

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE MADUREZ VISUALES Y DE LABORATORIO EN
ZAPOTE (*Pouteria sapota*), CANTON EL PALMAR, LA LIBERTAD.**

POR:

FÁTIMA ROXANA GARCÍA PALACIOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE MADUREZ VISUALES Y DE LABORATORIO
EN ZAPOTE (*Pouteria sapota*), CANTON EL PALMAR, LA LIBERTAD.**

POR:

FÁTIMA ROXANA GARCÍA PALACIOS

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADEMICO

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

ING. AGR. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

M.SC. ING. AGR. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

M. SC. ING. AGR. HUMBERTO RUIZ MEJÍA

COORDINADOR DEL CURSO:

M. SC. ING. AGR. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ

ASESOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

M. SC. ING. AGR. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

Dedicatoria

Dedico la finalización de mi trabajo de graduación, a mis padres, quienes han sido mi principal pilar y mi gran apoyo, a lo largo de la carrera universitaria y animarme a luchar por mis metas y aspiraciones, a nunca rendirme y siempre seguir adelante.

A mis hermanos quienes me animan y motivan siempre a dar lo mejor de mí.

A todos los docentes, ingenieros y licenciados que han aportado en mi formación académica, compartiendo sus conocimientos. En especial aquellos docentes que me brindaron la oportunidad de trabajar con ellos en diferentes proyectos que me permitieron aumentar mis conocimientos.

A cada una de las personas que han creído y me han apoyado, les dedico este trabajo de graduación y la finalización de mis estudios universitarios.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme finalizar mi proceso de grado y culminar mis estudios universitarios.

A mi madre y padre les agradezco por ser mis primeros maestros, por enseñarme la importancia de la responsabilidad, perseverancia, a nunca rendirme para alcanzar mis metas, les agradezco por siempre apoyarme.

A mi tutor de tesina, M. Sc. Ing. Agr. Omar Antonio Lara Díaz, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proyecto. Sus conocimientos y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad de El Salvador y Facultad de Ciencias Agronómicas, por facilitar las instalaciones, equipos y herramientas para la realización de este proyecto, así como para mi aprendizaje y formación académica.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas, compañeros y docentes, con quienes conviví a lo largo de la carrera y compartí momentos de enseñanza y aprendizaje, que aportaron a mi formación académica.

Índice

Contenido	pág.
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema.....	2
3. Antecedentes	3
4. Marco teórico	4
4.1. Generalidades del cultivo de zapote	4
4.1.1. Origen y distribución	4
4.2. Aspectos botánicos.....	4
4.2.1. Fruto	4
4.3. Requerimientos Climáticos.....	5
4.3.1. Altitud	5
4.3.2. Edáficos.....	5
4.4. Variedades de Zapote producidas en El Salvador.	5
4.4.1. Variedad Magaña	5
4.4.2. Variedad Valiente	5
4.4.3. Variedad Rivera.....	5
4.4.4. Variedad Cáceres.....	5
4.4.5. Variedad Velado	5
4.5. Cosecha.....	6
4.5.1. Índice de cosecha	6
4.5.2. Descripción y crecimiento del fruto.....	6
5. Objetivos.....	7
5.1. Objetivo General.....	7
5.2. Objetivo Especifico.....	7
6. Metodología	8
6.1. Ubicación del estudio.....	8
6.2. Materiales y equipo.....	8
6.3. Origen de la materia prima.	8
6.4. Metodología de campo.....	8
6.4.1. Recolección de materiales y traslado de muestra	8
6.6. Metodología de laboratorio.....	10

6.6.1.	Parámetros físicos	10
6.6.2.	Parámetros fisiológicos.....	12
6.6.3.	Parámetros Químicos	12
6.7.	Metodología estadística	14
7.	Resultados y discusión.....	15
7.1.	Parámetros físicos.....	15
7.1.1.	Color de pulpa por colorimetría.....	15
7.1.2.	Color CIEL *a*b* en pulpa de zapote.....	17
7.1.4.	Pérdida de peso	21
7.1.5.	Diámetro polar	22
7.2.	Resultados parámetros fisiológicos.....	23
7.2.1.	Tasa de Respiración	23
7.3.	Resultados parámetros químicos.....	26
7.3.1.	pH (potencial de Hidrogeno).	26
7.3.2.	Porcentaje de acidez titulable en pulpa de zapote.....	27
7.3.3.	Determinación de solidos solubles totales (° Brix).....	28
7.4.	Determinación de parámetros para establecimiento de índice de madures en zapote. .	29
8.	Conclusiones.....	30
9.	Recomendaciones	31
10.	Bibliografía	32
11.	Anexos	34

Índice anexos

Anexo 1.	Resultados parámetro físico medición de color por colorimetría	34
Anexo 2.	Resultados pérdida de peso en gramos en frutos de zapote	35
Anexo 3.	Resultados de parámetro fisiológico.	35
Anexo 4.	Resultados obtenidos por medición de parámetros químicos (pH, ° Brix, acidez titulable).....	37

Índice cuadros Anexos

Cuadro A 1.	Resultados de medición de color por colorimetría	34
Cuadro A 2.	Registro de pérdida de peso en gramos	35

Cuadro A 3. resultados medición de CO ₂ para determinación de tasa de respiración de zapote ..	35
Cuadro A 4. Valores de parámetros químicos (pH, ° brix, % de acidez titulable)	37

Índice cuadros

Cuadro 1. Materiales y equipos usados en el establecimiento del ensayo.....	8
Cuadro 2. Descripción de Tratamientos.....	9
Cuadro 3. Distribución espacial de tratamientos para aplicación del diseño de bloques completos al azar.	10
Cuadro 4. Color de pulpa de los tratamientos al iniciar y finalizar el ensayo.	17
Cuadro 5. Determinación de parámetros para establecimiento de índice de madures en zapote .	29

Índice Figuras

Figura 1. Fruto de zapote (<i>Pouteria sapota</i>).....	4
Figura 2. Recolección de frutos.	9
Figura 3. Evaluación de color en cáscara de zapote.	10
Figura 4. Medición de diámetro polar y ecuatorial.	11
Figura 5. Medición de producción de CO ₂ en zapote.	12
Figura 6. Medición de solidos totales en pulpa de zapote.	13
Figura 7. Medición de pH en muestra de pulpa de fruta.....	13
Figura 8. Determinación de porcentaje de acidez.....	14
Figura 9. Evaluación de luminosidad de color de pulpa de zapote.	15
Figura 10. Evaluación de coordenada cromática a* en pulpa de zapote.....	16
Figura 11. Evaluación de coordenada cromática b* en pulpa de zapotw.....	17
Figura 12. Color CIEL*a*b* de los tratamientos durante el desarrollo del ensayo.....	18
Figura 13. Evaluación de luminosidad en cáscara de zapote.....	19
Figura 14. Evaluación de coordenada cromática a* en cáscara de zapote.....	20
Figura 15. Evaluación de coordenada cromática b* en cáscara de zapote	21
Figura 16. Evaluación de pérdida de peso en zapote.	21
Figura 17. Evaluación del comportamiento de la variable diámetro polar en cm en zapotes	22
Figura 18. Evaluación del comportamiento de la variable diámetro ecuatorial en cm en zapote.....	23
Figura 19. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en el estados de madurez T1	25
Figura 20. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en el estado de madurez T2.....	25

Figura 21. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en el estado de madurez T3	26
Figura 22. Comportamiento de la variable pH en los estados de madurez de zapote	26
Figura 23. Comportamiento de la variable porcentaje de acidez titulable	27
Figura 24. Comportamiento de la variable °Brix en los estados de madurez de zapote	28

Resumen

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, Departamento de la Paz.

El estudio consistió en la “Determinación de índices de madurez visuales y de laboratorio de zapote (*Pouteria sapota*)”. Durante el periodo del 3 de julio al 17 de julio de 2023.

La determinación de un índice de madurez visual y laboratorio de zapote consistió en el estudio de tres estados de madurez, los cuales se clasificaron según la coloración de su pulpa, estableciendo con esto un diseño estadístico con tres tratamientos: T1 (pulpa de color rojo), T2 (pulpa color anaranjado), T3 (pulpa color amarillo). Los zapotes empleados en este estudio fueron cosechados bajo las mismas condiciones (mismo día, libre de plagas y daños físicos), además, se buscó un patrón lo más homogéneo posible respecto al tamaño y peso de las muestras de cada uno de los estados de madurez, esto con la finalidad de poder identificar con mayor precisión las variaciones en las variables estudiadas.

Para poder determinar índices de madurez visuales y de laboratorio en zapote, se realizó la evaluación de variables físicas (cambio de color de pulpa, pérdida de peso, diámetro polar y ecuatorial). Variables químicas (sólidos solubles totales, porcentaje de acidez titulable, pH) y variables fisiológicas (tasa respiratoria), la evaluación de estas variables se realizó tres veces por semana dando un total de 15 días. Los resultados obtenidos se analizaron bajo un diseño de bloques completo al azar, con un nivel de significancia del 5%. Aplicando una prueba de comparación de medias de Tukey para conocer que variables podrán ser implementadas como indicadores de madurez en zapote.

En los tres estados de madures los resultados mostraron variaciones estadísticamente significativas en las variables cambio de color, sólidos solubles totales (°brix) y tasa respiratoria. Siendo más significativas para T1 y T2, al alcanzar su climaterio y un grado de madurez de consumo óptimo al finalizar el estudio. Por lo que el análisis del cambio de color de pulpa, el contenido de sólidos solubles totales y la tasa respiratoria del fruto de zapote podría emplearse como indicadores de madurez fisiológica o de cosecha.

Palabras claves: zapote, índice de madurez, cosecha.

ABSTRAC

The present study was conducted at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agricultural Sciences, of the University of El Salvador, located in the Tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, Department of La Paz. The study consisted of the “Determination of the visual and laboratory maturity index of sapote (*Pouteria sapota*)”. And being carried out in the period from July 3 to July 17, 2023.

The determination of a visual and laboratory maturity index of sapote consisted of the study of three stages of maturity, which were classified according to the color of their pulp. T1 red pulp, T2 orange pulp and T3 yellow pulp. The sapotes used in this study were harvested under the same conditions (same day, free of pests and physical damage), in addition, a pattern that was as homogeneous as possible was sought with respect to the size and weight of the samples of each of the stages of maturity, this in order to be able to identify with greater precision the variations in the variables studied.

In order to determine visual and laboratory ripeness indices in sapote, the evaluation of physical variables (change in pulp color, weight loss, polar and equatorial diameter) was carried out. Chemical variables (total soluble solids, percentage of titratable acids, pH) and physiological variables (respiratory rate), the evaluation of these variables was carried out three times a week for a total of 15 days. The results obtained were analyzed under a complete randomized block design, with a significance level of 5%. Applying a Tukey mean comparison test to know which variables can be implemented as indicators of maturity in sapote.

The results showed statistically significant variations in the variables color change, total soluble solids (°brix) and respiratory rate, in the three stages of ripeness, being more significant for T1 and T2, upon reaching their climacteric and a degree of maturity for optimal consumption. at the end of the study. Therefore, the analysis of the change in pulp color, the content of total soluble solids and the respiratory rate of the sapote fruit could be used as indicators of physiological or harvest maturity.

Keywords: sapote, maturity index, harvest

1. Introducción

El zapote (*Pouteria sapota*), tiene demanda en el mercado nacional e internacional por sus excelentes cualidades nutricionales y sensoriales (Saucedo-Veloz et al., 2001). La determinación de índices de madurez en zapote es esencial para apoyar las prácticas culturales del cultivo, de tal manera que se conozcan los periodos críticos del desarrollo del fruto que posibiliten la producción en cantidad y en la época adecuada (Salomao et al., 2006). Se han realizado estudios para conocer el crecimiento del fruto de algunas variedades, evaluando características básicas como dimensiones del fruto y algunas características físicas, químicas y fisiológicas después de cierta edad del fruto, con la finalidad de determinar un índice de cosecha objetivo en esta especie (Villanueva-Arce et al., 2000; Arenas-Ocampo et al. 2003).

El punto ideal para cosechar zapotes es cuando la pulpa del fruto esta de color anaranjado o rojo en un 75%. Durante la labor de corte se reportan pérdidas considerables de un 5% hasta un 20% de la cosecha por factores como golpes o por cosechar cuando el fruto no ha alcanzado su madurez fisiológica.

Con el desarrollo de esta investigación se pretende determinar índices de madurez visuales y de laboratorio para el fruto del zapote que permita a los productores disminuir las perdidas en postcosecha.

2. Planteamiento del problema

El zapote es uno de los frutos con mayor aceptación a nivel nacional y en muchas más regiones del mundo. Por sabor dulce característico y su alto contenido nutricional. En los últimos años se han realizado investigaciones sobre su manejo agronómico, fisiológico y manejo postcosecha, así como su transformación agroindustrial.

Sin embargo, aún no se ha realizado un seguimiento durante el periodo de desarrollo y en postcosecha, de cambios en el color de la cáscara y pulpa, los cambios en acidez titulable, sólidos solubles totales y su relación o índice de sabor, la respiración y producción de etileno, además de cambios en carotenoides, fenoles y actividad antioxidante; y no se han establecido las relaciones entre dichos parámetros, que pudieran ayudar a conocer con mayor precisión el desarrollo del fruto de zapote. Este conocimiento, es básico y puede ser utilizado para proponer un índice de cosecha más preciso.

En la actualidad el método empleado para determinar la madurez del zapote se basa en retirar una porción de cáscara del fruto para observar la coloración rojiza o naranja de la pulpa y que no brote savia de estos, lo que ocasiona que el fruto quede propenso a ser atacado por plagas fúngicas que afectan la calidad del producto. Además, por ser un fruto climatérico esta actividad genera estrés en el fruto lo que acelera su tasa de respiración y producción de etileno.

3. Antecedentes

Estudios realizados por Saucedo (2018), en donde evaluó los cambios físicos, químicos y fisiológicos en zapote (*Pouteria sapota*), indican que el periodo del crecimiento del fruto fue de 600 días para la cosecha y a los 12 días de postcosecha el fruto perdió masa significativamente (21.7 %) con respecto a la masa que presentaron al momento de la cosecha. La producción de CO₂ del fruto tuvo dos puntos máximos a los 300 y 520 días después de la floración, con valores entre 66 y 78 ml kg⁻¹ h⁻¹ y en postcosecha mostro el patrón de un fruto climatérico. El diámetro polar, ecuatorial y la masa se incrementaron significativamente durante el desarrollo, alcanzado en promedio 160 mm, 80 mm y 505 g, respectivamente. El análisis de correlación indicó que durante el desarrollo del fruto de zapote ocurren cambios físicos y químicos que se pueden utilizar para desarrollar un índice de cosecha, como lo es la luminosidad, cromaticidad y matiz en cáscara y pulpa y el contenido de fenoles y carotenoides totales.

En concordancia Villanueva et al. (2000), evaluaron los cambios que ocurren durante el desarrollo y postcosecha del zapote. Los cuales se realizaron al momento de la cosecha y después de 7 días de almacenamiento en condiciones ambientales. Los frutos cosechados después de 400 días después de la floración (DDF) presentaron las siguientes características: color de la pulpa amarillo-rojizo a rojo (IC=6-16); 55-65 N de firmeza; 10-12 % de sst, 0.15-0.20 % de ácido málico, 67-72 % de humedad y 3-4.5 % de azúcares totales. Después de 7 días, las características fueron: el patrón respiratorio fue del tipo climatérico (3-5 días después de la cosecha) con una producción máxima de 121.5 ml·kg⁻¹·h⁻¹ de CO₂ (23±2°C, 50 % H.R.) y las pérdidas de peso fueron de 10-14.6 %. El color de la pulpa fue rojo (IC=12-21.5); 3-12 N de firmeza; 25-34 % de sst, 0.14-0.20 % de ácido málico; 63-67 % de humedad; 20-22 % de azúcares totales. Asimismo, Domínguez et al. (2010). Realizó estudio en zapote (*Pouteria sapota*), el cual consistió en la caracterización de la diversidad genética de ecotipos de zapote, en los cuales se evaluaron 10 árboles seleccionados al azar, recolectando 20 frutos de cada una de ellas para evaluar parámetros de cosecha (madurez fisiológica y madurez de consumo) tales como: la firmeza de la pulpa evaluada con el uso de un dinamómetro chatillon empleando para ello un puntal de 0.7 cm los resultados se expresaran en Newton; el color de la pulpa, los resultados se expresarán en Luminosidad, ángulo Hue y Croma; pérdidas de peso, esta variable se determinaron en un lote de 15 frutos, se reportan perdidas acumulativas (diferencia de peso inicial) y consecutivas hasta el final del experimento; patrón de maduración y relación semilla-pulpa-cáscara.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del cultivo de zapote

4.1.1. Origen y distribución

El zapote es nativo de Centro América y México donde se le cultiva abundantemente en tierras bajas y también crece en estado silvestre, de esa región se difundió al Caribe, Sur América, Hawai y las Filipinas. En azteca se le conoce como “tzapotl”, nombre colectivo que se aplica a varias especies de frutas esféricas, dulces y con grandes semillas, aunque gran parte de ellas pertenece a la familia de las sapotáceas; en Náhuatl se le llamó atzapotlcuahuitl, expresión diferente del nombre que se le daba a otros zapotes; en Maya se le nombra “chacal-hass” y en general en México se le conoce con otros nombres según el idioma o dialecto que hablan los habitantes de la región donde se encuentra. Sin embargo, en muchos países se conoce como “Mamey Zapote” nombre que se originó de la confusión con el árbol de mamey (*Mammea americana L.*) ya que la capa externa de ambos frutos se parece, pero su color interno no es igual, el de este último es amarillo y el del zapote es rojo en varias tonalidades (Avelar et al. 2004).

4.2. Aspectos botánicos.

El árbol adulto del zapote posee la peculiaridad de desfoliarse periódicamente durante la época seca del año, característica que lo ubica en una situación similar a lo que ocurre en los frutales de clima templado que presentan actividad estacional del cámbium, detención en la estación seca reanudación al comenzar las lluvias. Esta alteración en el crecimiento abre la posibilidad de que se presente un crecimiento anómalo en la cual una sección del cámbium se divide activamente y crece durante la estación mientras que el resto permanece inactivo; el resultado es un cámbium continuo solo en secciones y esto explica los bajos porcentajes de prendimiento de injertos en esta especie (Avelar et al. 2004).

4.2.1. Fruto

El fruto es una baya rugosa de forma elipsoidal u ovoidal, mide de 10 a 25 cm. de longitud y de 8 a 12 cm. de ancho, alcanzando un peso de hasta 3 kg, la cáscara es delgada pero fuerte color pardo rojiza, y la pulpa es color de rojo, de sabor dulce característico, suave cuando madura casi libre de fibras (Ver figura 1).



Figura 1. Fruto de zapote (*Pouteria sapota*).

4.3.Requerimientos Climáticos

4.3.1. Altitud

El zapote requiere de un clima húmedo con requerimientos entre 1500 y 3000 mm de lluvia bien distribuidos, creciendo mejor en sitios protegidos de los vientos. Esta especie se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta 1600 metros de altitud, aunque se desarrolla mejor por debajo de los 800 m.s.n.m. (Avelar et al. 2004).

4.3.2. Edáficos

El zapote se desarrolla mejor en suelos francos, profundos y con pH entre 5.5 a 6.5 aunque se adapta a muchos tipos de suelo, por ejemplo, crece muy bien en arcilla pesada, arenosas y en suelos de origen dolomíticos (Avelar et al. 2004).

4.4.Variedades de Zapote producidas en El Salvador.

Existe gran variedad genética debido a que la mayor forma de propagación del zapote ha sido por semilla y es una planta de polinización cruzada, generando una diversidad de formas en cuanto a arquitectura del árbol, precocidad en la producción, rendimiento, formas y tamaño del fruto, color y dulzura de la pulpa entre otras. En El Salvador se conocen las variedades: Magaña, Rivera, Cáceres, Valiente, Velado. dolomíticos (Avelar et al. 2004).

4.4.1. Variedad Magaña

Es la variedad de mayor peso de fruto (126 g) con una longitud de 20cm, pulpa muy dulce, fibrosa de coloración anaranjada, con el mayor porcentaje de semilla germinada dentro del fruto (90%), comparado con otras variedades (Pérez a et al. 2008).

4.4.2. Variedad Valiente

Tiene un peso promedio de 529g. de pulpa muy dulce, fibrosa, de coloración anaranjada y roja. El porcentaje de semilla germinada dentro del fruto es del 10%. La composición nutricional del zapote Valiente y en relación con el contenido de proteínas y de grasa. dolomíticos (Avelar et al. 2004).

4.4.3. Variedad Rivera

Contiene la mayor cantidad de carbohidratos y fibra cruda comparada con otras variedades como Valiente y Magaña. dolomíticos (Avelar et al. 2004).

4.4.4. Variedad Cáceres

Zapote de variedad Cáceres es de forma redondeada, el color de la cáscara es café claro cenizo, la pulpa es fibrosa, semiseco y de color rojizo (Pérez et al. 2008).

4.4.5. Variedad Velado

Fruta de forma alargada, de tamaño mediano y el color de la cáscara es café claro cenizo, pulpa fibrosa de

color anaranjado y café, de jugosidad es semiseco (Pérez et al. 2008).

4.5.Cosecha

El zapote cuando se produce por semilla comienza su cosecha generalmente a los siete años. Cuando el árbol es injertado inicial la producción a los tres años. En muchos países de Centro América y particularmente en El Salvador se ha observado que la producción de zapote tiene “picos” de cosecha, en febrero, marzo, abril, mayo y con algunas excepciones de árboles que producen casi durante todo el año, que generalmente provienen de semilla (Avelara et al. 2004).

4.5.1. Índice de cosecha

En El Salvador la estación de producción se concentra en los meses de marzo a junio, sin embargo, como existe una gran variedad genética, se pueden encontrar frutos durante todo el año.

El zapote se debe cosechar en su propio estado de madurez fisiológica para que madure satisfactoriamente. Un método comúnmente utilizado para determinar el estado de madurez es hacer un raspado suave a la superficie del fruto, con la uña o con una navaja.

El fruto es fisiológicamente maduro cuando presenta una coloración de rosado-pardo, anaranjado o rojo. El fruto debe cosecharse cortando el pedúnculo con alguna navaja o cuchillo, si se hace a la fuerza y sin ningún cuidado puede afectar su apariencia y provocar una maduración irregular y defectuosa, además de afectar su vida de anaquel. Los frutos inmaduros completarán su maduración, pero su pulpa puede ser café oscuro y puede ser incomedible.

Para propósitos comerciales, el fruto puede ser cosechado cuando comienza a tonarse de color rojo, pero para consumo inmediato en huertos de traspatio cuando está completamente rojo, siendo esta la madurez óptima.

El fruto cosechado sazón, madura de dos a siete días, si es almacenado adecuadamente envueltos en papel periódico colocados en un lugar oscuro. Sin embargo, los frutos almacenados en refrigeración a 10-13°C maduran bien, pero pueden tardar un poco más, con la desventaja de que, muchas veces dependiendo del cultivar, la pulpa no madura uniforme.

4.5.2. Descripción y crecimiento del fruto.

El zapote es un fruto con patrón respiratorio el tipo climatérico (5-7 días) con una producción de etileno de 310 ml Kg. ⁻¹ h ⁻³ (23°C, 50% de humedad relativa). En la pulpa, su color al momento de cosecha es amarillo rojizo y durante el proceso de maduración cambia a rojo. La firmeza se reduce desde el momento de cosecha a la maduración y también durante este proceso la acidez disminuye.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Determinar índices de madurez visuales y de laboratorio mediante la aplicación de pruebas fisicoquímicas en fruto de zapote (*Pouteria sapota*).

5.2. Objetivo Especifico

- Determinar parámetros físicos para definir los índices de madurez en zapote.
- Evaluar parámetros químicos durante el desarrollo del ensayo para determinar sus índices de cosecha visual.
- Establecer índices de madurez físicos, químicos y visuales para la cosecha de zapote.

6. Metodología

6.1. Ubicación del estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la facultad de Ciencias Agronómicas, ubicada en el cantón Tecualuya, Municipio de San Luís Talpa, Departamento de la Paz; con una altitud de 50 m.s.n.m. con coordenadas geográficas; 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste y Coordenadas Planas de 261.5Km Latitud Norte, 489.6 Km Longitud Oeste.

6.2. Materiales y equipo

Cuadro 1. Materiales y equipos usados en el establecimiento del ensayo.

Materia prima	
Zapotes (en diferente estado de madurez)	
Materiales	
Gabacha	Redecillas
Hipoclorito de sodio	Mascarillas
Guantes	Bandejas de aluminio
Equipos	
pHmetro	Mesa de acero inoxidable
Medidor de CO ₂	Cuchillos
Colorímetro	Mortero
Refractómetro	Tablas para cortar

6.3. Origen de la materia prima.

Los zapotes que se utilizaron en el ensayo se obtuvieron de una plantación ubicada en el cantón, La Lima, municipio de Tamanique, departamento de La Libertad. A una elevación promedio de 160 msnm, con coordenadas geográficas 13°32'25" latitud norte; 89°25'20" longitud oeste, con temperaturas máximas promedio de 32° C y una mínima promedio de 22 °C.

6.4. Metodología de campo

6.4.1. Recolección de materiales y traslado de muestra

La recolección de los frutos utilizados en el desarrollo de esta investigación se realizó en una visita a la plantación de zapote dentro de la finca García, ubicada en el cantón La Lima, municipio de Tamanique, departamento de La Libertad. En donde se seleccionaron 84 frutos los cuales se clasificaron en tres grupos de 21 unidades (figura 2). Los estados de madurez se clasificaron según la coloración de la pulpa, en el primer estado de madurez se cosecharon frutos con una coloración de amarillo, el segundo grupo se tomaron frutos con una coloración de pulpa anaranjado y el tercero con color rojo. Para la selección de los frutos se

tomó en cuenta la apariencia física (tamaño y color de cascará), además; de no presentar daños por insectos, hongos y/o enfermedades. Las muestras recolectadas de cada árbol fueron colocadas en bolsas de polietileno con capacidad de 10 libras y rotuladas con la fecha de recolección y número de unidades cosechadas. Para su traslado las muestras se colocaron en una hielera con hielo, lo que permitió enfriar el fruto y disminuir su actividad respiratoria.



Figura 2. Recolección de frutos.

Las muestras fueron trasladadas a la planta de procesamiento de frutas y hortalizas en la Estación Experimental y Practicas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas, donde se realizaron los análisis fisicoquímicos para la determinación de índice de madurez.

6.5. Tratamientos y diseño experimental

Para el establecimiento del ensayo, se utilizó un diseño de bloques completo al azar (DBCA), con tres tratamientos (cuadro 2) y cuatro repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales (cuadro 3). Cada bloque estuvo formado por tres bandejas de aluminio con las siguientes dimensiones: 30 cm de largo x 20 cm de ancho x 4.6 cm de altura. Sobre las cuales se colocaron cuatro frutos de tamaño y peso lo más homogéneos posible

Cuadro 2. Descripción de Tratamientos.

Tratamientos	Color de pulpa	Descripción
T1	Roja	Se seleccionaron frutos lo más homogéneos posible respecto a tamaño y coloración de pulpa roja.
T2	Anaranjada	Se seleccionaron frutos lo más homogéneos posible respecto a tamaño y coloración de pulpa anaranjada.
T3	Amarilla	Se seleccionaron frutos lo más homogéneos posible respecto a tamaño y coloración de pulpa amarilla.

Cuadro 3. Distribución espacial de tratamientos para aplicación del diseño de bloques completos al azar.

Distribución espacial de tratamientos			Bloques
T2	T1	T3	IV
T1	T3	T1	III
T3	T1	T2	II
T1	T2	T3	I

6.6. Metodología de laboratorio

6.6.1. Parámetros físicos

6.6.1.1. Medición de color.

La evaluación del color se realizó en el pericarpio (cáscara) y la pulpa del fruto, para lo cual se utilizó un colorímetro marca Konica Minolta, modelo CR-400 (figura 3), previamente calibrado con estándares de color, utilizando el sistema CIE Lab (McGuire, 1992). Los valores de los parámetros se expresaron como luminosidad (L), Croma (C) y matis (Hue), para lo cual se seleccionó un fruto por estado de madurez de cada bloque. Los colores se determinaron en ángulos de L (-100= blanco puro, 0= negro puro), + a = rojo; -a = verde; +b = amarillo, -b = azul). A partir de los análisis realizados se reporta la luminosidad, ángulo Hue y Croma.



Figura 3. Evaluación de color en cáscara de zapote.

6.6.1.2. Pérdida de peso

Para evaluar el efecto de la pérdida de peso se tomó un fruto de cada uno de los grupos formados de acuerdo con el grado de madurez de estos, a los cuales se les registro la pérdida de peso en gramos desde el día uno hasta la finalización del ensayo. Se registró tres veces por semana dando un total de 15 días. El almacenamiento de los frutos fue bajo las condiciones ambientales de la EEP ($33^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$), en la planta de procesamiento de frutas y hortalizas. Para determinar la pérdida de peso total se aplicó la siguiente fórmula: *Pérdida de peso (g) = (Peso inicial – Peso final)*.

El registro de esta variable se realizó en los tres zapotes seleccionados desde el montaje del ensayo hasta su finalización en el día 15.

6.6.1.3. Diámetro ecuatorial y polar.

Para evaluar las variaciones en cuanto al tamaño de las muestras de zapote de los tres estados de madurez estudiados se tomaron los tres zapotes empleados en la medición de la variable pérdida de peso a los cuales se les registro los diámetros ecuatorial y polar con ayuda de una cinta métrica. El registro de esta variable se realizó en los tres zapotes seleccionados desde el montaje del ensayo hasta su finalización en el día 15. Para el registro del diámetro ecuatorial se midió el ancho del fruto partiendo de la línea media de estos. En cuanto al diámetro polar este se tomó desde el pedúnculo hasta la punta del fruto. Esta variable se evaluó con la finalidad de identificar reducción en el tamaño de los frutos a causa de la pérdida de peso o senescencia. Las mediciones se realizaron tres veces durante dos semanas dando una duración del ensayo de 15 días.



Figura 4. Medición de diámetro polar y ecuatorial.

6.6.2. Parámetros fisiológicos

6.6.2.1. Tasa de respiración.

La tasa de respiración se midió a través de un sistema estático el cual consistió en colocar un fruto con un tamaño de 12 cm, un diámetro ecuatorial de 20 cm y 24 cm de diámetro polar en un recipiente de vidrio con capacidad de 1000 ml, cerrado herméticamente durante 1 hora. Por medio de una aguja conectada a un analizador de gases Dansensor modelo CheckPoint3 (figura 5), se determinará la concentración de CO₂ y O₂ cada 10 minutos y de esta manera poder llevar un registro para obtener la tasa de respiración de cada una de las muestras.



Figura 5. Medición de producción de CO₂ en zapote.

Para la determinación de la tasa de respiración se aplicó la siguiente fórmula.

$$\text{ml CO}_2\text{Kg}^{-1} * \text{h}^{-1} = \frac{\Delta\text{CO}_2}{100} * \frac{\text{Vol. libre (ml)}}{\text{peso muestra}} * \frac{1}{\text{horas}}$$

kg

6.6.3. Parámetros Químicos

Para el análisis de los parámetros químicos se tomaron de cada uno de los tratamientos 25 gr de pulpa, los cuales se trituraron hasta obtener una consistencia pastosa que permitiera extraer la parte líquida de la pulpa. De ser necesario se adicionan 25 ml de agua destilada o el equivalente al peso de muestra tomado, ya que el agua permite realizar el proceso de trituración y extracción de SST de la muestra.

6.6.3.1. Determinación de sólidos solubles totales (SST).

Para la determinación de SST se tomaron 2 ml de la muestra obtenida mediante la trituración de la pulpa de cada uno de los tratamientos (estados de madurez) y se colocaron en un refractómetro digital de la marca

Milwaukee modelo MA871 (figura 6), previamente calibrado. Los resultados obtenidos en el análisis se representaron en °Brix.



Figura 6. Medición de sólidos totales en pulpa de zapote.

6.6.3.2. Determinación de potencial de hidrogeno (pH).

De igual manera para la determinación de pH se tomaron 10 ml de la muestra obtenida mediante la trituration de la pulpa de cada tratamiento. Las muestras fueron analizadas con un pHmetro Oakton modelo pHTestr 30 (figura 7).



Figura 7. Medición de pH en muestra de pulpa de fruta.

6.6.3.3. Acidez titulable

Esta variable fue medida a partir de 10 ml de muestra obtenida con la trituration de pulpa, se colocaron 3 gotas de indicador (fenolftaleína) y se realizó la titulación con NaOH al 0.1 N, haciendo uso de una bureta

de 25 ml (figura 8). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico, al ser el ácido orgánico con mayor porcentaje dentro de la composición de la familia de las Sapotáceas (Figueroa, 1988).



Figura 8. Determinación de porcentaje de acidez.

Para la determinación del porcentaje de acidez se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%acidez = \frac{A * B * C}{D} * 100$$

Donde:

A: Cantidad en ml de base o NaOH gastado.

B: Normalidad de la base usada en la titulación (0.1 N).

C: Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante de la fruta.

D: Peso de la muestra en gramos.

6.7. Metodología estadística

Los datos obtenidos durante el análisis de las variables en estudios fueron recopilados y ordenados en una base de datos en Microsoft Excel, lo que facilitó el ingreso de los valores a la base de datos generada por el software estadístico InfoStat, en donde se realizó la verificación de supuestos, distribución normal y la homogeneidad de la varianza y la técnica de análisis de varianza (ANVA), con un nivel de significancia del 5%. De existir una diferencia en las medias registradas de las variables en estudio se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey para identificar que coloración de pulpa presenta las condiciones necesarias para alcanzar la madurez de consumo en zapote. La aditividad se aplicó al modelo lineal con la siguiente fórmula: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$.

7. Resultados y discusión.

A continuación, se presentan los resultados de la investigación obtenidos mediante la evaluación de parámetros físico, químicos y fisiológicos para la de terminación de índices de madurez visuales y de laboratorio de Zapote.

7.1. Parámetros físicos

7.1.1. Color de pulpa por colorimetría

7.1.1.1. Luminosidad Blanco puro - Oscuro(L*).

Al evaluar la luminosidad del color de la pulpa de los zapotes en estudio (anexo 1, cuadroA1), se observaron cambios en los valores de L*, siendo más notorios en la pulpa de los zapotes del T1 con un promedio de L* de 37.45 y T2 de 39.83, lo que refleja un oscurecimiento en la pulpa del fruto producto del proceso de maduración, caso contrario en los zapotes T3 con un promedio de L* de 62.15, que al no alcanzar un grado de madurez óptimo durante el desarrollo del ensayo sus cambios en los valores de luminosidad no fueron estadísticamente significativos (figura 9). Torres Rodríguez et al. (2011), realizaron estudios similares en donde obtuvieron valores de luminosidad de la pulpa de frutos de zapote obteniendo valores de L*= 67.9 a 42.0, similares a los obtenidos en esta investigación lo cual probablemente esté asociándolo a cambios en compartimentalización de organelos, favoreciendo el contacto entre enzimas, como polifenol oxidasa y fenoles, generando oscurecimiento en la pulpa. En la misma línea, Villanueva et al (2001), en su investigación registraron valores de L* de 74-78 en frutos que se encontraban en madurez fisiológica y disminuyeron a valores de 39 y 53 en madurez de consumo.

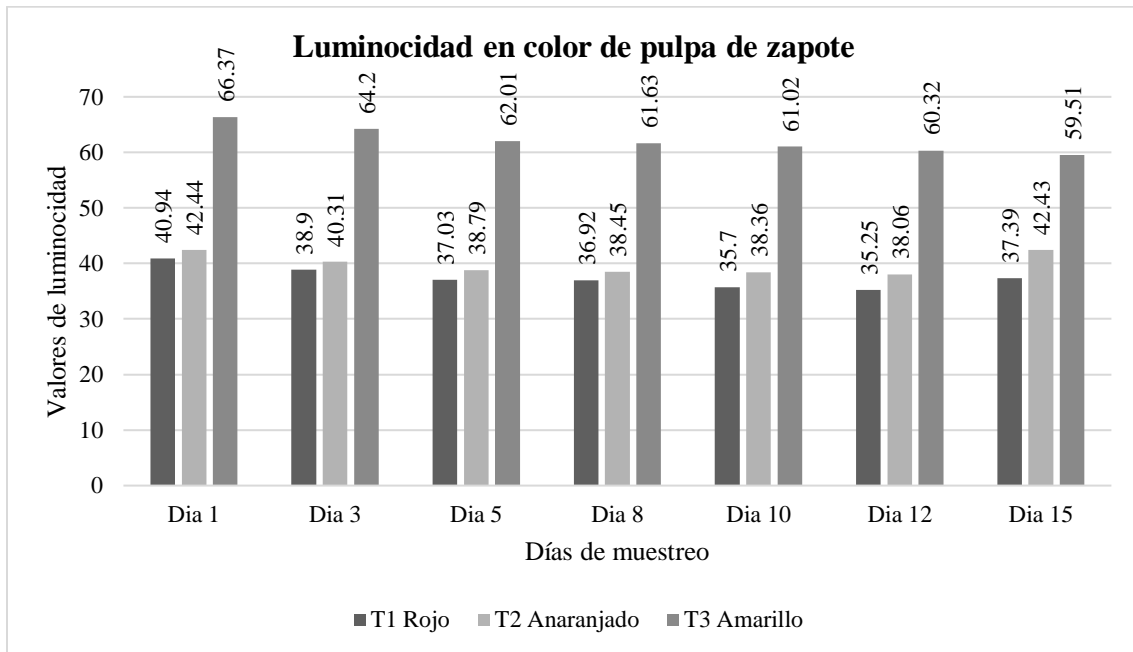


Figura 9. Evaluación de luminosidad de color de pulpa de zapote, con un p-valor de 0.0001, presente variaciones estadísticamente significativas en T1 y T2 según la prueba de Tukey.

7.1.1.2. Coordenadas cromáticas a* (rojo/ verde)

Al realizar el análisis de varianza, para la variable coordenadas cromáticas a* (anexo 1, cuadroA1), que van de -a* (verde), hasta +a* (rojo), en los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, presentando resultados heterogéneos con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo como resultado valores superiores de la cromátida a* para T1 con una media de 22.30, por lo que este estado de madurez presento una coloración más rojiza en comparación a T2 y T3 quienes obtuvieron valores en sus medias de 19.24 y 11.51 respectivamente (figura 10). Tomando en cuenta el estado de madurez en el que se encontraba cada una de las muestras, se puede observar que en el caso de T1 al ser una coloración de pulpa rojo sus valores fueron constantes, en el caso de T2, existió una variación en los valores esto debido a que aún se encontraba en proceso de maduración por lo que se pudo apreciar de mejor manera el cambio de coloración anaranjado a rojo, en cuanto a T3 la variaciones en los valores de la cromátida a* fueron mínimas al no alcanzar un estado de madurez óptimo los cambios en la coloración de la pulpa de estas muestras fue leve, presentándose hasta el final del ensayo una partes de la pulpa con color anaranjado.

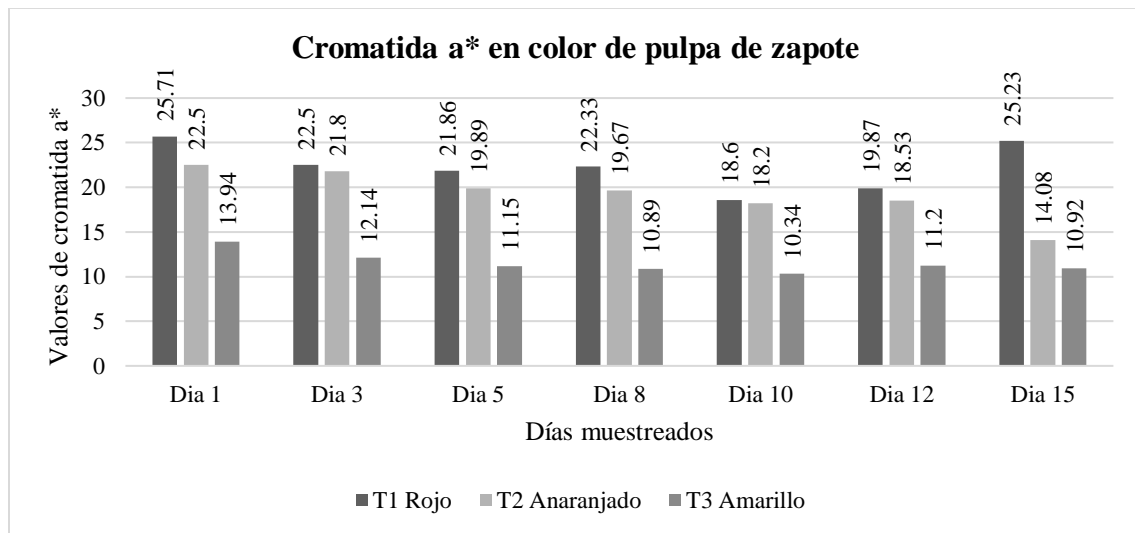


Figura 10. Evaluación de coordenada cromática a* en pulpa de zapote, presentado variaciones estadísticamente significativas con un p-valor de 0.001, siendo T1 y T2 quienes presentaron los mejores resultados según la prueba de Tukey.

7.1.1.3. Coordenadas cromáticas b* (amarillo/ azul)

Al realizar el análisis de varianza, para la variable coordenadas cromáticas b* (anexo 1, cuadroA1), que van de +b* (amarillo), hasta -b* (azul), en los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, presentando resultados heterogéneos con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo como resultado valores superiores de la cromátida b* para T3 con una media de 32.75 por lo que este estado de madurez presento una

coloración más amarilla en comparación a T1 y T2 quienes obtuvieron valores en sus medias de 19.31 y 24.78 respectivamente. Tomando en cuenta el estado de madurez en el que se encontraba cada una de las muestras, se puede observar que en el caso de T3 al ser una coloración de pulpa amarilla sus valores de cromátida b* presentaron una disminución, pasando de 36.88 (día 1) a 28.51 (día 15), esta variación en los valores se atribuye a la maduración del fruto. A pesar de que las muestras de T3 no alcanzaron una madurez óptima, si presentaron cambios en su coloración. En el caso de los estados de madurez T1 y T2 presentaron un comportamiento similar en la disminución de los valores de la cromátida b* a medida estos llegaban a un estado de madurez óptimo y su pulpa pasaba de una coloración anaranjada a rojiza en el caso de T2 y en el caso de T1 tomaba un tono de rojo más intenso. (figura 11).

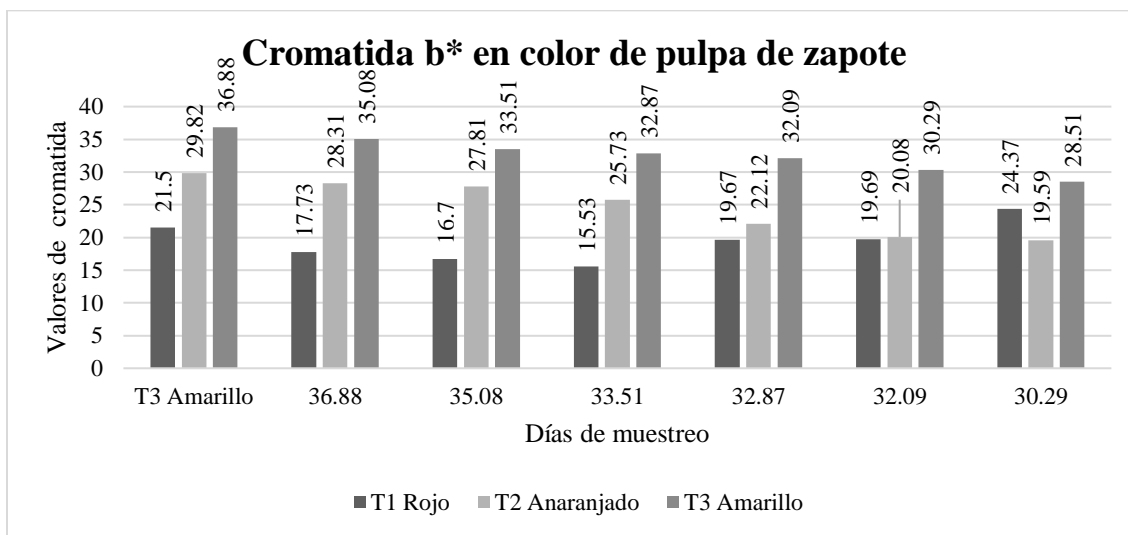


Figura 11. Evaluación de coordenada cromátida b* en pulpa de zapote, presentado variaciones estadísticamente significativas con un p-valor de 0.001, siendo T1 y T2 quienes presentaron los mejores resultados según la prueba de Tukey.

7.1.2. Color CIEL*a*b* en pulpa de zapote

Los resultados de los tratamientos (color de pulpa) al iniciar y finalizar el ensayo se muestran a continuación (cuadro 13).

Cuadro 4. Color de pulpa de los tratamientos al iniciar y finalizar el ensayo.

Color de pulpa	Color inicial			Color final		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
T1 Rojo	40.94	25.71	21.5	37.39	25.23	24.37
T2 Anaranjado	42.44	22.5	29.82	42.43	14.08	19.59
T3 Amarillo	66.37	13.94	36.88	59.51	10.92	28.51

En la figura 12, se observa el comportamiento del color de la pulpa de los tres estados de madurez en estudio. En la medición inicial para T1 presento un valor de Luminosidad moderado (L*=40.94), mediante

la intersección de las cromáticas a^* y b^* para T1, se determina una coloración pulpa rojo fuerte para T1. Respecto a T2 al tener un menor grado de madurez presento un valor mayor de luminosidad ($L^*= 42.44$), así como un mayor valor de b^* , otorgándole una coloración más amarilla que en intercepción con la cromática a^* , ubica el color de la pulpa en un tono anaranjado con inclinación rojiza. En cuanto a T3 al tener un grado de madurez menor comparado a T1 y T2, su valor de Luminosidad inicial fue de ($L^*=66.37$), en los valores de cromáticas para a^* reflejo el valor más bajo, contrario en la cromática b^* , reflejando una inclinación a la tonalidad amarillenta de su pulpa. Para el día 15 del muestreo, los tres tratamientos mostraron una disminución en sus valores de Luminosidad, T1 $L^*= 37.39$, T2 $L^*=42.43$ y T3 $L^*=59.51$, lo que refleja un oscurecimiento en la tonalidad de sus pulpas. Este oscurecimiento está relacionado con el grado de madurez alcanzado por cada uno. En el caso de T1 y T2 al alcanzar un mayor grado de madurez presentaron una disminución en los valores de cromática pasando de un color rojo fuerte a un color rojo intenso más oscuro y de un color anaranjado a un anaranjado-rojizo. Respecto a T3, no alcanzó un grado de madurez óptimo, esto se vio reflejado en la coloración de su pulpa mostrando un color anaranjado pálido con áreas de un todo anaranjado más fuerte. Estos resultados sugieren que para determinar un índice objetivo se pueden evaluar técnicas espectrofotométricas que puedan detectar con certeza el color o los pigmentos que se asocian al mismo en la pulpa.

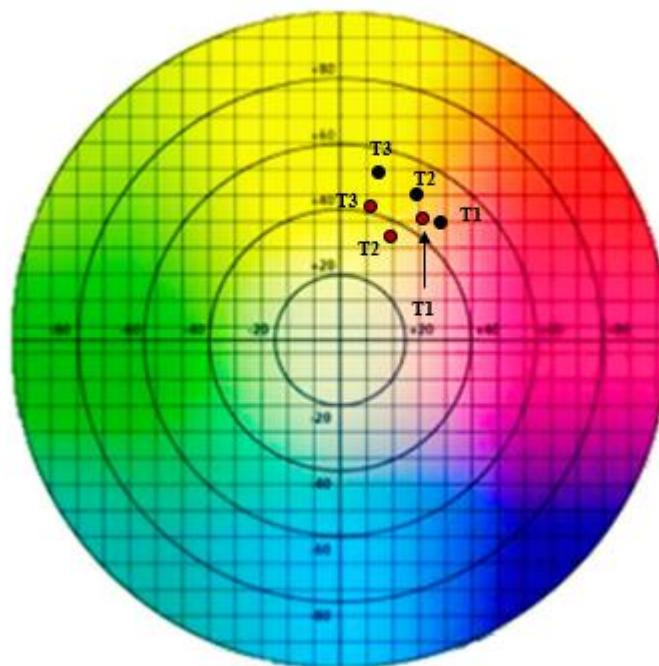


Figura 12. Color CIEL^{*}a^{*}b^{*} de los tratamientos durante el desarrollo del ensayo. Puntos de color “Negro” señalizan los valores de L^* , a^* y b^* iniciales, puntos de color “Rojo” señalizan los valores de L^* , a^* y b^* al final del ensayo.

7.1.3. Evaluación de color de cáscara

7.1.3.1. Luminosidad Blanco puro - Oscuro(L*).

Al evaluar la luminosidad del color de la cáscara de los zapotes en estudio se observaron cambios en los valores de L* (anexo 1, cuadroA1), siendo más notorios en la cáscara de los zapotes T1, con un promedio de L* 39.66, lo que refleja un mayor oscurecimiento en la cáscara del zapote a medida este va madurando. En el caso de T2 y T3 el oscurecimiento fue menor presentando promedios de luminosidad de 40.25 y 44.50 respectivamente. Según Saucedo (2018), los cambios en la luminosidad de la cáscara del zapote son poco detectables, ya que en su investigación las variaciones en los valores de luminosidad fueron de 50 y 54. Mediante el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, se identificó diferencias significativas en cuanto a la luminosidad de las cáscaras de las muestras de los tres estados de madurez en estudio. Al aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey se pudo identificar que T1 al presentar un mayor grado de madurez la luminosidad de su cáscara fue menor por lo que se podría atribuir que a medida el fruto madura los valores de luminosidad disminuyen, caso contrario en las muestras de T3, que al encontrarse en un estado de madurez inferior la luminosidad de su cáscara fue mayor en comparación a T1 y T2 (figura 13).

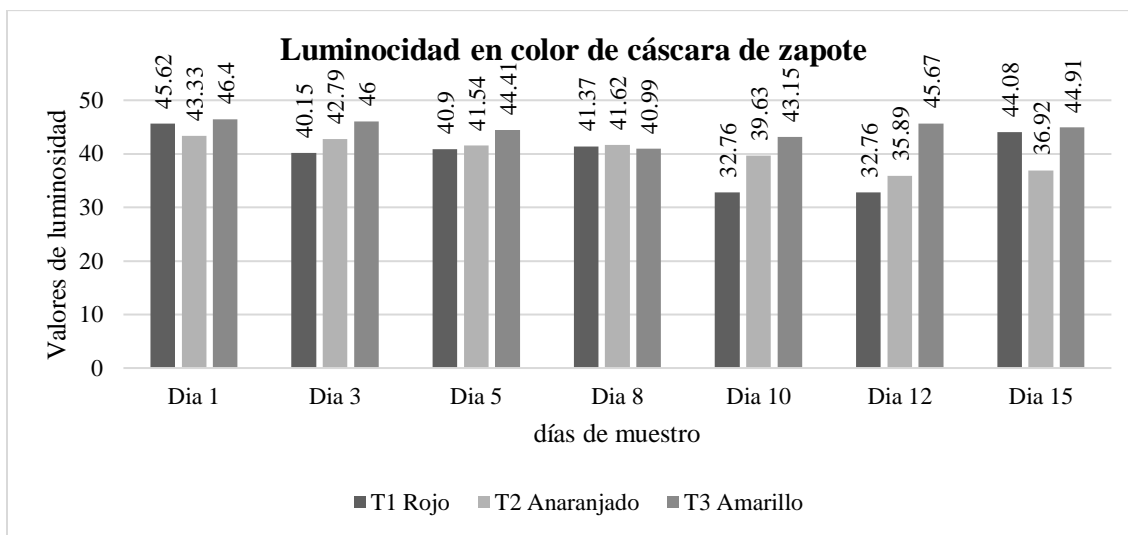


Figura 13. Evaluación de luminosidad en cáscara de zapote, con un p-valor de 0.0260, presenta variaciones estadísticamente significativas en la luminosidad de cáscara T1 y T2 según la prueba de Tukey.

7.1.3.2. Coordenadas cromáticas a* (rojo/ verde)

Al realizar el análisis de varianza, para la variable coordenadas cromáticas a* (anexo 1, cuadroA1), que van de -a* (verde), hasta +a* (rojo), en los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque no tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, presentando resultados homogéneos con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo como resultado valores

similares de a^* en cuanto la coloración de la cáscara de zapato con rango de medias que van desde los $T3=5.71$, $T1= 6.23$ y $T2=7.42$, ubicándose en una coloración de cáscara oscura dentro las coordenadas de colorimetría (figura 14). Saucedo (2018), señala que las muestras entre las cromátidas de la cáscara de zapote son muy sutiles y no siguen un patrón lo que sugiere que el ángulo de las cáscaras de zapote no muestra cambios significativos desde el inicio del crecimiento del fruto hasta alcanzar su madurez de consumo.

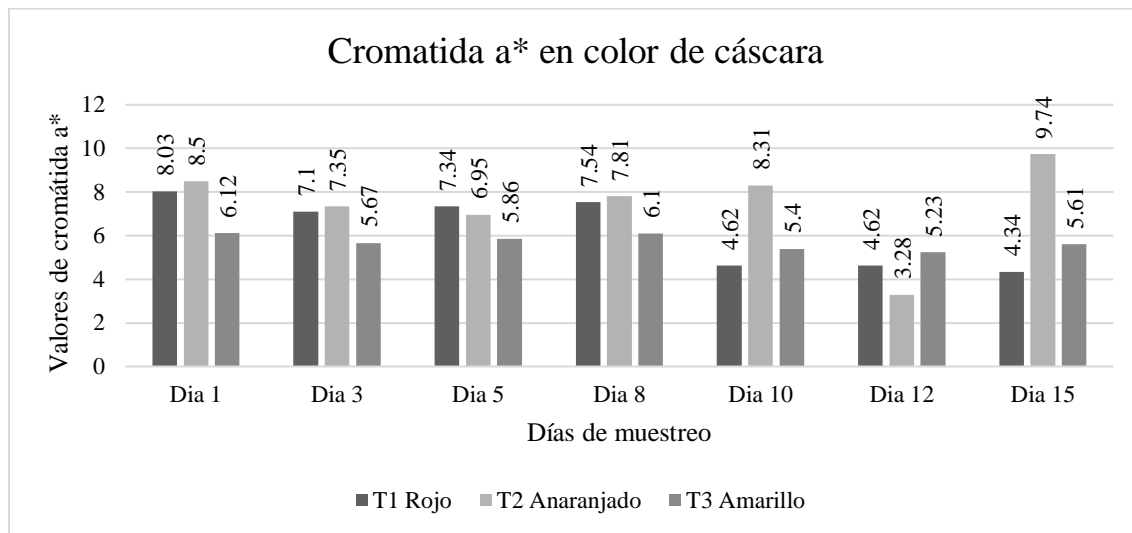


Figura 14. Evaluación de coordenada cromática a^* en cáscara de zapote, con un p-valor de 0.0958, no se observaron variaciones estadísticamente significativas, produciendo iguales resultados según la prueba de Tukey.

7.1.3.3. Coordenadas cromáticas b^* (amarillo/ azul)

Al realizar el análisis de varianza, para la variable coordenadas cromáticas b^* (anexo 1, cuadroA1), que van de $+b^*$ (amarillo), hasta $-b^*$ (azul), en los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque no tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, presentando resultados homogéneos con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo como resultado valores similares de a^* en cuanto la coloración de la cáscara de zapato con rango de medias que van desde $T1=12.64$, $T2= 14.09$ y $T3=14.52$, ubicándose en una coloración de cáscara oscura dentro las coordenadas de colorimetría para lo cromática b^* (figura 15).

Al comprar los valores obtenidos en esta variable durante los 15 días de duración del estudio, se pudo observar que las variaciones en la coloración de la cáscara de zapote son muy poco perceptibles, por lo que notar cambios en la coloración de la cáscara para la identificación de un índice de madurez seria complicado.

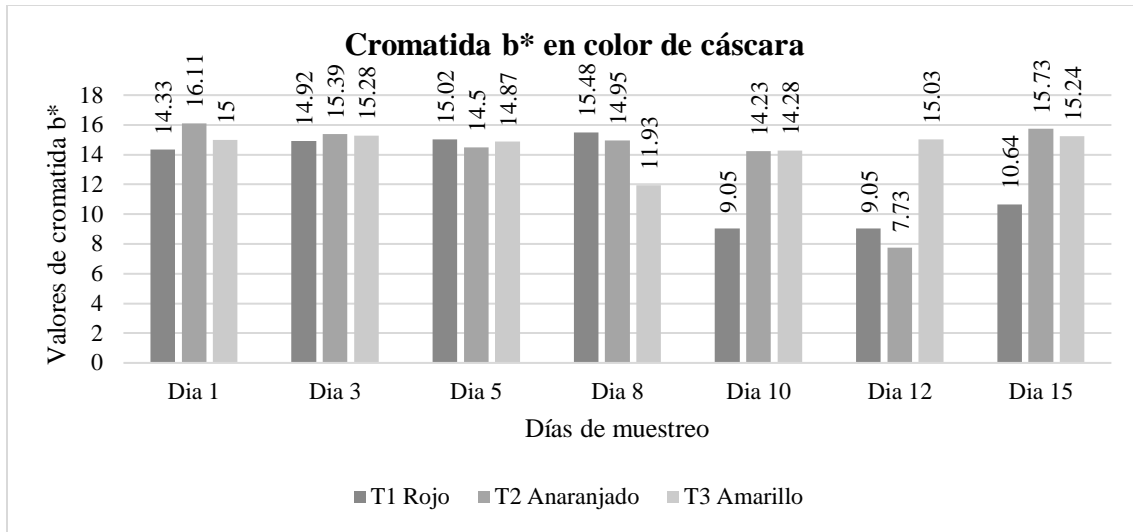


Figura 15. Evaluación de coordenada cromática b* en cáscara de zapote, con un p-valor de 0.2933, no se observaron variaciones estadísticamente significativas, produciendo iguales resultados según la prueba de Tukey.

7.1.4. Pérdida de peso

Al evaluar la variable pérdida de peso en los tres estados de madurez en estudio (anexo 2, cuadroA2), se identificó que los frutos de zapote que presentaron una mayor pérdida de peso fueron los pertenecientes a T1 (pulpa roja), con un 19.71 % (68 g), seguido de T2 (pulpa anaranjada), con un 16.14% (51 g) y finalmente T3 (pulpa amarilla), con un 9.18% (28 g). Los principales factores que podrían haber contribuido a una mayor pérdida de peso en los tratamientos T1 y T2 serían temperatura, la humedad relativa quienes tendrían una influencia negativa en el proceso de transpiración de los frutos y al ser los zapotes frutos climatéricos su producción de etileno es mayor lo que acelera sus procesos fisiológicos (respiración, maduración y senescencia). (figura 16).

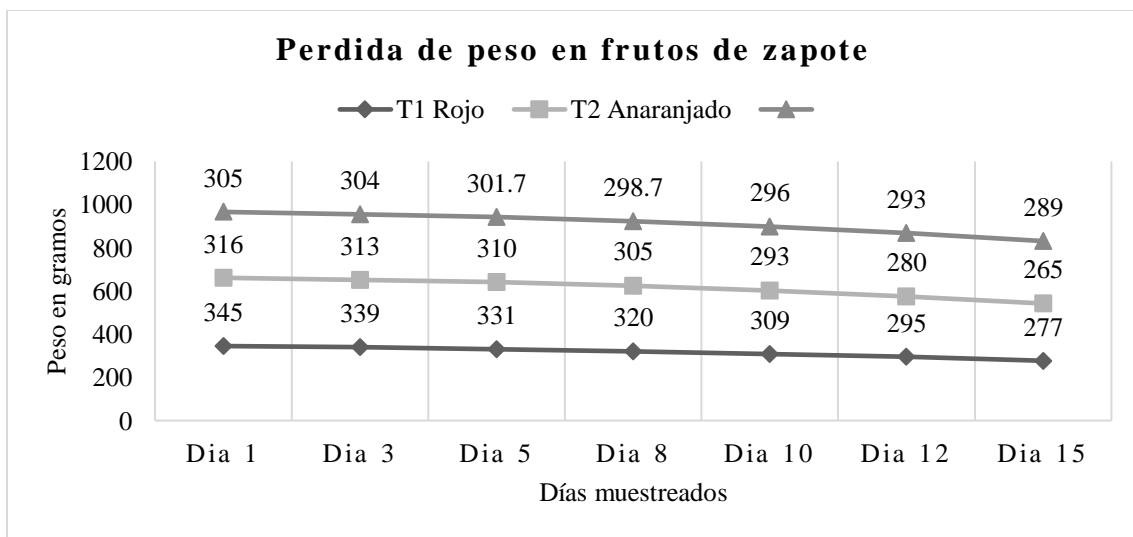


Figura 16. Evaluación de pérdida de peso en zapote, presentado variaciones estadísticamente significativas con un p-

valor de 0.0001, produciendo las pérdidas de peso más notorias en T1 y T2 de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey.

Alia Tejada (2007), indica que el fruto de zapote tiene pérdida de masa entre 1.8 y 2.1 % diario. Al compararlo con los datos obtenidos en esta investigación existe una amplia diferencia debido a que durante el desarrollo del ensayo se registraron pérdidas de peso diarias de hasta de un 6.50% que pudieron verse influenciadas por los factores antes mencionados.

Por otra parte, Villanueva et al. (2000), en su estudio: Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey, obtuvieron porcentajes de pérdida de peso de 8.4% hasta un 14.2%. Atribuyendo principalmente la pérdida de peso a un incremento en la temperatura y disminución de la humedad relativa del ambiente.

7.1.5. Diámetro polar

Mediante el análisis de varianza, para la variable diámetro ecuatorial en los tres estados de madurez de zapote en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque presentaron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, dando resultados heterogéneos con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo como resultado una disminución considerable principalmente en los zapotes con el estado de madurez T1 (pulpa roja), debido que desde el día 1 hasta el día 15, presento una disminución de 1.5 cm (5.11%) de su tamaño inicial. En cuanto a T2 (pulpa anaranjada), se redujo 0.60 cm (2.23%) y T3 (pulpa amarilla), fue quien mostro una reducción menor 0.40 cm (1.60%). Entre los factores que pudieron afectar la disminución de tamaño de los frutos respecto a su diámetro polar, se encuentran principalmente el grado de madurez, senescencia, tasa respiratoria, temperatura y humedad relativa (figura 17).

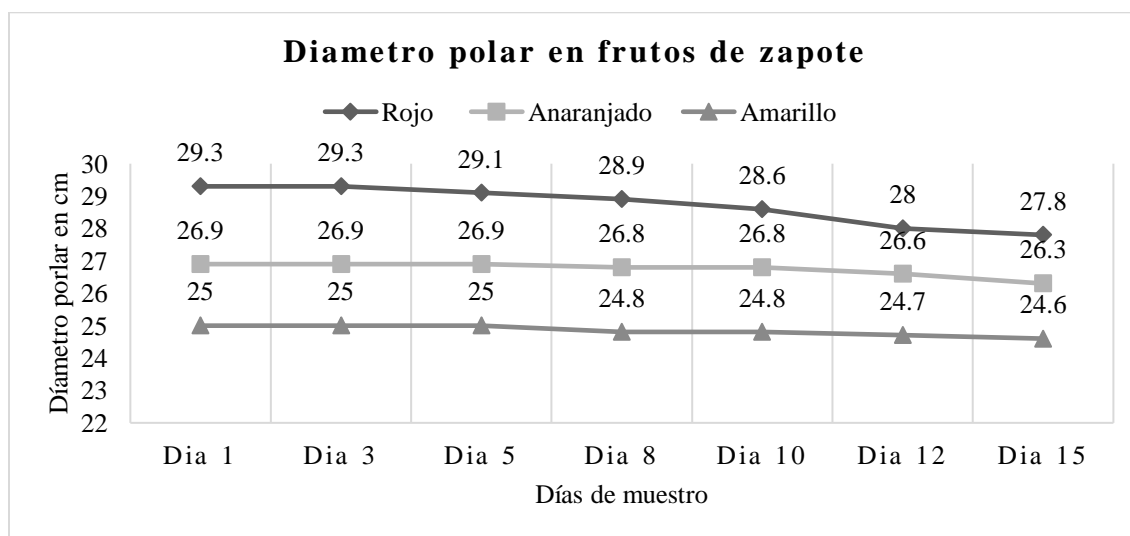


Figura 17. Evaluación del comportamiento de la variable diámetro polar en cm en zapotes, presentado variaciones estadísticamente significativas con un p-valor de 0.0001, produciendo disminuciones en el diámetro polar en T1 y T2 de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey.

7.1.6. Diámetro Ecuatorial

Al realizar el análisis de varianza, para la variable diámetro ecuatorial de los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque tuvieron efectos estadísticamente significativos en la variable estudiada, presentando resultados heterogéneos con un nivel de confianza del 95%. Identificando una disminución considerable principalmente en el zapote T1 (pulpa roja), debido que desde el día 1 hasta el día 15, presento una disminución de 2.4 cm (9.45%) de su tamaño inicial. En cuanto a T2 (pulpa anaranjada), se redujo 1.3 cm (4.78%) y T3 (pulpa amarilla), fue quien mostro una reducción menor 0.80 cm (3.13%). Entre los factores que pudieron afectar la disminución de tamaño de los frutos respecto a su diámetro ecuatorial, se encuentran principalmente el grado de madurez, senescencia, tasa respiratoria y temperatura. (figura 18).

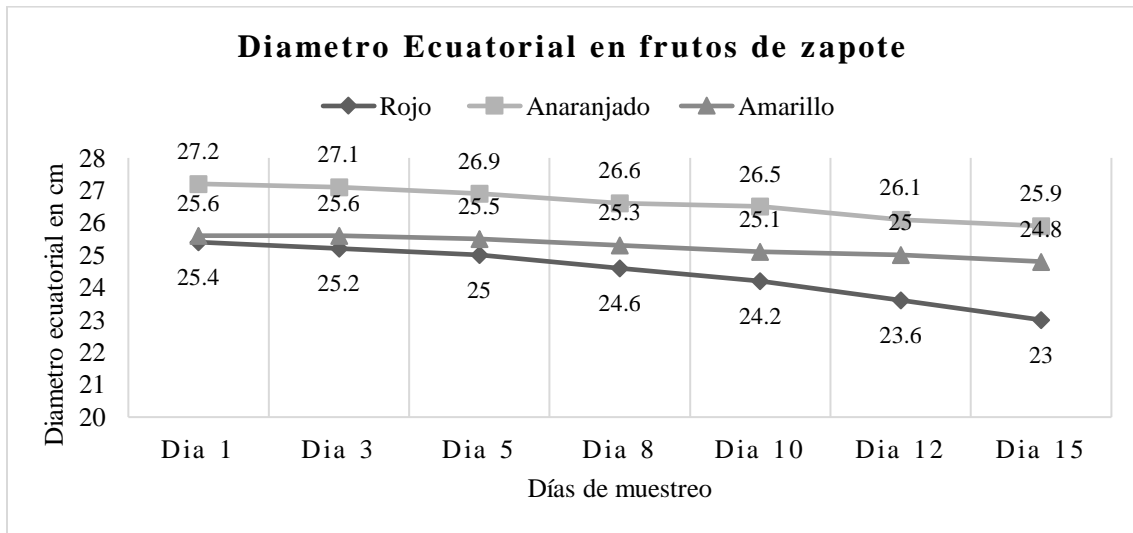


Figura 18. Evaluación del comportamiento de la variable diámetro ecuatorial en cm en zapote, presentado variaciones estadísticamente significativas con un p-valor de 0.0003, produciendo disminuciones en el diámetro polar en T1 y T2 de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey.

7.2. Resultados parámetros fisiológicos

7.2.1. Tasa de Respiración

Al realizar el análisis de varianza, para la variable tasa respiratoria para los tres estados de madurez en estudio. Se identificó que el factor tratamiento y bloque presentaron variaciones estadísticamente significativas en la variable estudiada, presentando resultados heterogéneos con un nivel de confianza del 95%.

Partiendo de los valores obtenidos mediante el analizador de gases y la aplicación de la fórmula:

$$\text{ml CO}_2 \text{Kg}^{-1} * \text{h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2}{100} * \frac{\text{Vol. libre (ml)}}{\text{peso muestra}} * \frac{1}{\text{horas}}$$

Se logro observar el comportamiento de la tasa respiratoria de los tres estados de madurez (anexo 3,

cuadroA3), siendo los estados de madurez T1 y T2, quienes mostraron una alta tasa respiratoria desde el primer día alcanzando valores de $0.187 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ y $0.209 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente a los 10 minutos y alcanzando una producción de CO_2 mayor al 5% transcurridos los 20 minutos. Bladón (2004), señala que un aumento en las concentraciones de CO_2 en la atmósfera del producto en valores superiores al 5% a temperatura ambiente estropea rápidamente el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna y otras condiciones fisiológicas anormales. Como se observa en la figura 19, el fruto del tratamiento T1, alcanzo su climaterio al día 7 del ensayo. Del día 9 en adelante se observó una disminución en su tasa respiratoria, la cual podría atribuirse al proceso de senescencia del fruto, al haber alcanzo un grado de madurez de consumo óptimo entre el día 7 y 9, con una producción máxima de $0.257 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. En cuanto a T2 (figura 20), un incremento acelerado en su tasa respiratoria a partir del día 7 y alcanzando su climaterio el día 14, alcanzando en este último su tasa respiratoria más alta con un volumen en la producción de CO_2 de $0.877 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a los 10 minutos. Respecto a T3 (figura 21), este presento, una menor tasa respiratoria alcanzando su mayor volumen de producción el día 11, al alcanzar un volumen de $0.40 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, el aumento de la tasa respiratoria está relación con la maduración del fruto, pero a pesar de presentar un aumento en su tasa respiratoria, no logro alcanzar un estado de madurez óptimo. El incremento de la tasa respiratoria en los frutos podría atribuirse a la temperatura y humedad relativa de la zona, debido a que las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente (32°C), y conociendo que altas temperaturas favorecen al incremento de la tasa respiratoria y producción de etileno en frutos climatéricos como el zapote. Se puede atribuir la maduración óptima de consumo tanto de T1 y T2 a estos factores ambientales.

Los resultados obtenidos por Saucedo (2018), reportan un climaterio máximo a los 11 días de cosecha alcanzando una producción de $95 \text{ mlCO}_2\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ luego de 24 horas. Comportamiento similar al presentado por T2 y T3, quien alcanzo su climaterio entre los 9 y los 11 días. Alia Tejacal et al. (2007) indican que el fruto de zapote en postcosecha muestra un comportamiento climatérico en la velocidad de respiración.

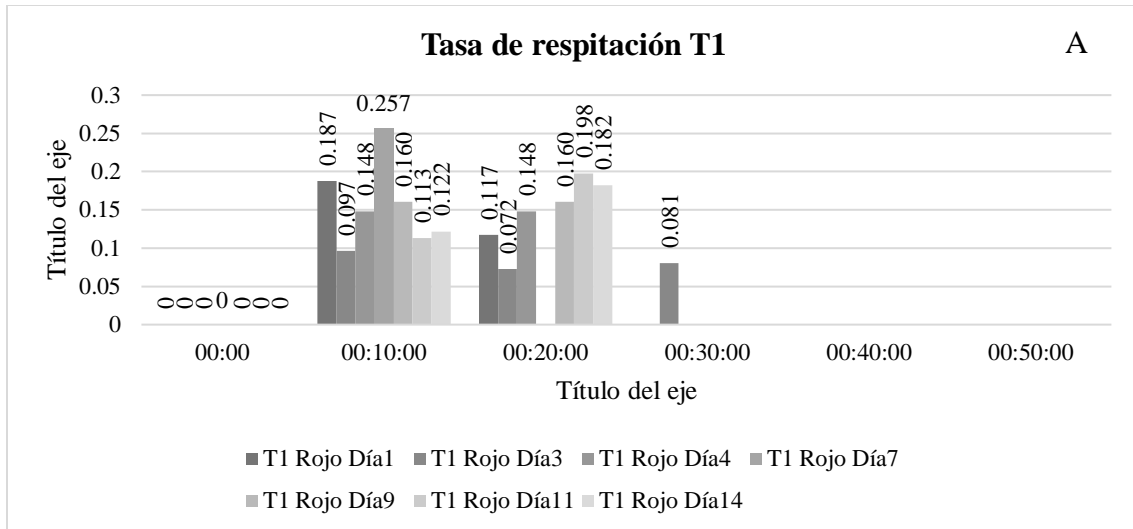


Figura 19. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en frutos de zapote en tres estados de madurez T1 (A), durante 15 días. Presentando las tazas respiratorias más alta en comparación al zapote perteneciente al estado de madurez T3 de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

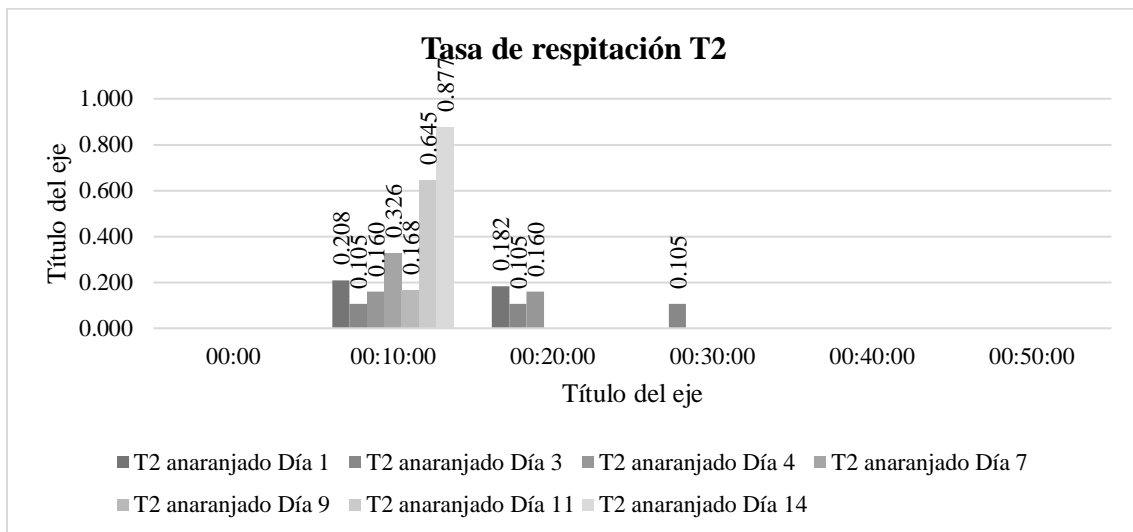


Figura 20. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en frutos de zapote en estado de madurez T2 (A), durante 15 días. Presentando las tazas respiratorias más alta en comparación a los zapotes pertenecientes a los estados de madurez T1 y T3 de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%

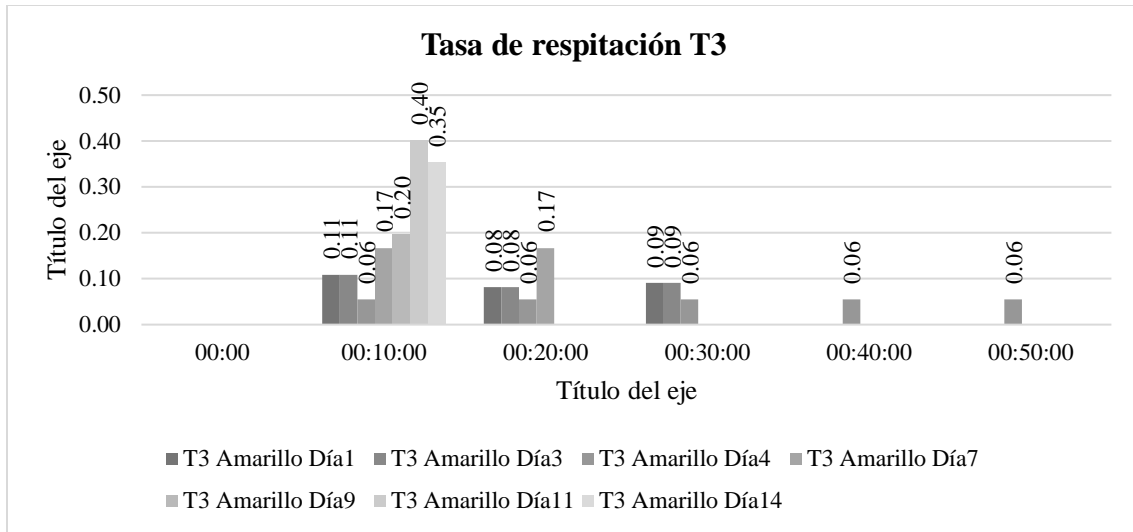


Figura 21. Evaluación del comportamiento de la Taza respiratoria en frutos de zapote en el estado de madurez T3 (C), durante 15 días. Presentando las tazas respiratorias más baja en comparación a los zapotes pertenecientes a los estados de madurez T1 y T2 de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%

7.3. Resultados parámetros químicos

7.3.1. pH (potencial de Hidrogeno).

Al evaluar el comportamiento de los valores de pH obtenidos (anexo 4, cuadro A4), para los tres estados de madurez T1, T2 y T3 se observó que, estos no presentaron variaciones estadísticamente significativas, con valores promedio de pH de 5.61, 5.29 y 5.17. (figura 22).

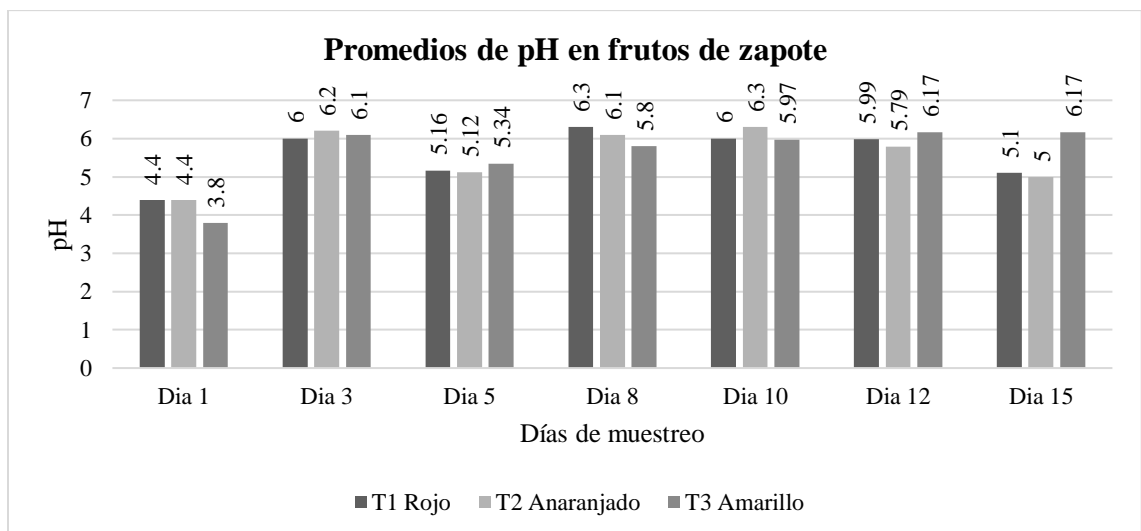


Figura 22. Comportamiento de la variable pH en los estados de madurez de zapote con un p-valor de 0.9294, no presenta variaciones estadísticamente significativas, con medias similares según la prueba de Tukey.

Saucedo (2018), obtuvo valores de pH similares al evaluar cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote. En su estudio al analizar zapotes en estado de madurez fisiológico y de consumo obtuvo valores de 5.0 y 6.0, los cuales se asemejan a los obtenidos en este estudio. Al observar los valores obtenidos se puede apreciar, que existen pequeñas variaciones entre los estados de madurez del zapote, pero estas no son significativas ya que siempre se mantienen dentro del rango de pH teórico. Por lo cual esta variable no podría considerarse como un indicador para determinar un índice de madurez para la cosecha de zapote.

7.3.2. Porcentaje de acidez titulable en pulpa de zapote.

Los resultados promedio de acidez titulable obtenidos de los tres estados de madurez fueron los siguientes: T1=10%, T2=9% y T3=9%. Al analizar los valores obtenidos (anexo 4, cuadroA4), y el promedio se observa que no se presentaron variaciones estadísticamente significativas en los diferentes estados de madurez. Aunque durante el ensayo se pudo identificar que en los días 8, 10, 12 y 15 hubo un incremento en los porcentajes de acidez principalmente en T1 con pulpa de color rojo, quien poseía el grado de madurez más avanzado (figura 21). Este incremento se podría atribuir al proceso de senescencia fruto quien mediante la degradación de sus azúcares y tejidos incrementaba los niveles de ácido láctico en la pulpa del fruto.

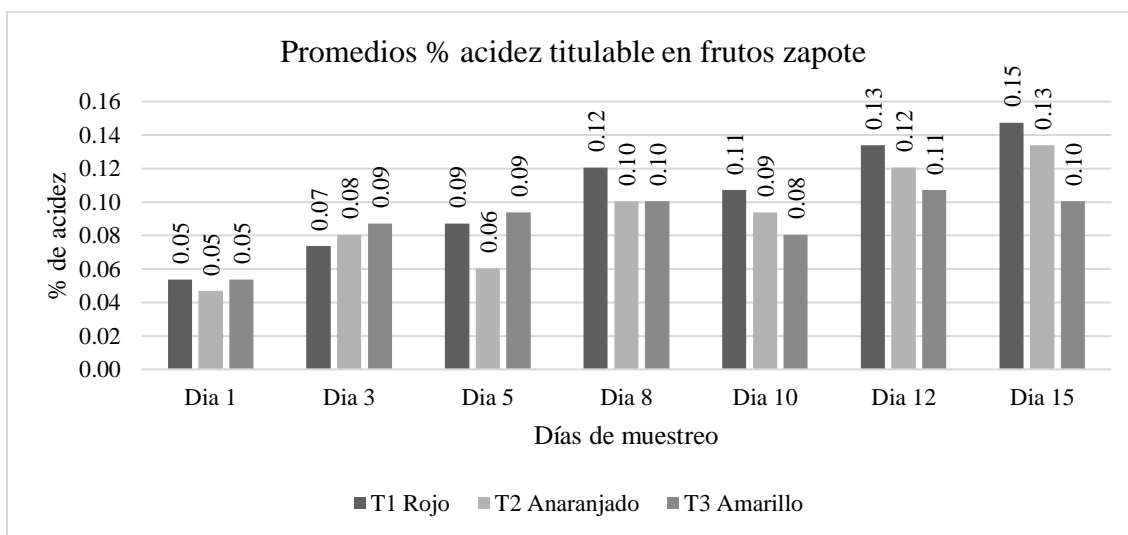


Figura 23. Comportamiento de la variable porcentaje de acidez titulable en los estados de madurez de zapote con un p-valor de 0.1248, no presenta variaciones estadísticamente significativas, con medias similares según la prueba de Tukey.

Autores como Arenas et al. (2003) no reportaron cambios durante la maduración en postcosecha de frutos de zapote obteniendo porcentajes de acidez entre 0.11 y 0.17 %, los cuales se encuentran dentro del rango de los porcentajes obtenidos en el ensayo. Por otra parte, Alía Tejacal et al. (2002), indican que frutos de zapote madurados a temperatura ambiente, presentan una disminución en el porcentaje de acidez al alcanzar su madurez de consumo. Al ser un fruto con bajo contenido de acidez, muy poca variación durante el

proceso de maduración y generalmente decrece durante esta etapa (Thompson 2003).

Al ser un fruto de baja acidez, los leves cambios que se muestran durante su maduración podrían favorecer a determinar un índice de cosecha óptimo.

7.3.3. Determinación de sólidos solubles totales (° Brix).

El comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix), durante el ensayo presento variaciones estadísticamente entre los tres estados de madurez en estudio (anexo 4, cuadroA4), siendo T1 con pulpa de coloración roja quien presento el mayor incremento de °Brix, pasando de 7.8°Brix en el día 1 hasta alcanzar los 33.8°Brix el día 15 con un grado de madurez de consumo óptimo. En el caso de T2 pulpa de color anaranjado presento un incremento de °Brix iniciando con 6.8°Brix y llegando hasta 29.6°Brix en el día 15 con un grado de madurez de consumo óptimo al igual que el T1. En cuanto a T3, este presento una menor variación en sus °Brix. Trascurridos los 15 días del ensayo alcanzo un máximo de 10.4°Brix, sin llegar a un grado de madurez óptimo por lo cual esta coloración de fruto no había alcanzado un estado de madurez ideal para su cosecha.

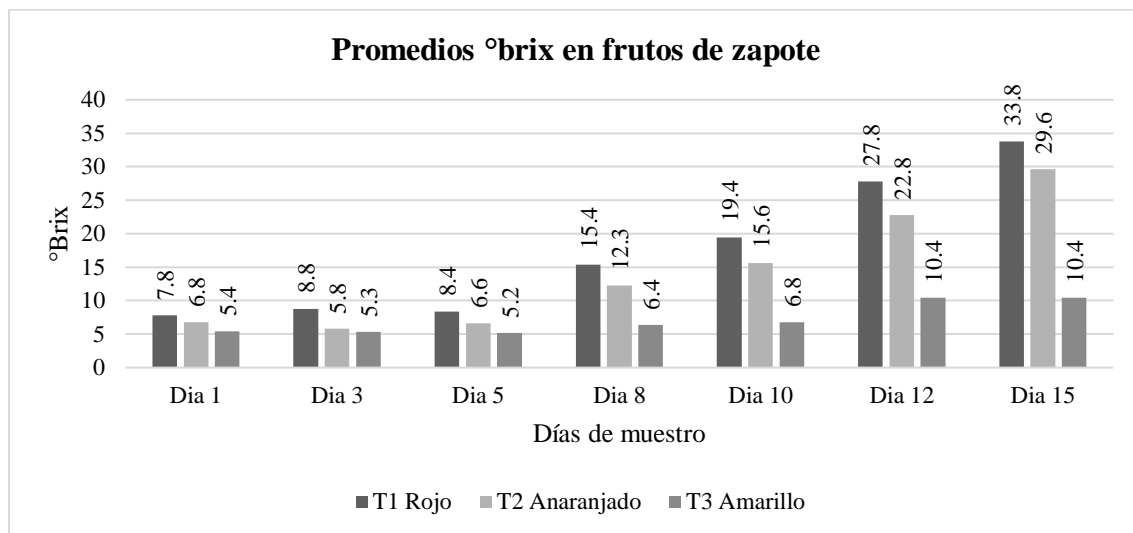


Figura 24. Comportamiento de la variable °Brix en los estados de madurez de zapote presento variaciones estadísticamente significativas con un p-valor de 0.0027, produciendo disminuciones en el diámetro polar en T1 y T2 de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey.

Díaz Pérez et al. (2003), reporta que cosechando fruto entre 10 y 12 °Brix, los frutos maduraran adecuadamente alcanzado hasta 30 °Brix. Arenas Ocampo et al. (2003), reportan que los sólidos solubles totales se incrementan significativamente entre la fase climatérica (12. 7 °Brix) y la fase postclimaterica (32.2 °Brix). Los resultados obtenidos en el presente trabajo y los obtenidos por otros autores, indican que los frutos de zapote deben tener un mínimo de entre 7 a 10 °Brix para alcanzar una madurez de consumo óptima.

7.4. Determinación de parámetros para establecimiento de índice de madures en zapote.

Cuadro 5. Determinación de parámetros para establecimiento de índice de madures en zapote

Parámetros	Aplica	No aplica	Descripción
Parámetros físicos			
Colorimetría pulpa	X		Las variaciones en la coloración de la pulpa de zapote si puede emplearse como indicador de un índice de cosecha, partiendo de los resultados obtenidos en este ensayo, los valores que podrían emplearse para determinar un índice de cosecha por colorimetría en frutos de zapote son: Valores de luminosidad de: 40 a 45 Valores de Cromátida a* de: 20 a 25 Valores de Cromátida b* de: 20 a 30 Si al realizar el muestro se encuentran frutos de zapote con valores de luminosidad, cromátida a* y cromátida b*, se podría asumir que los frutos ya han alcanzado una madurez fisiológica y que al ser cosechados alcanzarán su madurez de consumo.
Colorimetría cascara		X	Las variaciones en la coloración de la cascara de frutos de zapote es mínima en sus diferentes estados de madurez, además puede presentar tonalidades diferentes entre variedades, por lo cual no podría emplearse como indicador para la determinación de un índice de cosecha.
Pérdida de peso		X	La pérdida de peso en los frutos de zapote no aplicaría como un indicador de índice de madurez, ya que se ve reflejado principalmente cuando el fruto está entrando en un proceso de senescencia.
Diámetro polar		X	El diámetro polar en los frutos de zapote, no aplicaría como un indicador de índice de madurez, la disminución de esta variable se refleja cuando el fruto está entrando en un proceso de senescencia.
Diámetro Ecuatorial		X	El diámetro ecuatorial en los frutos de zapote no aplicaría como un indicador de índice de madurez, la disminución de esta variable se refleja cuando el fruto está entrando en un proceso de senescencia.
Parámetros fisiológicos			
Tasa respiratoria		X	La tasa respiratoria en frutos de zapote no podría emplearse como un indicador de índice de cosecha, debido a que factores externos como la humedad relativa y la temperatura influyen directamente la tasa respiratoria del fruto. Además, tomar en cuenta que si se aplica un corte o raspado al fruto esto generaría estrés, lo que podría aumentar la tasa respiratoria y dar un indicio que el fruto alcanzó una madurez fisiológica, por lo que se cosecharían frutos inmaduros que no alcanzarían una madurez de consumo.
Parámetros químicos			
pH		X	Las variaciones en los valores de pH no son significativas en los estados de madurez por lo cual no podrían emplearse para determinar un índice de madurez en frutos de zapote
Acidez titulable		X	Las variaciones en los valores de acidez titulable no son significativas en los estados de madurez, por lo que no podría emplearse para determinar un índice de madurez en frutos de zapote.
°Brix	X		En base a los resultados de esta investigación los °Brix, si aplican como un indicador de índice de cosecha para frutos de zapote, ya que valores de entre 8°Brix a 10°brix, indican que los frutos han alcanzado una madurez fisiológica que le permitirá alcanzar una madurez óptima de consumo.

8. Conclusiones.

Al evaluar los parámetros físicos, como variación de color por colorimetría, pérdida de peso, diámetro polar y ecuatorial. Se puede concluir que el único parámetro que permitiría identificar un índice de madurez de cosecha es la medición de color por colorimetría, debido a que la variación o cambio de color son el indicador que puede apreciarse con una mayor facilidad, frutos de zapote que presenten valores de luminosidad de: 40 a 45, coordenadas cromáticas a* de 20 a 25 y coordenadas Cromática b* de: 20 – 30. Se podría asumir que los frutos ya han alcanzado una madurez fisiológica y que al ser cosechados alcanzarán su madurez de consumo. Respecto a pérdida de peso y diámetros, son variables que poseen una mayor relevancia en la etapa de vida útil del fruto ya que sus variaciones se aprecian principalmente en la etapa de senescencia del fruto.

Al aplicar el diseño de bloques completos al azar, se pudo identificar que las características químicas pH y porcentaje de acidez titulable no ofrecen factores determinantes que puedan emplearse para el establecimiento de un índice de cosecha y madurez para los frutos de Zapote.

Respecto a la concentración de sólidos solubles totales, estos sí pueden aplicarse como un índice de cosecha de zapote al presentar una variación constante durante el desarrollo y maduración del fruto. De acuerdo con los resultados obtenidos un fruto con valores de 8° a 10° brix, han alcanzado una madurez fisiológica que le permitirá continuar su proceso de madurez hasta llegar a una madurez de consumo.

La tasa respiratoria es un parámetro que se ve influenciado directamente por el grado de madurez del fruto, puesto que a medida que este va madurando su tasa de respiratoria aumenta. Pero como indicador para determinación de índice de madurez no se recomienda, debido a que este parámetro se ve afectado por la temperatura y humedad relativa, lo que podría ocasionar que bajo condiciones de alta temperatura se cosechen frutos con una tasa respiratoria alta creyendo que se encuentran en una madurez de cosecha y al ser cosechados antes de tiempo estos no se maduren homogéneamente y no puedan expresar todas sus características organolépticas.

9. Recomendaciones

Evaluar los parámetros fisicoquímicos y fisiológicos aplicados en este ensayo, desde la etapa de floración, desarrollo, cosecha y postcosecha y de esta manera establecer índices de cosecha más precisos para garantizar una madurez de consumo óptima.

Evaluar el efecto de las temperaturas y humedad relativa en el proceso, homogeneidad y calidad de la maduración de los frutos de zapote.

Fomentar la implementación de evaluaciones fisicoquímicas para la determinación de madurez fisiológica y cosecha de zapotes.

Capacitar a los productores de zapote sobre los métodos fisicoquímicos, como la medición de sólidos solubles totales, para la determinación el momento de cosecha de los zapotes.

Se recomienda limpiar y eliminar residuos de productos de los equipos de medición, que puedan afectar la veracidad de los resultados.

Se recomienda brindar mantenimiento a los equipos de medición, ajustando y calibrando periódicamente lo que garantizara la calidad de los resultados, disminuyendo los márgenes de error.

10. Bibliografía

- Alía Tejal, I; Dominguez, B; Martinez Morales, A. 2010. Caracterización de la maduración en ecotipos de zapote mamey (*Pouteria sapota*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. (en línea). Consultado 22 mar 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81315809003.pdf>
- Alía Tejal, I; Colinas León, M. T; Martínez Damián, M. R; Soto Hernández. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn) durante poscosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura 8(2): 263-281p.
- Alía Tejal I; Colinas León M. T; Martínez Damián M. T; SotoHernández R.M. 2005. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). Rev. Fitotecnia Mexicana. 17-24p.
- Alía Tejal, I., Villanueva-Arce, R., Pelayo Zaldívar C., Colinas León M.T., López Martínez V., Bautista Baños S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). Postharvest Biology and Technology 285-297p
- Arenas Ocampo, M. L; Evangelista-Lozano, R; Arana Errasquín, A; Jiménez Aparicio, G; Dávila Ortíz. 2003. Softening and biochemical changes of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. Journal of Food Biochemistry. 91-107p.
- Avelar, L; Rivas, A; Sanchez, M. 2004. Estudio técnico económico de alternativas para la agroindustrialización del zapote en El Salvador. (En línea, tesis). Consultado el 15 de mar 2023. Disponible en: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1851/1/Estudio_t%C3%A9cnico_econ%C3%B3mico_de_alternativas_para_la_agroindustrializaci%C3%B3n_del_zapotel.pdf
- Blandón Navarro, S. 2012. Fisiología de poscosecha. (En línea). Consultado 20 de jul 2024. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fisiologiaposcosecha.pdf>
- Díaz Pérez, J. C; Mejía, A; Bautista, s; Zavaleta, R; Villanueva, R; López Gómez, R. 2003. Respuesta del zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore y Stearn] tratamientos de fruta a agua caliente. Biología y tecnología poscosecha 159–167p.
- Figuroa, R. G. U. 1988. Selección de tipos criollos de chicozapote (*Achras sapota* L.) y mamey (*Calocarpum mammosum* L.) en base a sus características físicas y químicas para consumo fresco.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27: 1254-1255p.
- Pérez, Y; Molina, E; Vázquez, N. 2008. Diseño de un plan operativo de mercadeo de productos frutícolas aplicado al zapote de las variedades magaña y cáceres. El Salvador. (En línea, tesis). Consultado el 20 de marzo de 2023. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/10815/1/T-658%20P438o.pdf>
- Robles, H. 2016. Cambios físicos y bioquímicos durante el proceso de maduración del futo de *Pouteria campechiana*. México. (en línea). Consultado 23 mar 2023 Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19465/Tesis%20MC%20Hector%20Ruben%20Roble>

s%20Jimarez%20Junio%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Saucedo Veloz C.; Martínez Morales A.; Chávez Franco S.H.; Soto-Hernández M. R. 2001. Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E.Moore & Stearn). Rev. Fitotecnia. Vol. 24 (2): 231-234p.
- Saucedo Hernández, R. 2018. Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E Morre & Stearn). México. (en línea). Consultado 23 mar 2024 Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2061/SAHRRL09T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thompson, A. K. 2003. Fruit and Vegetables Harvesting, Handling and Storage. Blackwell Publishing Ltd., UK. 460 p.
- Torres, Rodríguez, A. Y; Salinas Moreno, S; Valle Guadarrama, I.}; Alia-Tejagal. 2011. Soluble phenols and antioxidant activity in mamey sapote (*Pouteria sapota*) in postharvest. Food Research International. 1956-1961p
- Villanueva, R; Evangelista, S; Arenas, M; Díaz, J; Bautista, S. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* (jacq.) he moore & stearn. México. (En línea, tesis). Consultado el 18 de marzo de 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275272046_Cambios_bioquimicos_y_fisicos_durante_el_desarrollo_y_postcosecha_del_mamey_Pouteria_sapota_Jacq_HE_Moore_Stern
- Villanueva Arce, R; Díaz Pérez, J, C; Bautista, S. 2001. Cambios de color y del contenido de sólidos solubles durante el crecimiento y la maduración del fruto del mamey (*Pouteria sapota*). Tecnología de Alimentos 36: 16–19p

11. Anexos

Anexo 1. Resultados parámetro físico medición de color por colorimetría

Cuadro A 1. Resultados de medición de color por colorimetría

Bloques	Color de pulpa		L	A	B
1	Rojo	Pulpa	40.94	25.71	21.5
		Cáscara	45.62	8.03	14.33
	Anaranjado	Pulpa	42.44	22.5	29.82
		Cáscara	43.33	8.5	16.12
	Amarillo	Pulpa	66.37	13.96	36.88
		Cáscara	46.4	6.12	15
3	Rojo	Pulpa	38.9	22.5	17.73
		Cáscara	40.15	7.1	14.92
	Anaranjado	pulpa	40.31	21.8	28.31
		cáscara	42.79	7.35	15.39
	Amarillo	pulpa	64.2	12.14	35.08
		cáscara	46	5.67	15.28
5	Rojo	pulpa	37.03	21.86	16.7
		cáscara	40.9	7.34	15.02
	Anaranjado	pulpa	38.79	19.89	27.81
		cáscara	41.54	6.95	14.5
	Amarillo	pulpa	62.01	11.15	33.51
		cáscara	44.41	5.86	14.87
8	Rojo	pulpa	36.92	22.33	15.53
		cáscara	41.37	7.54	15.48
	Anaranjado	pulpa	38.45	19.67	25.73
		cáscara	41.62	7.81	14.95
	Amarillo	pulpa	61.63	10.89	32.87
		cáscara	40.99	6.1	11.93
10	Rojo	pulpa	35.7	18.6	19.67
		cáscara	32.76	4.62	9.05
	Anaranjado	pulpa	38.36	18.2	22.12
		cáscara	39.63	8.31	14.23
	Amarillo	pulpa	61.02	10.34	32.09
		cáscara	43.15	5.4	14.28
12	Rojo	pulpa	35.25	19.87	19.69
		cáscara	32.76	4.62	9.05
	Anaranjado	pulpa	38.06	18.53	20.08
		cáscara	35.89	3.28	7.73
	Amarillo	pulpa	60.32	11.2	30.29

		cáscara	45.67	5.23	15.03
15	Rojo	pulpa	37.39	25.23	24.37
		cáscara	44.08	4.34	10.64
	Anaranjado	pulpa	42.43	14.08	19.59
		cáscara	36.92	9.74	15.73
	Amarillo	pulpa	59.51	10.92	28.51
		cáscara	44.91	5.61	15.24

Anexo 2. Resultados pérdida de peso en gramos en frutos de zapote

Cuadro A 2. Registro de pérdida de peso en gramos

Color de pulpa (tratamiento)			
Día	T1 Rojo	T2 Anaranjado	T3 Amarillo
Inicial 1	345	316	305
3	339	313	304
5	331	310	301.7
8	320	305	296
10	309	293	289
12	295	280	280
15	277	265	277
Total, pérdida de peso	68	51	28
Porcentaje de pérdida de peso	19.71%	16.14%	9.18%

Anexo 3. Resultados de parámetro fisiológico.

Cuadro A 3. resultados medición de CO₂ para determinación de tasa de respiración de zapote

Día	Tratamiento	Hora	O₂	CO₂	Producción de CO₂	Consumo de O₂
1	T1 Rojo	11:19	20.1	0.1	0	
		11:29	19.9	0.4	0.1875	9.3270
		11:39	19.7	0.5	0.1172	4.6167
	T2 Anaranjado	11:20	20.1	0	0.0000	0.0000
		11:30	19.9	0.4	0.2084	10.3656
		11:40	19.7	0.7	0.1823	5.1307
	T3 Amarillo	11:21	20.2	0	0.0000	0.0000
		11:31	20.1	0.2	0.1087	10.9199
		11:41	20	0.3	0.0815	5.4328
		11:51	19.8	0.5	0.0905	3.5856
3	T1 Rojo	09:30	20.1	0.1	0.0000	0.0000
		09:40	20	0.2	0.0966	9.6607
		09:50	19.8	0.3	0.0725	4.7821

		10:00	19.6	0.5	0.0805	3.1558
	T2 Anaranjado	09:31	20.1	0	0.0000	0.0000
		09:41	20	0.2	0.1054	10.5367
		09:51	19.8	0.4	0.1054	5.2157
		10:01	19.6	0.6	0.1054	3.4420
	T3 Amarillo	09:32	20.1	0	0.0000	0.0000
		09:42	20	0.1	0.0545	10.9079
		09:52	19.9	0.2	0.0545	5.4267
		10:02	19.8	0.4	0.0727	3.5996
		10:12	19.6	0.5	0.0682	2.6724
5	T1 Rojo	09:00	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		09:10	20.3	0.3	0.1478	5.0014
		09:20	19.9	0.6	0.1478	9.8057
	T2 Anaranjado	09:01	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		09:11	20.2	0.3	0.1599	10.7646
		09:21	19.9	0.6	0.1599	5.3024
	T3 Amarillo	09:02	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		09:12	20.4	0.1	0.0552	11.2573
		09:22	20.3	0.2	0.0552	5.6010
		09:32	20.2	0.3	0.0552	3.7156
		09:42	20	0.4	0.0552	2.7591
	09:52	19.9	0.5	0.0552	2.1963	
8	T1 Rojo	09:22	20.4	0.0	0.0000	0.0000
		09:32	19.9	0.5	0.2566	10.2112
	T2 anaranjado	09:23	20.2	0.2	0.1087	5.4871
		09:33	19.5	1.2	0.3260	5.2970
	T3 amarillo	09:24	20.2	0.1	0.0000	0.0000
		09:34	19.9	0.3	0.1669	11.0681
		09:44	19.9	0.6	0.1669	5.5341
10	T1 Rojo	07:50	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		08:00	20.3	0.3	0.1605	10.8595
		08:01	19.9	0.6	0.1605	5.3228
	T2 Anaranjado	07:51	20.6	0.2	0.1117	3.6733
		08:01	20.2	0.6	0.1675	2.7015
					0.0000	0.0000
	T3 Amarillo	07:52	20.6	0.2	0.1126	11.5945
	08:02	20.4	0.7	0.1970	5.7409	
12	T1 Rojo	08:00	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		08:10	20.3	0.2	0.1130	11.4712

		08:20	19.9	0.7	0.1978	5.6226
	T2 Anaranjado	08:01	20.6	0.4	0.0000	0.0000
		08:11	19	1.1	0.6446	11.1343
	T3 Amarillo	08:02	20.3	0.2	0.0000	0.0000
		08:12	19.8	0.7	0.4020	11.3697
15	T1 Rojo	08:10	20.6	0.0	0.0000	0.0000
		08:20	20.2	0.2	0.1217	12.2877
		08:30	19.9	0.6	0.1825	6.0526
	T2 Anaranjado	08:11	20.4	0.3	0.0000	0.0000
		08:21	18.8	1.4	0.8773	11.7813
	T3 Amarillo	08:12	20.2	0.2	0.0000	0.0000
		08:22	20	0.6	0.3531	11.7684

Anexo 4. Resultados obtenidos por medición de parámetros químicos (pH, ° Brix, acidez titulable).

Cuadro A 4. Valores de parámetros químicos (pH, ° brix, % de acidez titulable)

Día de muestra	Color de pulpa (tratamiento)	pH	°brix	% de acidez
1	T1 Rojo	4.4	7.8	0.05
	T2 Anaranjado	4.4	6.8	0.05
	T3 Amarillo	3.8	5.4	0.05
3	T1 Rojo	6	8.8	0.07
	T2 Anaranjado	6.2	5.8	0.08
	T3 Amarillo	6.1	5.3	0.09
5	T1 Rojo	5.16	8.4	0.09
	T2 Anaranjado	5.12	6.6	0.06
	T3 Amarillo	5.34	5.2	0.09
8	T1 Rojo	6.3	15.4	0.12
	T2 Anaranjado	6.1	12.3	0.10
	T3 Amarillo	5.8	6.4	0.10
10	T1 Rojo	6	19.4	0.11
	T2 Anaranjado	6.3	15.6	0.09
	T3 Amarillo	5.97	6.8	0.08
12	T1 Rojo	5.99	27.8	0.13
	T2 Anaranjado	5.79	22.8	0.12
	T3 Amarillo	6.17	10.4	0.11
15	T1 Rojo	5.1	33.8	0.15
	T2 Anaranjado	5	29.6	0.13
	T3 Amarillo	6.17	10.4	0.10