta graduada de 50 ml
- Bureta graduada de 100 ml
- Soporte universal
- Pinza para bureta
- Pizeta de 100 ml

c) Equipos de laboratorio

- Balanza analítica ELECTRONIC Compact Scale SF- 410, con aproximación de 0,1 g.
- Refractómetro a mano ÓPTIKA modelo HR – 120. Medición de 0 a 32 °Brix.

- Refrigeradora INDURAMA RI379 de 227 L.
- pH metro. HANNA HI5221.
- Termómetro capilar de alcohol.

3.4.2. Recolección

La tuna variedad amarilla fue recolectada en el fundo Cadena, ubicado en el Centro Poblado de San Cristóbal, distrito de San Cristóbal, de la Provincia Mariscal Nieto de la Región Moquegua, y serán transportadas en cajas de cartón envueltas en bolsas de papel microperforadas.

3.4.3. Análisis físico y químico

- °Brix: Se determinó sólidos solubles con el método refractométrico según la norma AOAC 932,14c.
- pH: Se determinará con el método AOAC 981,12.
- Acidez: Se determinará con el método AOAC 942,15.
- Índice de madurez: Se determinó mediante la relación °Brix/acidez

3.4.4. Análisis sensorial

Análisis sensorial (olor, color sabor y aceptabilidad): se determinó por medio de pruebas no paramétricas para datos descriptivos con el fin de determinar diferencias por el Método Krukall Wallis.

3.5. Técnicas de procesamiento de datos

Se analizó la influencia del factor en estudio sobre cada una de las propiedades

físicas y químicas por medio de un arreglo factorial de 3x2x4 con 3 repeticiones, el cual es llevado a un Diseño Completo al Azar utilizando el software InfoStat/E, y las curvas de comportamiento de las propiedades fisicoquímicas mediante el software Sigma Plot 11, de haber diferencias se evaluará los resultados mediante el análisis de la Prueba LSD Fisher cuyo diseño y modelo estadístico detallamos a continuación:

Modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} : es el valor u observación de las características fisico químicas en la i-esima estadio de madurez de tuna amarilla y j-esima repetición

i: 1, 2, 3

j: 1, 2, 3

μ : Media general.

τ_i : Efecto de la i-esima estadio

β_j : Efecto de la i-esima temperatura

τ_i : Efecto de la i-esimo días de almacenamiento

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del factor tuna y factor temperatura

$(\beta\gamma)_{jk}$: Efecto de la interacción del factor temperatura y factor días de almacenamiento

$(\alpha\gamma)_{ik}$: Efecto de la interacción del factor tuna y factor días de almacenamiento

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: Efecto de la interacción del factor tuna, factor temperatura y factor días de almacenamiento

ϵ_{ij} : Error residual

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Determinación de las características fisicoquímicas de la tuna cosechada a diferentes estadios de madurez

La tabla 7 muestra las características fisicoquímicas de la tuna amarilla, cosechadas a los diferentes estadios de madurez para día 0), no se considera la diferenciación de los datos y/o análisis de varianza según estadios debido que dicho análisis será contrastado posteriormente.

Tabla 7. *Características fisicoquímicas de tuna amarilla en el día cero*

Estadios	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	pH (pH)	% Ácido cítrico (Acidez)	Índice Madurez (IM)
Estadio 2	10,87 ±0,26	7,38 ±0,02	0,09 ±0,01	123,86 ±12,18
Estadio 3	12,88 ±0,44	7,37 ±0,02	0,09 ±0,01	139,02 ±14,12
Estadio 4	13,03 ±0,33	7,20 ±0,18	0,08 ±0,01	164,60 ±13,06

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados mostrados en la tabla 7, muestra que el estadio 4 presenta valores de: en el °Brix 13,03 que es el mayor con respecto a los estadios 3 y 2 con valores de 12,88 y 10,87. El valor obtenido por el estadio 3 se debe a la falta de desarrollo fisiológico ya que las frutas tienen a desarrollar azúcares mediante la reducción de la acidez. En la acidez no se muestra variación obteniéndose 0,09 mg ácido cítrico/100 g, al no obtener valores diferentes a diferencia del °Brix, se observa que la tuna presenta en su composición mayor cantidad de minerales. En el pH por su parte el estadio 2 presenta mayor valor de 7,38 frente a los estadios 3 y 4 con 7,37 y 7,20; siendo que dichos resultados obtenidos colocan a la tuna como una fruta no ácida. En el índice de madurez, se obtuvo que el mayor valor corresponda al estadio 4 con 164,60, esto debido a la mayor cantidad de °Brix.

4.1.2. Evaluación de los cambios en condiciones de almacenamiento, días de almacenamiento y diferentes estadios de madurez

Para la evaluación se ha creado un diseño experimental el cual estimará los efectos de 3 factores categóricos según estadios de cosecha (2, 3 y 4), temperatura (10 y 20 °C) y días de almacenamiento (0, 4, 8 y 12 días) frente a las propiedades físicoquímicas (°Brix, acidez, pH e índice de madurez).

4.1.2.1. °Brix

Los comportamientos en cuanto a ° Brix a los diferentes estadios de madurez, con respecto a los días de almacenamiento y diferentes temperaturas se muestran en las figuras 4 y 5.

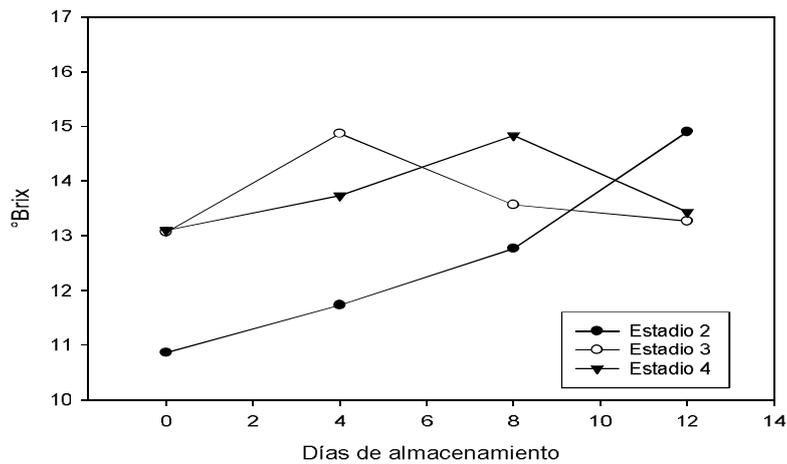


Figura 4. Comportamiento de °Brix a 10°C almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se observa que en el estadio 2 en cuanto a °Brix mientras pasa los días de almacenamiento aumenta de 11 a 12,50 en 8 días de almacenamiento y de 8 a 12 días aumenta a 15 °Brix; en el estadio 3 sube de 13 a 15 en 4 días y luego baja de 15 a 12 en 4 días hasta el día 12 de almacenamiento; y en el estadio 4 los °Brix sube de 13 a 15 en 8 días y luego baja 13 °Brix en 4 días hasta el días 12, esto se debe a la inadecuada cosecha de la tuna.

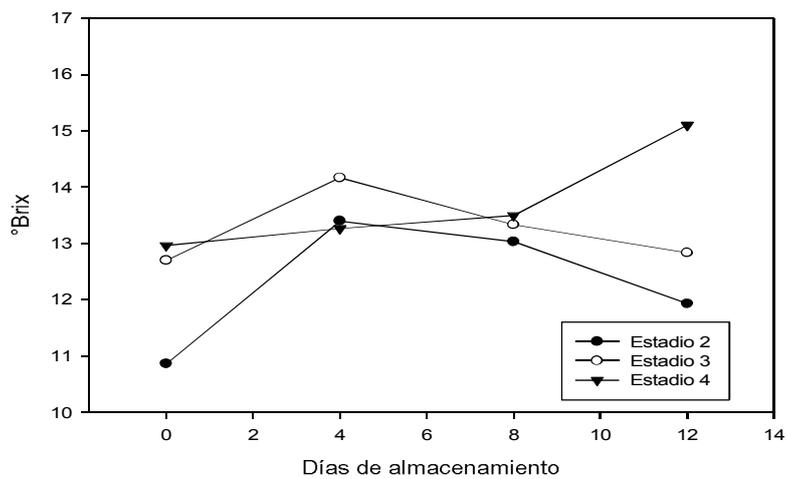


Figura 5. Comportamiento de °Brix a 20°C de almacenamiento por estadios

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 5, en el estadio 2 los °Brix aumenta de 11 a 13 en 4 días de almacenamiento y del 4 a 12 días baja a 12 °Brix; En el estadio 3 los °Brix sube de 12,7 a 14,2 en 4 días y luego baja a 12,5 en 8 días hasta el día 12 de almacenamiento; en el estadio 4 los °Brix sube de 13 a 13,5 en 8 días y luego sube a 15 °Brix en 4 días hasta el día 12, debido a una mala cosecha, ya que según Sáenz et al (2006), estos deberían incrementarse según los días de almacenamiento.

Tabla 8. Tabla de medias por mínimos cuadrados para °Brix con intervalos de confianza al 95 %

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite inferior	Límite superior
MEDIA GLOBAL	72	13,17			
Estadio					
2	24	12,35	0,220	11,852	12,739
3	24	13,48	0,220	13,031	13,918
4	24	13,74	0,220	13,298	14,184
Temperatura					
10	36	13,25	0,179	12,888	13,611
20	36	13,09	0,179	12,729	13,453
Días de almacenamiento					
0	18	12,26	0,254	11,749	12,772
4	18	13,34	0,254	12,827	13,850
8	18	13,51	0,254	12,993	14,017
12	18	13,58	0,254	13,066	14,089

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 muestra la media de °Brix para cada uno de los niveles de los factores, muestra también los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de

la variabilidad en su muestreo, las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95 % para cada una de las medias.

Tabla 9. *Análisis de varianza para °Brix - suma de cuadrados tipo III*

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	Sig.
Estadio	2	28,42	14,21	12,18	3,23	5,10	**
Temperatura	1	0,45	0,45	0,39	4,05	7,22	NS
Días	3	20,40	6,80	5,83	2,81	4,24	**
Estadio*Temperatura	2	0,71	0,35	0,30	3,23	5,10	NS
Estadio*Días	6	17,90	2,98	2,56	2,30	3,22	*
Temperatura*Días	3	3,35	1,12	0,96	2,81	4,24	NS
Estadio*Temperatura*Días	6	29,04	4,84	4,15	2,30	3,22	**
Error	48	55,97	1,17				
Total	71	156,25					

CV: 8,20 %

*: Significativo **: Altamente significativo NS: No significativo

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 de ANOVA descompone la variabilidad de °Brix en contribuciones debidas a varios factores, puesto que se ha escogido la suma de cuadrados tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores ya que prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Dichas tablas fueron obtenidas mediante el uso del software InfoStat/E.

Analizada la varianza para la variable °Brix, se detectó que en el factor independiente resulta ser altamente significativo en la variable estadio, y en la variable días; a nivel de estadio – días significativo y en la interacción estadio –

días – temperatura altamente significativo, con un Coeficiente de Variabilidad de 8,20 %.

A continuación se muestra en la tabla 10, 11, 12 y 13 aplica un procedimiento de comparación múltiple LSD Fisher, para determinar cuál de las medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias, con este método hay un riesgo del 5 % al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 10. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio

Estadio	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
4	13,74	24	0,22	a	1º
3	13,48	24	0,22	a	1º
2	12,30	24	0,22	b	2º

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadios por medio de la prueba LSD Fisher, donde los estadios 4 y 3 estadísticamente son iguales con medias de 13,74 y 13,48 °Brix respectivamente, frente al diferente que corresponde al estadio 2 con una media de 12,30 °Brix.

Tabla 11. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por días

Días	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
12	13,58	18	0,25	a	1º
8	13,51	18	0,25	a	1º
4	13,34	18	0,25	a	1º
0	12,26	18	0,25	b	2º

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de días por medio de la prueba LSD Fisher, donde los días 12, 8 y 4 estadísticamente son iguales con medias de 13,58 °Brix, 13,51 y 13,34 °Brix respectivamente, frente al diferente que corresponde al día 0 con una media de 12,26 °Brix.

Tabla 12. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio * días

Estadio	Días	Medias	N°	EE	Sig. 0,05			Orden mérito
3	4	14,52	6	0,44	a			1°
4	12	14,27	6	0,44	a	b		2°
4	8	14,17	6	0,44	a	b		2°
4	4	13,50	6	0,44	a	b	c	3°
3	8	13,45	6	0,44	a	b	c	3°
2	12	13,42	6	0,44	a	b	c	3°
3	12	13,05	6	0,44	b c d			4°
4	0	13,03	6	0,44	b c d			4°
2	8	12,90	6	0,44	c d			5°
3	0	12,88	6	0,44	c d			5°
2	4	12,00	6	0,44	d e			6°
2	0	10,87	6	0,44	e			7°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadios - días por medio de la prueba LSD Fisher, donde la interacción del estadio 2 en los días 0 y 4 son iguales entre sí, presentando la menor media obtenida con 10,87 y 12,00 °Brix, frente a los demás que presentan muchas similitudes entre sí.

Tabla 13. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para °Brix por estadio * días

Estadio	Temperatura	Días	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden	mérito
4	20	12	15,10	3	0.62	a		1°
2	10	12	14,90	3	0.62	a b		2°
3	10	4	14,87	3	0.62	a b c		3°
4	10	8	14,83	3	0.62	a b c d		4°
3	20	4	14,17	3	0.62	a b c d e		5°
4	10	4	13,73	3	0.62	a b c d e		5°
3	10	8	13,57	3	0.62	a b c d e f		6°
4	20	8	13,50	3	0.62	a b c d e f		6°
4	10	12	13,43	3	0.62	a b c d e f		6°
2	20	4	13,40	3	0.62	a b c d e f		6°
3	20	8	13,33	3	0.62	a b c d e f		6°
3	10	12	13,27	3	0.62	b c d e f		7°
4	20	4	13,27	3	0.62	b c d e f		7°
4	10	0	13,10	3	0.62	b c d e f		7°
3	10	0	13,07	3	0.62	c d e f		8°
2	20	8	13,03	3	0.62	d e f		9°
4	20	0	12,97	3	0.62	e f		10°
3	20	12	12,83	3	0.62	e f		10°
2	10	8	12,77	3	0.62	e f		10°
3	20	0	12,70	3	0.62	e f		10°
2	20	12	11,93	3	0.62	f g		11°
2	20	10	10,87	3	0.62	g		12°
2	10	0	10,87	3	0.62	g		12°
2	10	4	10,60	3	0.62	g		12°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 13 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadios - temperatura - días por medio de la prueba LSD Fisher, donde el estadio 4 presenta mejor estabilidad frente a los días.

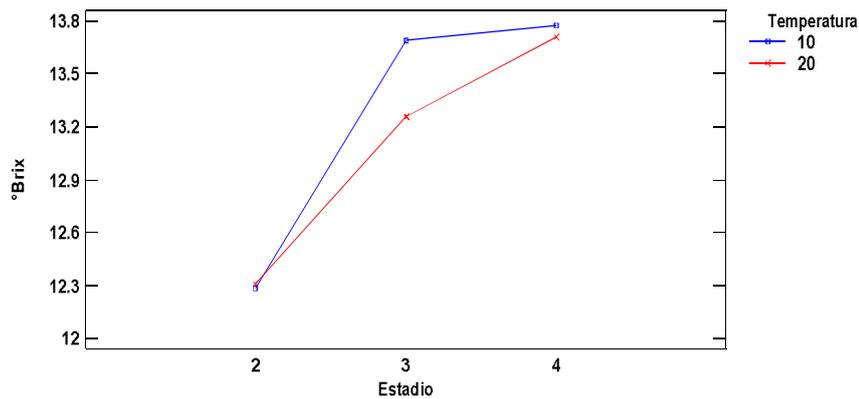


Figura 6. Interacciones entre los efectos principales para el ° Brix

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 se observa a una temperatura de 10 °C los °Brix aumentan de 12,30 a 13,70 del estadio 2 al estadio 3, luego aumenta hasta 13,80 del estadio 3 al 4, y a una temperatura de 20 °C los °Brix aumentan de 12,30 a 13,30 del estadio 2 al estadio 3 y luego aumenta de 13,30 a 13,70 °Brix del estadio 3 al estadio 4.

4.1.2.2. pH

Los comportamientos en el pH de los diferentes estadios de cosecha evaluados, almacenados a temperaturas de 10 y 20 °C, con respecto a los días de almacenamiento se muestran en las figuras 7 y 8.

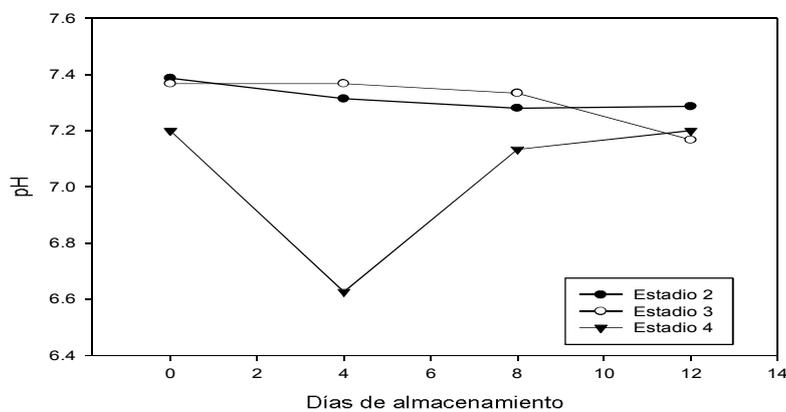


Figura 7. Comportamiento del pH a 10 °C almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7, el pH en el estadio 2 disminuye en forma lenta de 7,40 a 7,30 ligeramente básico en un periodo de 8 días luego es constante hasta el día 12, en el estadio 3 disminuye a 7,20 en un periodo de 12 días, en el estadio 4 disminuye de 7,20 a 6,60 en el periodo de 4 días y aumenta de 6,4 a 7,20 en 4 días hasta el día 12.

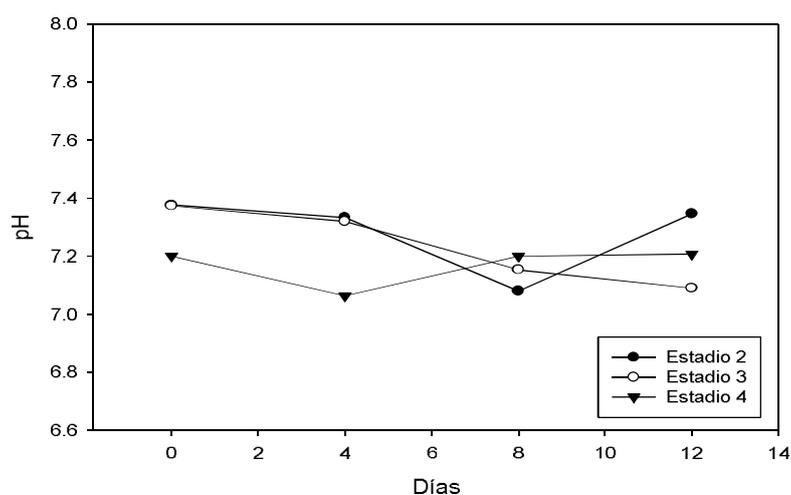


Figura 8. Comportamiento del pH a 20 °C de almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8 los resultados muestran que el pH en los estadios 2, 3 y 4 se observa disminuciones debido a la degradación de los ácidos orgánicos presentes en la tuna (Sáenz et al., 2006).

La tabla 14 muestra la media de pH para cada uno de los niveles y factores, muestra también los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo, las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95 % para cada una de las medias.

Según se muestra la tabla 14 los valores promedio de los estadios serán analizados por medio de ANOVA frente a la acción de estos a 10 y 20 °C de temperatura, y a 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento.

Tabla 14. Tabla de medias por mínimos cuadrados para pH con intervalos de confianza del 95 %

Nivel	Casos	Media	EE	Límite inferior	Límite superior
MEDIA GLOBAL	72	72,251			
Estadio					
2	24	73,004	0,0279	72,441	73,567
3	24	72,712	0,0279	72,149	73,275
4	24	71,037	0,0279	70,474	71,600
Temperatura					
10	36	72,216	0,0228	71,757	72,676
20	36	72,286	0,0228	71,826	72,745
Días					
0	18	73,172	0,0323	72,522	73,822
4	18	71,705	0,0323	71,055	72,355
8	18	71,966	0,0323	71,316	72,616
12	18	72,161	0,0323	71,511	72,811

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Análisis de varianza para pH - suma de cuadrados tipo III

FV	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Estadio	2	0,54	0,27	14,37	3,23	5,10	**
Temperatura	1	8,70	8,70	0,05	4,05	7,22	NS
Días	3	0,22	0,07	3,94	2,81	4,24	*
Estadio*Temperatura	2	0,14	0,07	3,62	3,23	5,10	*
Estadio*Días	6	0,67	0,11	5,91	2,30	3,22	**
Temperatura*Días	3	0,13	0,04	2,34	2,81	4,24	NS
Estadio*Temperatura*Días	6	0,15	0,03	1,33	2,30	3,22	NS
Error	48	0,90	0,02				
Total	71	2,75					

CV: 1,90 % *: Significativo **: Altamente significativo NS: No Significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 15 de ANOVA descompone la variabilidad de pH en contribuciones debidas a varios factores, puesto que se ha escogido la suma de cuadrados tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Dichas tablas fueron obtenidas mediante el uso del software InfoStat/E.

En la tabla 16, 17, 18 y 19 aplica un procedimiento de comparación múltiple LSD Fisher, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias, con este método hay un riesgo del 5 % al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 16. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio

Estadio	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
2	7,30	24	0,03	a	1º
3	7,27	24	0,03	a	1º
4	7,10	24	0,03	b	2º

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 16 muestra que los estadios 2 y 3 muestran valor medio de 7,30 y 7,27 de pH respectivamente, el menor pH y diferente a todos es el estadio 4 con un valor medio de 7,10.

Tabla 17. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por días

Días	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
0	7,32	18	0,03	a	1°
12	7,22	18	0,03	b	2°
8	7,20	18	0,03	b	2°
4	7,17	18	0,03	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de días por medio de la prueba LSD Fisher, donde el día 0 muestra una media de 7,32 de pH, los días 12, 8 y 4 estadísticamente son iguales con medias de 7,17; 7,20 y 7,22 pH respectivamente.

Tabla 18. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio - temperatura

Estadio	Temperatura	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
2	10	7,32	12	0,04	a	1°
3	10	7,31	12	0,04	a	1°
2	20	7,28	12	0,04	a	1°
3	20	7,23	12	0,04	a b	2°
4	20	7,17	12	0,04	b	3°
4	10	7,04	12	0,04	c	4°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 18 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística entre estadio – temperatura por medio de la prueba LSD Fisher, donde nos muestra que son iguales entre sí (2:10, 3:10 y 2:20); y diferente frente a las combinaciones (3:20 y 4:20), donde el estadio 4 y temperatura 10 presenta una media de 7,04 pH siendo este diferente a las demás combinaciones de estadio temperatura.

Tabla 19. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para pH por estadio - días

Estadio	Días	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
2	0	7,38	6	0,06	a	1º
3	0	7,37	6	0,06	a	1º
3	4	7,34	6	0,06	a b	2º
2	4	7,32	6	0,06	a b c	3º
2	12	7,32	6	0,06	a b c	3º
3	8	7,24	6	0,06	a b c d	4º
4	12	7,20	6	0,06	b c d	5º
4	0	7,20	6	0,06	b c d	5º
2	8	7,18	6	0,06	c d	6º
4	8	7,17	6	0,06	c d	6º
3	12	7,13	6	0,06	d	7º
4	4	6,85	6	0,06	e	8º

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística entre estadio – días por medio de la prueba LSD Fisher, donde el estadio 4 y día 4 presenta una media de 6,85 pH siendo este diferente estadísticamente frente a las demás combinaciones .

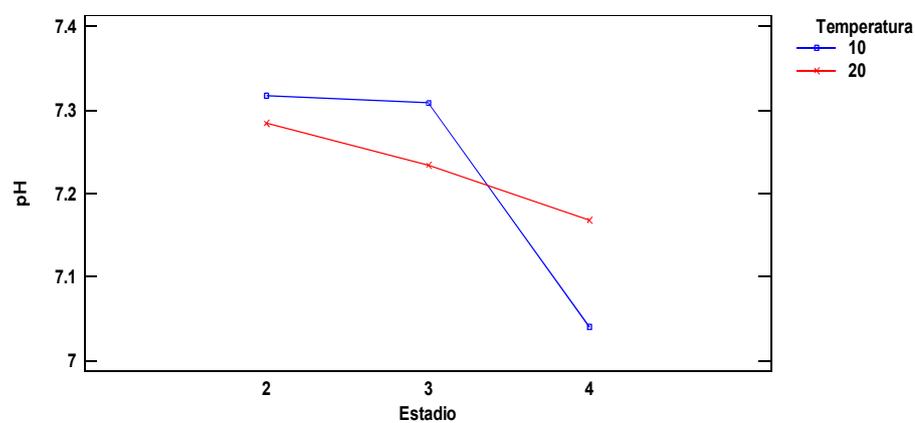


Figura 9. Interacciones entre los efectos principales para el pH

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, el pH en una temperatura de 10 °C disminuye de 7,32 a 7,30 del estadio 2 al estadio 3, y disminuye rápidamente de 7,30 a 7,05 del estadio 3 al estadio 4, y a una temperatura de 20 °C disminuye de 7,28 a 7,15 del estadio 2 al estadio 4.

4.1.2.3. Acidez

El comportamiento en la acidez de los diferentes estadios de cosecha evaluados, almacenados a diferentes temperaturas de 10 °C refrigeración y 20 °C temperatura ambiente, con respecto al tiempo de almacenamiento se muestra en las figuras 12 y 13.

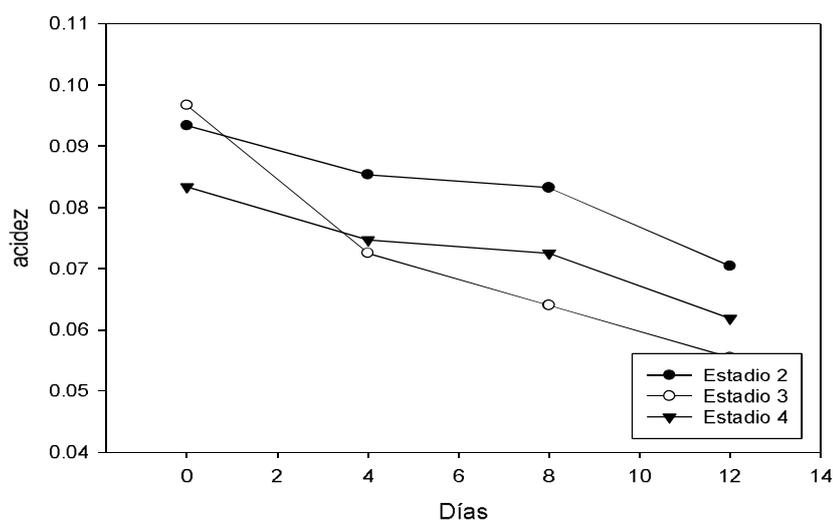


Figura 10. Comportamiento de acidez a 10 °C de almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10 nos muestra a una temperatura de refrigeración de 10 °C de almacenamiento la acidez disminuye de 0,10 a 0,05 en los diferentes estadios de madurez.

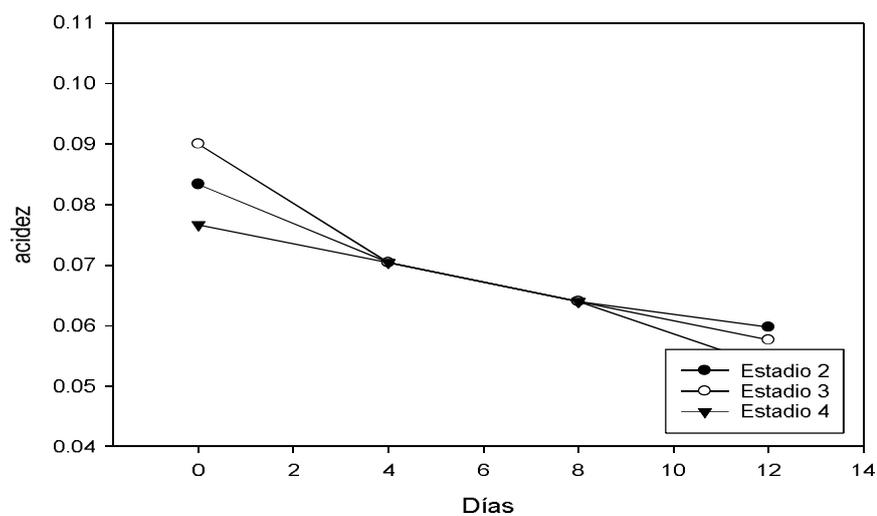


Figura 11. Comportamiento de la acidez a 20 °C a de almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 nos indica a una temperatura de refrigeración de 20 °C, la acidez disminuye de 0,09 a 0,05 en los estadios 2, 3 y 4.

Tabla 20. Tabla de medias por mínimos cuadrados para acidez con intervalos de confianza del 95 %

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite inferior	Límite superior
MEDIA GLOBAL	72	0,0724			
Estadio					
2	24	0,0762	0,0012	0,0737	0,0787
3	24	0,0713	0,0012	0,0688	0,0738
4	24	0,0696	0,0012	0,0670	0,0721
Temperatura					
10	36	0,0761	0,0011	0,0740	0,0782
20	36	0,0686	0,0011	0,0666	0,0707
Días de almacenamiento					
0	18	0,0872	0,0014	0,0843	0,0901
4	18	0,0738	0,0014	0,0709	0,0768
8	18	0,0686	0,0014	0,0657	0,0715
12	18	0,0598	0,0014	0,0569	0,0627

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 20 muestra la media de acidez para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo, las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95 % para cada una de las medias.

Tabla 21. *Análisis de varianza para acidez - suma de cuadrados tipo III*

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	Sig.
Estadio	2	5,70	2,80	7,48	3,23	5,10	**
Temperatura	1	1,00	1,00	26,49	4,05	7,22	**
Días	3	0,01	2,40	62,27	2,81	4,24	**
Estadio*Temperatura	2	4,30	2,20	5,71	3,23	5,10	**
Estadio*Días	6	6,60	1,10	2,90	2,30	3,22	*
Temperatura*Días	3	3,10	1,00	0,27	2,81	4,24	NS
Estadio*Temperatura*Días	6	1,40	2,30	0,60	2,30	3,22	NS
Error	48	1,80	3,80				
Total	71	0,01					

CV: 8,51 %

*: Significativo **: altamente significativo NS: No Significativo

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21 ANOVA descompone la variabilidad de acidez en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que cinco valores son menores que 0,05; estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre acidez con un 95 % de nivel de confianza.

La tabla 22, 23, 24, 25 y 26 aplica procedimiento de comparación múltiple LSD Fisher, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada

par de medias, con este método hay un riesgo del 5 % al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 22. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por estadio

Estadio	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
2	0,08	24	1,30	a	1°
3	0,07	24	1,30	b	2°
4	0,07	24	1,30	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 22 nos muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística a diferentes estadios por medio de la prueba LSD Fisher, donde el estadio 2 presenta un valor de 0,08 y es diferente a los estadios 3 y 4 cuyos valores son de 0,07.

Tabla 23. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por temperatura

Temperatura	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
10	0,08	36	1,00	a	1°
20	0,07	36	1,00	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística a diferentes temperaturas de almacenamiento por medio de la prueba LSD Fisher, donde a temperaturas de 10 y 20 °C las medias son de 0,08 y 0,07 respectivamente son diferentes entre sí.

Tabla 24 . Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por días

Días	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
0	0,09	18	1,50	a	1°
4	0,07	18	1,50	b	2°
8	0,07	18	1,50	c	3°
12	0,06	18	1,50	d	4°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 24 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de días por medio de la prueba LSD Fisher, donde los días 0, 4, 8 y 12, todos son diferentes entre sí, ello debido a los cambios bioquímicos sufridos durante los días de almacenamiento por parte de la tuna.

Tabla 25. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por estadio - temperatura

Estadio	Temperatura	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
2	10	0,08	12	1,80	a	1°
4	10	0,07	12	1,80	b	2°
3	10	0,07	12	1,80	b	2°
3	20	0,07	12	1,80	b c	3°
2	20	0,07	12	1,80	b c	3°
4	20	0,07	12	1,80	c	4°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 25 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadio - temperatura por medio de la prueba LSD Fisher, el estadio 2 y

temperatura 10 presenta el mayor valor de medias con 0,08; frente a las demás que presentan valores similares de acidez.

Tabla 26. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para acidez por estadio - días

Estadio	Días	Medias	Nº	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
3	0	0,09	6	2,50	a	1°
2	0	0,09	6	2,50	a	1°
4	0	0,08	6	2,50	b	2°
2	4	0,08	6	2,50	b c	2°
2	8	0,07	6	2,50	b c d	3°
4	4	0,07	6	2,50	c d	4°
3	4	0,07	6	2,50	c d e	5°
4	8	0,07	6	2,50	d e f	6°
2	12	0,07	6	2,50	e f	7°
3	8	0,06	6	2,50	f g	8°
4	12	0,06	6	2,50	g h	9°
3	12	0,06	6	2,50	h	10°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 26 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadio - días por medio de la prueba LSD Fisher, los mayores valores se presentan en estadio: días (3:0 y 2:0) con 0,09 esto debido a que la acidez, en inicios de la maduración presentan los mayores valores y estos descienden como se muestra en las interacciones de las variables se muestran en la figura 12.

En la Figura 12 nos muestra a 10 °C el I.M. en el estadio 2 al estadio 3 aumenta de 155 a 200 y del estadio 3 al estadio 4 disminuye de 200 a 190. A 20 °C el I.M. en el estadio 2 al estadio 3 aumenta de 180 a 195 y del estadio 3 al estadio 4 aumenta de 195 a 215.

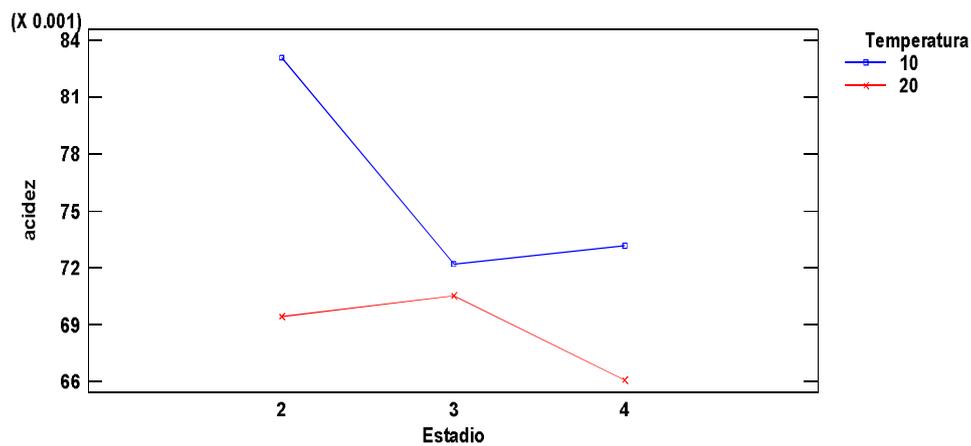


Figura 12. Interacciones entre los efectos principales para acidez.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4. Índice de madurez

El comportamiento del índice de madurez (IM) de los diferentes estadios de cosecha evaluados, almacenados a temperaturas de 10 y 20 °C, con respecto a los días de almacenamiento.

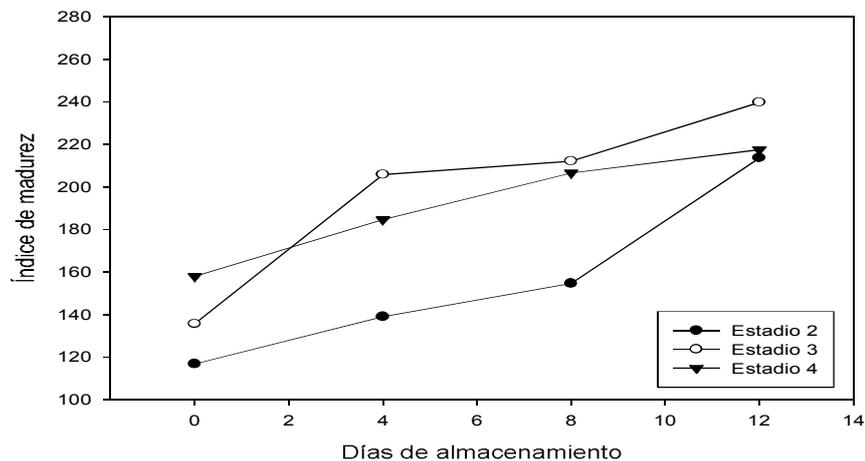


Figura 13. Comportamiento de índice de madurez a 10 °C de almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13, nos muestra a una temperatura de 10 °C, en el estadio 2 el I.M. aumenta de 115 a 200 en 12 días, de almacenamiento; en el estadio 3 el I.M.

aumenta de 135 a 240 en 12 días; y en el estadio 4 el I.M. aumenta de 155 a 210 en 12 días de almacenamiento.

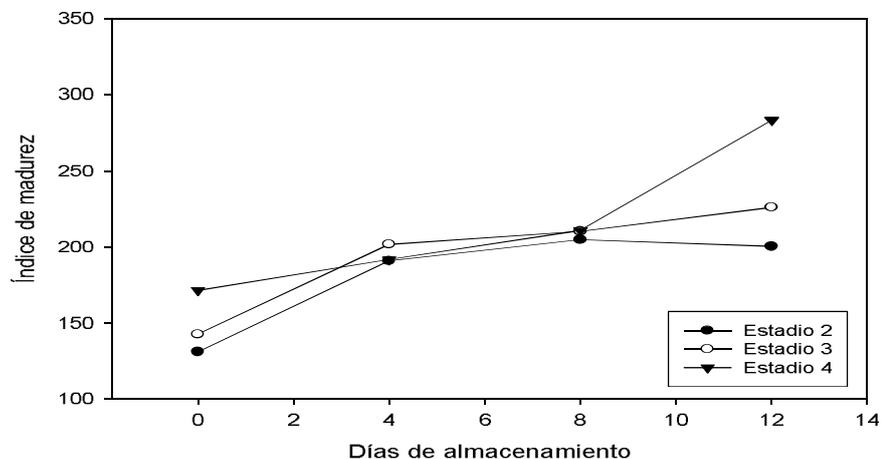


Figura 14. Comportamiento de índice de madurez a 20 °C de almacenamiento por estadios.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14, nos indica que a una temperatura de 20 °C, en el estadio 2 el I.M. aumenta de 130 a 200 en 8 días de almacenamiento; en el estadio 3 el I.M. aumenta de 140 a 290 en 12 días; y en el estadio 4 el I.M. aumenta de 170 a 220 en 12 días de almacenamiento.

Tabla 27. Tabla de medias por mínimos cuadrados para IM con intervalos de confianza del 95 %

FV	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0,05	0,01	
Estadio	2	15849,59	7924,79	15,16	3,23	5,10	**
Temperatura	1	4143,69	4143,69	7,93	4,05	7,22	**
Días	3	71528,05	23842,68	45,6	2,81	4,24	**
Estadio*Temperatura	2	3020,21	1510,11	2,89	3,23	5,10	NS
Estadio*Días	6	3260,33	543,39	1,04	2,30	3,22	NS
Temperatura*Días	3	152,77	50,92	0,1	2,81	4,24	NS
Estadio*Temperatura*Días	6	8356,71	1392,78	2,66	2,30	3,22	*
Error	48	25096,88	522,85				
Total	71	131408,22					

CV: 12,07 %

*: Significativo ** : altamente significativo NS: No Significativo

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 27 ANOVA descompone la variabilidad del IM en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el IM con un 95 % de nivel de confianza.

La tabla 28, 29, 30 y 31 aplica un procedimiento de comparación múltiple LSD Fisher, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias, con este método hay un riesgo del 5 % al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0 entre sí.

Tabla 28. Pruebas LSD Fisher ($\alpha=0,05$ $DMS=1,77279$) para IM por estadio

Estadio	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
4	202,94	24	4,67	a	1°
3	196,67	24	4,67	a	1°
2	168,80	24	4,67	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 28 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadio por medio de la prueba LSD Fisher, donde los estadios 4 y 3 cuyos valores son de 202,94 y 196,67 donde ambos estadísticamente son iguales entre sí, donde el estadio 2 presenta un valor de 168,8 es diferente a los demás.

Tabla 29. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por temperatura

Temperatura	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
20	197,06	36	3,81	a	1°
10	181,88	36	3,81	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 29 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de temperatura por medio de la prueba LSD Fisher, donde la temperatura de 20 °C presenta un valor de 197,06 IM, frente a la temperatura de 10 °C cuyo valor es de 181,88 IM.

Tabla 30. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por días

Días	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden mérito
12	230,02	18	5,39	a	1°
8	199,81	18	5,39	b	2°
4	185,56	18	5,39	b	2°
0	142,49	18	5,39	c	3°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 30 muestra la diferencia estadística de días por medio de la prueba LSD Fisher, donde presenta el mayor valor al día 12 es 230,02 el I.M, y los días 8 y 4 estadísticamente presentan igualdad con valores de 199,81 y 185,56 respectivamente frente al día 0 con el menor valor de 142,49.

Tabla 31. Pruebas LSD Fisher (Alfa=0,05 DMS=1,77279) para IM por estadio - días- temperatura

Estadio	T°	Días	Medias	N°	EE	Sig. 0,05	Orden de mérito
4	20	12	283,35	3	13,2	a	1°
3	10	12	239,58	3	13,2	b	2°
3	20	12	226,09	3	13,2	b c	3°
4	10	12	217,42	3	13,2	b c d	4°
2	10	12	213,46	3	13,2	b c d	4°
3	10	8	211,98	3	13,2	b c d	4°
4	20	8	210,94	3	13,2	b c d	4°
3	20	8	210,28	3	13,2	b c d	4°
4	10	8	206,42	3	13,2	b c d e	5°
3	10	4	205,69	3	13,2	b c d e	5°
2	20	8	204,76	3	13,2	b c d e	5°
3	20	4	201,7	3	13,2	c d e	6°
2	20	12	200,23	3	13,2	c d e	6°
4	20	4	191,67	3	13,2	c d e f	7°
2	20	4	190,83	3	13,2	c d e f	7°
4	10	4	184,50	3	13,2	d e f	8°
4	20	0	171,37	3	13,2	e f g	9°
4	10	0	157,82	3	13,2	f g h	10°
2	10	8	154,48	3	13,2	f g h	10°
3	20	0	142,48	3	13,2	g h i	11°
2	10	4	138,94	3	13,2	g h i	11°
3	10	0	135,56	3	13,2	g h i	11°
2	20	0	130,97	3	13,2	h i	12°
2	10	0	116,74	3	13,2	i	13°

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 31 muestra los resultados obtenidos según la diferencia estadística de estadio – días - temperatura por medio de la prueba LSD Fisher, donde los mayores valores se encuentran en los últimos días de almacenamiento debido a los

cambios bioquímicos tanto por la reducción de la acidez y el incremento de los °Brix alcanzando valores de hasta 283,85.

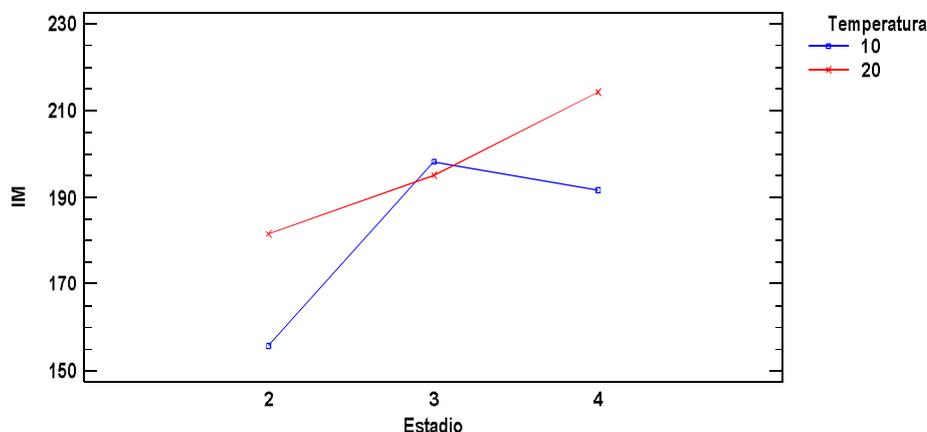


Figura 15. Interacciones entre los efectos principales para el índice de madurez.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Determinación de las características sensoriales al 12 vo día de almacenamiento

4.1.3.1. Color

Tabla 32. Resumen estadístico para color

	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Estadio 2	10	3,10	1,19	1,00	5,00	4,00
Estadio 3	10	3,30	0,67	2,00	4,00	2,00
Estadio 4	10	3,30	0,82	2,00	4,00	2,00
Total	30	3,23	0,89	1,00	5,00	4,00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 32 muestra varios estadísticos luego de desarrollado el análisis sensorial

para color de cada una de los estadios de cosecha, realizado a 10 panelistas. Para probar diferencias significativas entre las medias.

Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis para color

	Tamaño de muestra	Rango promedio
Estadio 2	10	14,55
Estadio 3	10	15,80
Estadio 4	10	16,15

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Kruskal-Wallis de la tabla 33 evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

4.1.3.2. Olor

Tabla 34. Resumen estadístico para olor

	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Estadio 2	10	2,90	0,99	1,00	4,00	3,00
Estadio 3	10	3,70	0,83	2,00	5,00	3,00
Estadio 4	10	3,70	0,95	2,00	5,00	3,00
Total	30	3,43	0,97	1,00	5,00	4,00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 34 muestra varios estadísticos luego de desarrollado el análisis sensorial para olor de cada una de los estadios de cosecha, realizado a 10 panelistas. Para probar diferencias significativas entre las medias.

Tabla 35. *Prueba de Kruskal-Wallis para olor*

	Tamaño de muestra	Rango promedio
Estadio 2	10	11,10
Estadio 3	10	17,85
Estadio 4	10	17,55

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Kruskal-Wallis de la tabla 35 evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

4.1.3.3. Sabor

Tabla 36. *Resumen estadístico para sabor*

	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Estadio 2	10	3,30	1,06	2,00	5,00	3,00
Estadio 3	10	3,70	0,82	2,00	5,00	3,00
Estadio 4	10	3,40	1,17	2,00	5,00	3,00
Total	30	3,47	1,01	2,00	5,00	3,00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 36 muestra varios estadísticos luego de desarrollado el análisis sensorial para sabor de cada una de los estadios de cosecha, realizado a 10 panelistas. Para probar diferencias significativas entre las medias.

Tabla 37. Prueba de Kruskal-Wallis para sabor

	Tamaño de muestra	Rango promedio
Estadio 2	10	14,15
Estadio 3	10	17,35
Estadio 4	10	15,00

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Kruskal-Wallis de la tabla 37 evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

4.1.3.4. Aceptabilidad

Tabla 38. Resumen estadístico para aceptabilidad

	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Estadio 2	10	2,70	0,48	2,00	3,00	1,00
Estadio 3	10	3,60	0,69	2,00	4,00	2,00
Estadio 4	10	3,40	0,96	2,00	5,00	3,00
Total	30	3,23	0,82	2,00	5,00	3,00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 38 muestra varios estadísticos luego de desarrollado el análisis sensorial de aceptabilidad para cada una de los estadios de cosecha, realizado a 10 panelistas. Para probar diferencias significativas entre las medias.

Tabla 39. Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad

	Tamaño de muestra	Rango promedio
Estadio 2	10	9,80
Estadio 3	10	19,65
Estadio 4	10	17,05

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Kruskal-Wallis de la tabla 28 evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

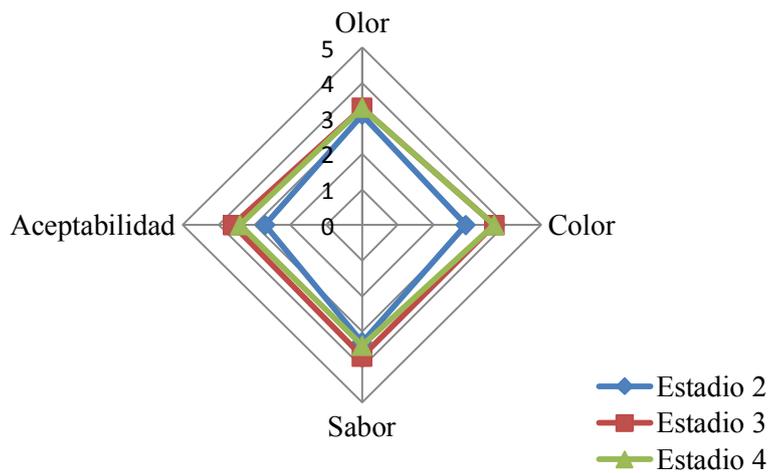


Figura 16. Diagrama de araña para perfil sensorial de la tuna

Fuente: Elaboración propia.

El perfil sensorial se presenta en la figura 20, se basa en la aplicación de ejes radiales con origen común y escalas estandarizadas. Cada eje se utiliza para indicar el valor de un indicador específico (olor, color, sabor y aceptabilidad). Regularmente se representan indicadores distintos con valores previamente estandarizados para fines de comparación. Al unirse los puntos de los valores de cada indicador se obtiene un polígono irregular que representa el perfil sensorial de la tuna a los indicadores considerados.

4.2. Contraste de hipótesis

Se ha determinado las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e Índice de Madurez) de la tuna a diferentes estadios de madurez (dos, tres y cuatro).

Se muestra que existe diferencias estadísticas entre sí, a los diferentes estadios de madurez (estadio dos, estadio tres y estadio cuatro), en cuanto a los días de almacenamiento (cero, cuatro, ocho y 12 días) por su parte presenta diferencias entre sí, en la temperatura de almacenamiento (10 y 20 °C) solo en la acidez e índice de madurez presenta diferencia entre sí.

Se realizó la determinación en los diferentes estadios de madurez (estadio dos, estadio tres y estadio cuatro) son diferentes entre sí, en cuanto a las características sensoriales de la tuna evaluada al 12 vo día de almacenamiento.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Determinación de las características fisicoquímicas a diferentes estadios de madurez

Las características fisicoquímicas de la pulpa de tuna amarilla, °Brix, pH, acidez e índice de madurez estuvieron dentro del rango informado por otros autores para estos parámetros en pulpa de tuna púrpura de la misma especie Piga, 2004; Los °Brix varían de 12 a 15 %, donde se determinó que el estadio dos presento el menor valor con 10,87 °Brix, la acidez varía entre 0,05 a 0,07 % (Tomás, 2012), los resultados muestran que la acidez para los tres estadios en evaluación son iguales con 0,09 mg de ácido cítrico/100 g de muestra, el ácido orgánico mayoritario en la tuna es el ácido cítrico, seguido por el ácido málico (~0,02 %), el contenido de pH es de 7,30 lo que se ve reflejado por el bajo contenido de ácidos orgánicos, este valor es un problema en la conservación de la tuna, ya que esta propenso al ataque de microorganismos.

4.3.2. Evaluación de los cambios en condiciones de almacenamiento, a diferentes días y estadios de las características físico - químicas

4.3.2.1. °Brix

El análisis de varianza realizado con 95 % de confiabilidad del contenido de °Brix nos indica que existe influencia estadística significativa del estadio de tuna, y el tiempo de almacenamiento; asimismo los efectos de la interacción de los factores principales presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, la prueba de comparación de LSD Fisher nos indica cuáles medias son significativamente

diferentes de otras, dicho análisis nos indica que el estadio dos, es diferente al estadio tres y estadio cuatro, siendo estos dos últimos iguales entre sí, con respecto a la temperatura de almacenamiento (10 y 20 °C), no existe diferencia estadística significativa. El tiempo de almacenamiento presenta diferencia estadísticamente significativa, al respecto debemos mencionar que durante la conservación de frutas no climatéricas tales como uva, naranja, tuna, entre otros, se pueden presentarse cambios graduales en su composición química debido a la acción enzimática, esta intensidad es marcada por la producción de ácidos en el sistema y la concentración de iones hidrógeno, más que por la acidez titulable, este efecto se debe a que los azúcares como glucosa y fructosa son usados por las células de las fruta para generar ATP (Singh & Rajkumar, 1999).

4.3.2.2. pH

Debemos mencionar que los cambios fisiológicos debido a la respiración de la tuna, así como también las diferentes reacciones enzimáticas generan los cambios de pH, en la tuna evaluada, aunque los valores se encuentran entre 6 y 7 pH, los resultados obtenidos muestran valores superiores a siete, ello puede ser debido a la presencia de mayor contenido de minerales, ya que estos por su forma iónica elevan el pH en los alimentos.

El análisis de varianza realizado con 95 % de confiabilidad del pH nos indica que existe influencia estadística significativa del estadio de tuna, y el tiempo de almacenamiento asimismo los efectos de la interacción de los factores principales presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, la prueba de comparación de LSD Fisher, nos indica cuáles medias son significativamente

diferentes de otras, dicho análisis nos indica que el estadio 2, es diferente al estadio 3 y estadio 4, siendo este último diferente a los dos primeros, con respecto a la temperatura de almacenamiento (10 y 20 °C), no existe diferencia estadística significativa, para los días de almacenamiento existe diferencia estadística significativa.

4.3.2.3. Acidez

Debemos mencionar que durante la conservación de frutas no climatéricas tales como uva, naranja, tuna, entre otros, se pueden presentarse cambios graduales en su composición química de sus ácidos orgánicos, en el caso particular de la tuna diversos autores señalan que el contenido de ácidos varía entre (0,06 y 0,12 %) 60 y 120 mg /100 peso fresco expresado como ácido cítrico (Stintzing et al., 2001), estas variaciones se dan en los días de almacenamiento como se muestra en las figuras 8 y 9 respectivamente, recientes estudios menciona que esta etapa de incremento de ácidos es relativamente corta y que es posible que se dé un descenso de la acidez esto por la descarboxilación anaerobia de los ácidos orgánicos (Singh & Rajkumar, 1999).

El análisis de acidez, nos indica que existe influencia estadística significativa del estadio de tuna, la temperatura y el tiempo de almacenamiento asimismo los efectos de la interacción de los factores principales presentan diferencias estadísticas significativas entre sí. La prueba de comparación de LSD Fisher nos indica cuáles medias son significativamente diferentes de otras, dicho análisis nos muestra que el estadio dos, es diferente al estadio tres y estadio cuatro, siendo estos dos últimos iguales entre sí, con respecto a la temperatura de

almacenamiento (10 y 20 °C) existe diferencia estadística significativa y el tiempo de almacenamiento presenta diferencia estadísticamente significativa.

4.3.3. Determinar las características sensoriales (Color, olor, sabor y aceptabilidad) de la tuna al 12vo día de almacenamiento

4.3.3.1. Olor

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada uno de los estadios evaluados. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza. Considerando que el olor de las tunas es representativa de las *Cactaceas*.

4.3.3.2. Color

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de los tres estadios evaluados. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza. Las características de color no se tienen muy diferenciadas ya que la variedad no evaluada no muestra cambios en la pigmentación.

4.3.3.3. Sabor

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

4.3.3.4. Aceptabilidad

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las tres columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor es mayor o igual que 0,05; no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95 % de confianza.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Se ha evaluado la maduración y características sensoriales en pos cosecha de la tuna variedad amarilla en condiciones de almacenamiento donde se determinó características fisicoquímicas °Brix, pH, acidez e índice de madurez.

Segunda. Para la determinación de las características fisicoquímicas de cosecha en los estadios 2, 3 y 4 se obtuvieron: °Brix (10,87; 12,88; 13,03), pH (7,38; 7,37; 7,20), acidez (0,09; 0,09; 0,08) e índice de madurez (123,86; 139,02; 164,60) respectivamente. En el estadio 3 se presentan las características fisicoquímicas apropiadas para la cosecha de la tuna al ser un producto con dulzor adecuado y acidez aceptable con un índice de madurez promedio.

Tercera. De la evaluación los cambios en condiciones de almacenamiento a temperaturas de (10 y 20 °C), tiempos de (0, 4, 8 y 12 días) de los diferentes estadios de madurez (2, 3 y 4), en las características físico- químicas (°Brix, acidez, pH e índice de madurez), para concluir que los estadios de cosecha

influyen en las características fisicoquímicas de la tuna, siendo el estadio 2 diferente a los estadios 3 y 4, respectivamente.

Cuarta. De la determinación las características sensoriales (olor, color y aceptabilidad) de la tuna al 12vo día de almacenamiento, se demostró que no existe diferencia estadística significativa en los estadios de cosecha evaluados en cuanto al análisis sensorial.

5.2. Recomendaciones

Primera. Determinar la composición química (proteínas, minerales, grasas, vitamina C y antioxidantes), además de conocer las propiedades físico químicas de la tuna de la tuna a fin de difundir sus beneficios.

Segunda. Se recomienda repetir el ensayo del presente trabajo de investigación en otras zonas de la Región Moquegua, utilizando nuevas tecnologías de cosecha, con ello se tendrá un mejor manejo en cuanto al manejo de cosecha.

Tercera. Realizar un raleo manual de frutos, con finalidad de obtener frutos de buen tamaño y características fisicoquímicas con calidad de exportación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, O. (2003). *Buena Práctica y Manejo Pos cosecha de Frutas para el Consumo en Fresco*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica.
- AGRODATA. (2013). *Tuna Comercio Exterior Agropecuario del Perú*. Recuperado el 17 de enero del 2016, de <http://www.agrodataperu.com/category/tuna-jugo-exportacion>
- Álvarez, B. (2007). *Análisis de Factibilidad del cultivo de la Tuna en la Localidad de Icaño, Departamento La Paz. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo*. Argentina: Ministerio de Producción y Desarrollo
- Amaya, J. (2009). *El cultivo de tuna (Opuntia ficus indica)*. Trujillo: Gerencia Regional Agraria La Libertad
- Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.), (1993): *Methods of Analysis*. Washington: A.O.A.C.
- Bravo, H. (1978). *Las cactáceas de México Vol.1*. México D.F.: Imprenta universitaria
- Carpenter, R. (2000). *Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de Alimentos*. Zaragoza – España: Acriba
- Carrillo, N (1998). *Manual Técnico de cosecha de la Tuna y Cochinilla*. Lima: EDIGRABER

Cerezal, P. y Duarte, G. (2005). *Utilización de cáscaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (Opuntia ficus-índica)*. Antofagasta, Chile: Universidad de Antofagasta

Cerezal, P., & Duarte, G. (2000): *Elaboración de productos de tuna (Opuntia ficus-índica L. Mill) utilizando la tecnología de factores combinados. Trabajo presentado en el XI Seminario Latinoamericano y del Caribe y XIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. Santiago de Chile: Ingeniería de Procesos y Tecnología de Alimentos.

Dirección Regional Agraria Moquegua (DRA). (2014). *Anuario Estadístico Agrario 2013*. Moquegua, Perú: DRA-Moq. Recuperado el 13 julio 2017 de www.agromoquegua.gob.pe

El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., y Cherkaoui-Malki, M. (2014). *Nopal cactus (Opuntia ficus-indica) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease*. *Molecules*, Recuperado el 17 de enero del 2016, de <http://doi.org/10.3390/molecules190914879>

Esquivel, P. (2004). *Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima* (en línea). Recuperaado el 18 de julio del 2014, en <http://www.frutos/cactaceas/inpho/content/vlibranly/tuna>.

Food and Agriculture Organizathion of the United Nations (FAO), (2013). *Fichas Técnicas*. Recuperado el 7 de setiembre de 2014, en <http://www.fao.org/inpho/content/7/document/vlibranly/ae620s/Pfrescos/TUNA.HTM>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (1987). *Viale delle Terme di Caracalla. 1987. Manual cultivo de tuna y para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas* (en línea). Consultado 26 junio 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x055S/x5055S02.htm#1.%20Las%20frutas%20y%20hortalizas%20frescas%20como%20productos%20perecibles>

Fernando, H. (1989). *Tecnologías Aplicadas al Tratamiento Pos cosecha e Industrialización de Frutas y Hortalizas*. Lima, Perú: Fopex

Geocities.com. (2008). *La Tuna*. Recuperado 27 junio de 2014. Disponible en http://www.geocities.com/achuma_ar/tecnicas.html

Google Earth. (2017). *Centro Poblado de San Cristóbal*. Recuperado el 17 de enero del 2016. Disponible en <https://www.google.com.co/maps/@4.6315748,-74.0699088,11.79z?hl=en>

Kadder, A. (2005). *Tuna recomendaciones para mantener la calidad poscosecha*. Recuperado 29 junio del 2012. Disponible en <https://www.tunaposcosecha.com/>

Nobel, P. (1998). *Los Incomparables Agaves y Cactus*. México: Trillas

Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) (2009). *Norma Técnica Ecuatoriana. Frutas Frescas. Tomate de árbol*. Quito, Ecuador: INEN

Ochoa, C., & Guerrero, J. (2010). *La tuna una perspectiva de su producción, propiedades y métodos de conservación*. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. México: Universidad de las Américas Puebla

- Ochoa, C. & Guerrero, J. (2012). *Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (Opuntia ficus indica (L.))*
México: Universidad de las Américas Puebla
- Piga G, (2004). *Manejo y variedades del cultivo de tuna*. Ecuador: Autor
- Ponce, A., & Vela, D. (2010). *Manejo post cosecha de dos variedades de Tuna (Opuntia ficus indica)*. Recuperado el 10 de enero 2009, Disponible en <http://www.manejoposcosecha.uecuador.cl/doc>
- Reyes, M., & Lavín, A. (2004). *Usos y Aplicaciones de Tuna*. España: Autor
- Rios, J., & Quintana, V. (2004). *Manejo general del cultivo de nopal* México: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
- Saénz, C., Berger, H., Corrales, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., & Varnero, M. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma: FAO.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Araya, E., & Calvo, C. (1993). *Colour Changes in Concentrated Juices of Prickly Pear (Opuntia ficus indica) During Storage at Different Temperatures*. España: Autores
- Salazar, A., & Moncayo, J. (2008). *El Cultivo de Tuna y Cochinilla*. Chota-Ecuador
- Singh, S. P., & Rajkumar. (1999). *Post-harvest physiology of fruit and vegetable crops*. Advances in Plant Physiology.
- Sloan, E. (2000). *The Top Ten Functional Food*. Food Tech. Recuperado 9 Enero 2000. Disponible www.thefunctional foodmexico.gob.com

Solano, L. (2000). *Botánica Sistemática*. Puno, Perú: UNA

Stintzing, F. C., Schieber, A., & Carle, R. (2001). *Phytochemical and nutritional significance of cactus pear*. Recuperado 5 de agosto 2011 en <http://doi.org/10.1007/s002170000219>

Terranova, J. (1995). *Enciclopedia Agropecuaria, Ingeniería y Agroindustria* (Tomo V). Bogotá – Colombia: Terranova.

Thompson, K. (2008). *Postharvest technology of fruit and vegetables*. Recuperado 16 de octubre del 2000 disponible en [http://doi.org/10.1016/S0925-5214\(97\)87279-1](http://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)87279-1)

Tomás, G., Huamán, J., Aguirre, R., Bravo, M., & León, J. (2012). *Estudio químico y fotoquímico de Opuntia ficus-indica “tuna.”* Revista Peruana de Química E Ingeniería Química, pag. Del 8 a 10, volumen II