

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas**



**Determinación del índice de madurez visual y de laboratorio en
Mamey (*Mammea americana* L.)**

Por

Br. Mario Alberto Tobar Meléndez

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Ingeniería Agroindustrial**



**Determinación del índice de madurez visual y de laboratorio en Mamey
(*Mammea americana* L.)**

Por

Br. Mario Alberto Tobar Meléndez

**Presentada como requisito para obtener el título de:
Ingeniero Agroindustrial**

Ciudad Universitaria, febrero 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. Juan Rosa Quintanilla

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

SECRETARIO

MSc. Edgar Geovany Reyes Melara

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

MSc. Humberto Ruíz Mejía

COORDINADOR DEL CURSO

MSc. Omar Antonio Lara Díaz

ASESOR DIRECTO

Ing. Sara Anabel Mejía Arteaga

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS
DE GRADUACIÓN**

Ing. Qco. Haydee Esmeralda Munguía De Pérez

DICATORIA

A mi amada madre Alba Meléndez, por ser la mejor persona que el universo pudo elegir para traerme al plano terrenal, el ser más especial en mi vida, quien en cada etapa de mi vida ha estado presente y apoyándome de una manera incondicional.

A mi hermana Karen Tobar, por acompañarme en la travesía de la vida y estar en las buenas y en las malas y que sé que me seguirá acompañando en las mejores.

A Jefferson López, quien ha sido un pilar en mi vida y apoyo para avanzar y superar cada obstáculo que se ha presentado.

A mis sobrinos a quienes amo con el corazón y a los cuales trato de inspirar y demostrar que, pese a toda dificultad, todo por lo que alguien se propone lucha y con esfuerzo se logra.

A cada uno de los profesores y profesoras que me han acompañado en cada etapa educativa, especialmente a los que siempre me han animado, apoyado y confiado en mí potencial.

A mis mascotas chasty y Chipi, quienes me reciben siempre con su energía, amor y alegría y que están a la par mía en cada movimiento que hago en casa, las que creen fielmente que me ayudan dándome besitos en cada momento que pueden.

AGRADECIMIENTOS

Al todo poderoso por la oportunidad de conocer esta experiencia llamada vida, y por siempre acompañarme en cada momento.

A mi madre Alba Meléndez, por ser mi primera maestra quien con amor me enseña y acompaña para poder ser cada día una mejor versión, quien con su ejemplo me enseña que cada dificultad es un obstáculo que nos ayuda a acercarnos a la meta.

A mi hermana Karen Tobar por ayudarme y apoyarme siempre y que durante mi estudio fue una ayuda incondicional para poder concluir mi carrera.

A Jefferson López por apoyarme en continuar y concluir mi carrera y que durante la investigación fue un compañero que me ayudo de manera incondicional en los montajes de la experimentación.

A mi estimada Alma Mater Universidad de EL Salvador y en especial a la Facultad de Ciencias Agronómicas, en donde he vivido una marcada y especial etapa de vida en mi proceso de formación profesional.

Un especial agradecimiento al MSc. Humberto Ruiz quien me ha apoyado y asesorado durante el montaje de la investigación.

Un agradecimiento especial a la Ing. Sara Arteaga quien fue mi docente en la asignatura de Ejercicio profesional supervisado, mi tutora durante las horas sociales y mi asesora durante el proceso de investigación.

La culminación de una carrera profesional es la suma del esfuerzo no solo del estudiante, sino de todas aquellas personas que han participado durante el proceso: la familia, los docentes, los amigos y los compañeros, con los cuales me siento inmensamente agradecido.

Tabla de Contenido	Página
I. Introducción	1
II. Planteamiento del problema	2
III. Objetivos.....	3
3.1 General.....	3
3.2 Específicos	3
IV. Estado del arte	4
V. Revisión bibliográfica	6
5.1 Generalidades del cultivo de mamey	6
5.2 Origen y distribución geográficos.....	6
5.3 Características botánicas y morfológicas.....	6
5.3.1 Hojas.....	7
5.3.2 Flores	7
5.3.3 Fruto	7
5.3.4 Semilla.....	8
5.4 Requerimientos edáficos y climáticos	8
5.5 Composición nutricional del mamey	9
5.6 Reproducción y crecimiento	9
5.7 Fisiología de la maduración.....	10
5.7.1 Madurez.....	10
5.7.2 Madurez fisiológica.....	10
5.7.3 Madurez comercial.....	11
5.7.4 Cambios asociados con la madurez.....	11
5.8 Mediciones físico- químicas	13
5.8.1 Acidez.....	14
5.8.2 Sólidos solubles totales (SST).....	14
5.8.3 Colorimetría:	15
VI. Metodología.....	18
6.1 Aspectos generales de la investigación.....	18
6.2 Localización de la investigación.....	18

6.3 Metodología de campo.....	20
6.4 Metodología de laboratorio.....	21
6.5 Metodología de escritorio	28
6.6 Metodología estadística	28
VII. Resultados y discusión	30
7.1 Peso de fruta.....	30
7.2 Dimensión de frutas	32
7.3 Dimensiones de pedúnculo	33
7.4 Potencial de iones de hidrógeno (pH).....	34
7.5 Acidez total titulable.....	35
7.5 Grados Brix.....	36
7.6 Prueba colorimétrica en cáscara.....	36
7.7 Prueba colorimétrica en pulpa	37
VIII. Conclusiones	38
IX. Recomendaciones	39
X. Anexos.....	40
XI. Bibliografías	53

Índice de figuras

página

Figura 1. Espacio CIE-LAB	16
Figura 2. Ejemplo de coordenadas de color en manzana.	17
Figura 3. Geo referencia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.....	19
Figura 4. Banco de germoplasma de mamey, donde se tomó el material para el estudio.	20
Figura 5. Diagrama de flujo de proceso de análisis físicos y químicos.	23
Figura 6. Balanza digital.....	24
Figura 7. Pie de rey.....	24
Figura 8. Medidor de colorimetría CR-410 Konica Minolta sensing.....	25
Figura 9. pHmetro marca OAKION.....	26
Figura 10. Brixometro digital marca Miwaukee.	26
Figura 11. Equipo utilizado para la titulación.	27
Figura 12. Comportamiento de pérdida de peso en días postcosecha.	31
Figura 13. Porcentaje promedio de pérdida de peso durante el tiempo en estudio.	32

Figura 14. Diámetro promedio del material en estudio de cada árbol de mamey.	33
Figura 15. Promedios de medidas de pedúnculo de las frutas de los árboles en estudio.	34
Figura 16. Comportamiento promedio del potencial de iones de hidrógeno (pH).....	35
Figura 17. Comportamiento promedio de la acidez total titulable representado en porcentaje de ácido cítrico.....	35
Figura 18. Comportamiento promedio de la medición de grados Brix en los diferentes momentos posterior a la cosecha.	36
Figura 19. Análisis multivariable de prueba colorimétrica en cáscaras del material en estudio.	37
Figura 20. Análisis multivariable de prueba colorimétrica en pulpa de los diferentes materiales en estudio.	37

Índice de cuadros

Página

Cuadro 1. Clasificación botánica del mamey (<i>Mammea americana</i> L.).	7
Cuadro 2. Composición nutricional del mamey (<i>Mammea americana</i> L.).	9
Cuadro 3. Codificación del material de estudio y el lugar de origen.	19
Cuadro 4. División del material en investigación por árboles, códigos y días de toma de datos.	21
Cuadro 5. Promedio en gramos y porcentaje de pérdida de peso en los diferentes grupos de mameyes.	30
Cuadro 6. Dimensiones promedio de las frutas de cada árbol de Mamey en estudio.	32
Cuadro 7. Dimensiones promedias de pedúnculo.	33
Cuadro 8. Promedios de potencial de iones de hidrógeno en los diferentes momentos de medición.	34

Índice de anexos

Página

Anexo 1 Agrupación de material según su árbol de origen.....	40
Anexo 2. Cosecha mediciones y análisis de laboratorio realizadas durante la investigación.	41
Anexo 3. Color de pulpa del material en estudio.	42
Anexo 4. Base de datos de características morfométricas.....	44
Anexo 5. Base de datos de prueba colorimétrica en cáscara.	46
Anexo 6. Base de datos de prueba colorimétrica en pulpa.	47
Anexo 7. Base de datos de análisis de laboratorio.	48
Anexo 8. Análisis multivariable en cáscara.	51
Anexo 9. Análisis multivariable en pulpa.	52

Resumen

La presente investigación se centró en la determinación del índice de madurez del mamey (*Mammea americana* L.). El material utilizado provino de diferentes árboles del banco de germoplasma de mamey de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, los cuales fueron clasificados como A, B, C, D y F; con el fin de estudiar las similitudes o diferencias entre los árboles, se realizó una cosecha y se seleccionaron frutas para su evaluación. A las frutas seleccionadas se les realizaron cuatro mediciones, con un intervalo de tres días entre cada una, desde el momento de la cosecha. Se evaluaron características morfométricas como tamaño, peso y forma de la fruta, además de las dimensiones del pedúnculo. También se realizaron análisis de laboratorio para determinar el pH, sólidos solubles totales y acidez, así como pruebas colorimétricas basadas en el sistema CIE-LAB (L*luminosidad, a* coordenadas rojo/verde, b* coordenadas amarillo/azul, C* croma y h matiz) tanto en la cáscara como en la pulpa. Los análisis comparativos y multivariantes demostraron que las variables estudiadas no influyen de manera directa en la determinación del índice de madurez, ya que no se encontró correlación entre estas variables y el estado de madurez. Por lo tanto, se recomienda continuar con estudios que analicen otras variables no consideradas en esta investigación.

Abstract

The present research was based on determining the maturity index of mamey (*Mammea americana* L.). The material was taken from different trees in the mamey germplasm bank at the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. These trees were classified as A, B, C, D, and F to study the similarities or differences in the material under investigation. A harvest was carried out from the different trees, and four measurements were taken of the selected fruits with three-day intervals from the harvest and between measurements. Morphometric characteristics such as size, weight, and shape of the fruit were evaluated, as well as the dimensions of the peduncle. Laboratory analyses included pH measurement, total soluble solids, and acidity, along with colorimetric tests based on the CIE-LAB system (L*Lightness, a* red/green coordinates, b* yellow/blue coordinates, C* chroma, and h hue) for both skin and pulp. Comparative and multivariate analyses demonstrated that the measured variables do not have a direct influence on determining the maturity index due to the absence of correlation between these variables and the maturity state. Therefore, further studies should be conducted to analyze variables that were not considered in this research.

I. Introducción

El mamey es una fruta tropical que posee una pulpa de color amarillo hasta rojizo, consistencia firme y azucarada. Es nativo de Centroamérica y del Norte de América del Sur y de las Indias occidentales. Es una de las principales frutas indígenas. Consumida directamente como fruta fresca, en refresco o en helados, en algunos lugares las frutas maduras las preparan en ensaladas y en almíbar o la pulpa se utiliza en la elaboración de diferentes productos alimenticios (Lebrón 2015).

En la actualidad el cultivo de frutas nativas debe considerarse como una de las opciones más acertadas en la agricultura de El Salvador. Con los Tratados de Libre Comercio en donde el país no tiene muchas opciones en el tema de la agricultura, el mamey (*Mammea americana* L.), es una de las frutas que se perfila como promisorias debido al gran potencial que tiene para el consumo fresco y procesado, con grandes posibilidades en el mercado nacional y extranjero (Lebrón 2015).

Actualmente se han realizado diferentes investigaciones en torno al mamey, obteniendo una diversificación de productos agroindustriales para el consumo, sin embargo, se carece de información que permita determinar cuáles son los índices de madurez que ayuden a determinar el momento óptimo de la cosecha.

La presente investigación se basó en el análisis de características morfométricas y pruebas de laboratorio de análisis de pH, acidez y sólidos solubles totales, así como también pruebas colorimétricas en cáscara y en pulpa de las diferentes frutas seleccionadas del banco de germoplasma de Mamey en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Los resultados obtenidos demostraron diferencias de los frutos en cuanto a forma, tamaño y pesos y color de pulpa al momento de la madurez, sin embargo, las demás variables como color de cáscara, tamaño de pedúnculo, pH y grados Brix. No representan correlación entre sí, ni influencia significativa que permita determinar el índice de madurez del mamey.

II. Planteamiento del problema

Durante muchos años en El Salvador la fruticultura nunca se consideró como una alternativa económica a gran escala, debido a la importancia que siempre se les dio a cultivos como el café, algodón y caña de azúcar. Actualmente las frutas nativas están experimentando un incremento en la demanda, principalmente en la exportación, por lo cual se debe aprovechar los tratados de libre comercio y el gran mercado étnico de más de dos millones de salvadoreños en el extranjero (Torres, C; Eleazar E 2007).

El mamey (*Mammea americana L.*) se consume usualmente en preparaciones donde la pulpa fresca o congelada se mezcla con otros ingredientes para hacer batidos o helados, puede comerse fresco también, cortando la fruta sagitalmente y removiendo la semilla. El mamey es también excelente para hacer jaleas, pastas y conservas. La semilla puede molerse para hacer un chocolate amargo. El mamey es un fruto valioso, no solo por la producción comercial sino también como árbol ornamental, requiere de pocos cuidados y produce un fruto atractivo, útil y de buen sabor (Guevara, L; Rios R 2014).

Existe poca información de investigaciones realizadas en torno al mamey, tal es el caso de la determinación del índice de madurez y caracterización de la fruta, por lo que las personas que lo cultivan, utilizan métodos empíricos para conocer o tratar de acertar el momento de la cosecha aumentando así la probabilidad de pérdidas postcosecha.

Por tal razón fue necesario a través de una investigación descriptiva abonar información técnica que ayude conocer las características morfométricas de la fruta y estudiar variables tanto cuantitativas como cualitativas que ayuden a determinar índices de madurez visual y de laboratorio en las frutas de los diferentes germoplasmas de mamey en torno a: color de cáscara y pulpa, tamaño, diámetro de pedúnculo de la fruta, sólidos solubles totales, pH y acidez titulable. Cuyos resultados servirán como parámetros técnicos para que los productores que se dedican o se proyecten en la producción del mamey puedan obtener frutas con la madurez requerida mejorando su calidad.

III. Objetivos

3.1 General

Determinar el índice de madurez del mamey (*Mammea americana* L.) a través de la evaluación de diferentes parámetros físico-químicos.

3.2 Específicos

- ❖ Caracterizar las frutas de los germoplasmas de Mamey (*Mammea americana* L.) presentes en la Facultad de Ciencias Agronómicas en la Universidad de El Salvador, para establecer las diferencias o similitudes de los materiales en estudio.
- ❖ Realizar mediciones del peso de la fruta, tamaño de pedúnculo, tamaño de la fruta y el color en corteza y pulpa.
- ❖ Describir las características químicas en cuanto a sólidos solubles (Brix), potencial de iones de hidrógeno (pH) y la cantidad acidez total titulable a través de la titulación en cada muestra.

IV. Estado del arte

Un punto óptimo de madurez de la fruta es indispensable para que pueda ser cosechada con la seguridad que conserva todas sus propiedades según (Brenes 2005). En el caso de los frutos no climatéricos deben ser cosechados en su momento óptimo de cosecha ya que únicamente pueden madurar cuando aún están unidos a la planta madre. Su calidad disminuye si se cosecha antes de que madure plenamente, ya que su contenido en azúcar y ácidos no varían.

Para lograr conocer el punto óptimo de la cosecha o la madurez de la fruta existen dos métodos siendo estos: el destructivo y el no destructivo; en el primero se deben realizar pruebas de laboratorio que indiquen que la fruta cumple con ciertas características cuantificables, determinadas a través de las pruebas de laboratorio, lo que implica la pérdida de frutas a través del muestreo y el segundo el no destructivo, el cual se basa principalmente en características visuales conocidas que indican que la fruta es apta para ser cosechada (Brenes 2005).

En la investigación realizada por Tello (1997) en una plantación de mango Haden (*Mangifera indica* L.) de 12 años de edad. Se evaluó el tamaño del fruto, peso seco de semilla, porcentaje de sólidos solubles, acidez titulable, pH del jugo, color externo e interno. Los objetivos fueron: lograr cosechar los frutos de mango en su punto apropiado de madurez en condiciones de ambiente ecológico de la Esperanza Baja en el Valle de Huaral. - Determinar la curva del crecimiento del fruto de mango Haden. Determinar las características físico químicas de los frutos durante su crecimiento y desarrollo. Las conclusiones fueron las siguientes: los frutos y las semillas en condiciones de la Esperanza Baja (Huaral) tienen una curva de crecimiento simple sigmoide, los frutos de mango lograron un cuajado a los 45 días y la maduración organoléptica se dio a los 112 días. Las variables peso, porcentaje de sólidos solubles y acidez en el presente estudio, son las que mejor explican el crecimiento, desarrollo y maduración de los frutos. De acuerdo a lo obtenido, los frutos de mango logran desarrollar una madurez de consumo adecuado cuando se cosechan con un porcentaje de sólidos solubles a partir de 6.0 grados Brix y un porcentaje de acidez de 1.29.

Si bien la investigación antes mencionada, aunque no trata directamente de la fruta en estudio *Mammea americana* L. sí brinda parámetros físico-químicos que sirvieron como referencia para aplicar en el en la investigación.

En el 2007 se llevó a cabo una investigación desarrollada por E. Torres en la Universidad de El Salvador, cuyo objetivo fue identificar y caracterizar los diferentes materiales promisorios de *Mammea americana* L. con las que cuenta El Salvador para posteriormente reproducirlos de forma asexual, considerando el potencial para su comercialización como fruta fresca, la agroindustria y la exportación. Tomando como muestras 37 árboles: 20 en Izalco (Sonsonate), 3 en Santa María Ostuma (La Paz), 3 en San Pedro Nonualco (La Paz), 4 en San Francisco Chinameca (La Paz), y 7 en Santo Tomas (San Salvador). Al final se seleccionaron los mejores 12 materiales, tomando como base el rendimiento y sus características cualitativas y cuantitativas obtenidas de los resultados de los análisis antes mencionados. Obtenido como resultado que: Los materiales STT0631FM5, STT0632FM6 y SFC0625ME1 tienen cualidades que los convierten en materiales promisorios para la agroindustria. Para el consumo como fruta fresca, resultaron promisorios los materiales IZ0605H1, IZ0633MG10 y SMO0607C1. Los materiales SFC0622LE1, IZ0613FV2, IZ0613FV4 y SFC0623PR1 tienen buenas características tanto para ser industrializados, como para ser consumidos como fruta fresca. Al final para la exportación, se recomiendan los materiales IZ0617MG5 e IZ0621MG9.

V. Revisión bibliográfica

5.1 Generalidades del cultivo de mamey

El mamey se planta principalmente por su fruta, que tiene una pulpa de anaranjada a amarilla, firme envuelta por una piel dura marrón claro. Se consume fresco o en refrescos y licuados, o se elaboran mermeladas y jaleas, rellenos para pasteles, helados y licor perfumado. Tiene fama de conservar por mucho tiempo el sabor y el aroma. La industrialización en pequeña escala puede permitir que los productos de esta especie puedan ser utilizados por mayor cantidad de personas en un mayor período del año, además de facilitar su almacenamiento ya que fresca solo dura unos 20 días (CATIE 2003).

La especie goza de gran variedad en tamaños y sabor de la pulpa, desde dulce a subácida y ácida y consistencia dura, seca, firme a blanda y jugosa. Esto le confiere un gran potencial para la selección de variedades para diferentes usos, gustos o mercados. El fruto contiene un 62% de pulpa, 20% de semilla y 18% de cáscara. La pulpa de la fruta es de sabor agradable, con valor nutritivo mediano pero rica en vitaminas A, C y B (CATIE 2003).

5.2 Origen y distribución geográficos

El área de distribución natural de este frutal se extiende desde la latitud 20° norte a la 10° norte, a través de las indias occidentales, ubicándose principalmente en las islas de: Jamaica, Republica Dominicana y Haití, Puerto Rico, las Antillas Menores y la parte norte de Sur América, extendiéndose a través de la América Central hasta el sur de México (Avilán, R; Leal, F. 1989).

5.3 Características botánicas y morfológicas

En el cuadro 1, se presenta la clasificación botánica del mamey, este árbol alcanza ocasionalmente 25 m de altura y 1.2 m de DAP, pero en huertos y plantaciones en línea normalmente alcanzan 12-20 m y no sobrepasan los 70 cm DAP (CATIE 2003).

DAP: se conoce como diámetro altura pecho, a la altura que se debe tomar a la medida del diámetro del tronco. Dentro de la biometría forestal se ha convenido que sea a 1.30 m del suelo, debido a que esta es la altura promedio en la que se encuentra el pecho de una persona (UNAM 2018)

Cuadro 1. Clasificación botánica del mamey (*Mammea americana* L.).

REINO: Vegetal
SUBREINO: Embryobionta
DIVISIÓN: Magnoliophyta
CLASE: Magnoliopsidae
SUBCLASE: Dilleniidae
ORDEN: Theales
FAMILIA: Clusiaceae
GÉNERO: <i>Mammea</i>
ESPECIE: <i>Mammea americana</i> L.

Fuente: Standley y Williams (1961)

5.3.1 Hojas

Las hojas son de color verde brillante oscuro, con pecíolo corto, elípticas, algunas veces oblongo-ovado, la base en forma de cuña, obtusa o redondeada, el ápice redondo u obtuso, los márgenes enteros con numerosas glándulas finas y claras entre las nervaduras, de 10 a 20 cm de largo y 5 a 10 cm de ancho (Little Junior *et al.*, 1967).

5.3.2 Flores

Se forman solitarias o en pequeños racimos en las axilas de las ramas jóvenes, poseen dos sépalos, y de 4 – 6 pétalos fragantes de color blanco (Villachica, 1996). Existen flores masculinas, femeninas y hermafroditas o bisexuales, y se pueden encontrar en el mismo árbol o en árboles diferentes (Christian *et al.*, 1999). Las flores masculinas tienen numerosos estambres amarillos apiñados en el centro, de 1.27 cm de altura y 1.90 cm de ancho y unidos en la base; las flores femeninas tienen un pistilo compuesto, con un ovario de 2 – 4 células con estilo corto y un estigma con dos lóbulos generalmente anchos (Little Junior *et al.*, 1967).

5.3.3 Fruto

El fruto es globoso u ovalado de 8 a 20 cm de diámetro, con un pedúnculo delgado y corto, permaneciendo más o menos un remanente floral en la punta de color café claro con pequeñas áreas esparcidas en la superficie; es áspero, grueso, con piel desprendible y pulpa fina, la pulpa

está rodeada por una membrana delgada astringente y generalmente áspera, la pulpa madura es apetitosa y fragante, en la que algunos tipos criollos tienen un sabor ácido parecido al albaricoque, las frutas de menor calidad son pequeñas y de sabor agrio, la pulpa es firme, de color amarillo rojizo o amarillo naranja, tienen de 2 a 4 semillas grandes, exudando cuando verdes un látex de color amarillo (Hernández; Moza2013).

5.3.4 Semilla

La semilla es de color café, cubierta por una testa fibrosa, a la cual se encuentra firmemente adherida la pulpa. Con un peso promedio es de 41 g variando su número entre 1 y 4 semillas por fruto. La forma puede ser ovada, oblonga o elipsoide. El embrión es de color blanco, de forma elipsoide y ligeramente curvado, constituido básicamente por dos cotiledones fusionados (Little Junior *et al.*, 1967).

5.4 Requerimientos edáficos y climáticos

Según Ochsse, *et al.*, (1976), el mamey generalmente necesita suelos con bastante materia orgánica, bien drenados, profundos, de preferencia del tipo limo arenoso. Los árboles jóvenes son muy sensibles a las temperaturas frías y a una exposición directa al sol, prefiriendo aquellas áreas con clima templado con una temperatura de 20 a 28 °C. El cultivo se ubica bien en un límite altitudinal de 200 hasta 1200 msnm requiere de 2000 a 4000 mm de lluvia al año, bien distribuidos.

De acuerdo a CENTA (2003) el cultivo se puede desarrollar en alturas que van de los 500 a 1000 msnm, aunque existen materiales que se hayan desde el nivel del mar, por lo que nos hace pensar que su potencial de explotación se limita a las zonas medias. Es un árbol propio de las tierras calientes, y se adapta desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm, tanto en regiones húmedas como en las semiáridas, prosperando tal vez mejor en las últimas. El suelo debe ser profundo, rico bien drenado, aunque puede crecer y fructificar en suelos considerablemente inferiores. No se desarrolla bien en suelos compactados, mal drenados o sujetos a inundaciones.

5.5 Composición nutricional del mamey

En el cuadro 2, tomado del INCAP Y OPS 2012, se muestran cada uno de los componentes nutricionales en la fruta de mamey y sus proporciones.

Cuadro 2. Composición nutricional del mamey (*Mammea americana L.*).

Compuesto	Cantidad	Compuesto	Cantidad	Compuesto	Cantidad
Agua (%)	86.20	Vitamina A (mcg) Equivalente Retinol	12.00	Tiamina (mg)	0.02
Energía (Kcal)	51.00	Ácidos Grasos monoinsaturados (g)	0.20	Riboflavina (mg)	0.04
Proteína (g)	0.50	Ac. grasos poli-insa (g)	0.08	Nicacina (mg)	0.40
Grasa total (g)	0.50	Ac. Grasos saturados (g)	0.14	Vitamina c (mg)	14.00
Carbohidratos (g)	12.50	Colesterol (mg)	0.00	Hierro (mg)	0.70
Fibra diet (g)	3.00	Potasio (mg)	47.00	Vitamina B12 (mg)	0.00
Ceniza (g)	0.30	Sodio (mg)	15.00	Ácido fólico (mg)	0.00
Calcio (mg)	11.00	Zinc (mg)	0.10	Folato Equiv. FD (mg)	14.00
Fosforo (mg)	11.00	Magnesio (mg)	16.00	Fracción comestible (%)	0.60
				Vitamina B6 (mg)	0.10

Fuente: INCAP Y OPS 2012

5.6 Reproducción y crecimiento

La propagación se hace fácilmente por semilla, aunque rebrota bien de cepa, el injerto reduce el problema de obtener plantas no productivas (las de gran cantidad de flores masculinas), y acorta la espera para la producción de fruto a tan solo 4-5 años. También es posible enraizar estaquitas de madera semileñosas con las hojas inferiores (CATIE 2003).

5.7 Fisiología de la maduración

5.7.1 Madurez

Madurez o momento de cosecha son usados en muchos casos como sinónimos y en cierta manera lo son, sin embargo, para ser más precisos en términos idiomáticos, es más correcto hablar de «madurez» en aquellos frutos como el tomate, durazno, pimiento, etc. En donde el punto adecuado de consumo se alcanza luego de ciertos cambios en el color, textura y sabor. En cambio, en especies que no sufren esta transformación como el espárrago, lechuga, remolacha, es más correcto hablar de momento de cosecha (FAO 2003).

El grado de madurez es el índice más usado para la cosecha de frutos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial. La primera es aquella que se alcanza luego que se ha completado el desarrollo mientras que la segunda se refiere al estado en el cual es requerido por el mercado (FAO 2003).

Aquí es necesario diferenciar dos tipos de fruto: los climatéricos, como el tomate, durazno y otros, capaces de generar etileno, la hormona necesaria para que el proceso de maduración continúe, aún separado de la planta. Además de ser autónomos desde el punto de vista madurativo, en este tipo de frutos los cambios en el sabor, aroma, color y textura están asociados a un transitorio pico respiratorio y vinculado estrechamente a la producción autocatalítica del etileno (FAO 2003).

En los no climatéricos como pimiento, cítricos y otros, la madurez comercial solamente se alcanza en la planta, como regla general, cuanto más avanzada es la madurez menor es la vida postcosecha, por lo que para mercados distantes los frutos climatéricos deben ser cosechados lo más inmaduros posible, pero siempre luego de que han alcanzado la madurez fisiológica (FAO 2003).

5.7.2 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. 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 lento y poco diferenciado (FAO 2016).

5.7.3 Madurez comercial

La madurez comercial es simplemente las condiciones de un órgano de la planta requerido por un mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento. Los términos Inmadurez, madurez óptima y sobremadurez se relacionan con las necesidades del mercado (FAO 2016).

Sin embargo, debe haber comprensión de cada uno de ellos en términos fisiológicos, particularmente en lo que tienen que ver con la vida de almacenamiento y calidad cuando maduran. Para determinar la madurez óptima de recolección de frutas y hortalizas se usa una combinación de criterios subjetivos (FAO 2016).

5.7.4 Cambios asociados con la madurez

La sobre madurez es el estado que sigue a la madurez comercial y la preferencia por parte de los consumidores disminuye, fundamentalmente porque el fruto se ablanda y pierde parte del sabor y aroma característicos. La madurez comercial puede coincidir o no con la madurez fisiológica. En la mayor parte de los frutos el máximo desarrollo se alcanza antes que el producto alcance el estado de preferencia de los consumidores (FAO 2003).

Según Dos Santos 2015. En las etapas finales del crecimiento y el desarrollo ocurre el proceso de maduración en dos pasos: la madurez fisiológica, es cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas; y segundo, la madurez de consumo, aquí los cambios del fruto incluyen 1) la modificación del color a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de los flavonoides; 2) la modificación de la textura vía alteración del turgor celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo; 3) la modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma del fruto; y 4) aumento en la susceptibilidad al ataque de patógenos oportunistas que están asociados a la pérdida de integridad de la pared celular.

A continuación, se describen estos fenómenos más a detalle:

- **Modificación del color.** Los pigmentos son esenciales para que los frutos sean atractivos, se acumulan comúnmente en la cutícula durante el proceso de maduración, aunque muchos frutos climatéricos también acumulan pigmentos en el tejido de la pulpa durante la maduración postcosecha, a diferencia de los frutos no climatéricos los pigmentos más importantes son los carotenoides y las antocianinas, además de su papel en la pigmentación, son importantes para la salud humana como fuentes de vitamina A y compuestos antioxidantes (Bouzayen *et al.*, 2010).
- **Modificación del sabor.** El sabor cambia debido a que los almidones se transforman en azúcares. Su sabor pasa de ser ácido a ser más dulce, debido a que su pH se eleva cuando madura. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que les imparten un olor característico a las diferentes frutas (Castellón 2021).
- **Modificación de la textura.** El ablandamiento de los frutos es causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros que constituyen la pared celular primaria. El ablandamiento del fruto es un proceso complejo que involucra tres pasos subsecuentes: 1) relajación de la pared celular mediada por expansinas; 2) despolimerización de hemicelulosas; y 3) despolimerización de poliorónidos, por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura (Brummell, D; Harpster, M 2001).
- **Modificación del aroma.** El aroma es una mezcla compleja de un amplio rango de compuestos. Los compuestos volátiles del aroma contribuyen decisivamente a la calidad sensorial de los frutos, las clases más importantes de compuestos que confieren olor son los monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos derivados de lípidos, azúcares y aminoácidos (Bouzayen *et al.*, 2010).

Al final de la etapa de madurez de consumo, ocurren algunos cambios fisiológicos relacionados con la senescencia que llevan al deterioro de la membrana y a la muerte celular. En este aspecto, la madurez de consumo puede ser considerada como el primer paso de un proceso de muerte celular programada (Bouzayen *et al.*, 2010).

Estos procesos están interrelacionados y dependen del tipo específico de fruta, así como de las condiciones ambientales durante la maduración, como la temperatura, la humedad y la exposición a la luz. La comprensión de la fisiología de la madurez es crucial tanto para la producción agrícola como para el procesamiento y la comercialización de frutas, ya que permite optimizar la calidad y el sabor del producto final (FAO 1987).

Cuando las frutas climatéricas maduran la velocidad de la respiración se eleva llegando a un máximo y luego declina hasta el comienzo del envejecimiento, mientras que en las frutas no climatéricas la tasa de respiración decrece gradualmente. El etileno está presente en todas las frutas y ahora se le reconoce como la principal hormona de la maduración que en las frutas climatéricas puede iniciar la maduración a concentraciones umbrales tan bajas como 0.1 a 10 partes por millón (ppm). Sin embargo, el etileno aplicado exógenamente influye en el proceso de maduración tanto en las frutas climatéricas como no climatéricas. Por ejemplo, en el plátano (climatérico) el etileno inicia y acelera la maduración de frutas verdes, pero en la piña (no climatérica) el etileno simplemente aumenta la velocidad de respiración y acelera un proceso de maduración ya iniciado por la fruta misma (FAO 1987).

Se sabe que el etileno controla la velocidad de maduración, la duración de la vida de anaquel y la mayoría de los eventos de maduración en frutos climatéricos. También se ha demostrado que el etileno tiene un papel clave en la regulación de genes involucrados en la producción de compuestos volátiles en múltiples especies frutales (Bouzayen *et al.*, 2010).

5.8 Mediciones físico- químicas

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, olor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. En los frutos climatéricos, este proceso es controlado fundamentalmente por el etileno y su actividad respiratoria (Knee M; Harfield S; Smith M 1989).

Los índices más utilizados son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, el test de almidón y la acidez valorable, siendo todos ellos de empleo práctico. Otros como el número de días desde la plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno

son más indicados para estudiar las características fisiológicas (Knee M; Harfield S; Smith M 1989).

5.8.1 Acidez

Según ITBOCA (2019). Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, por ejemplo, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 % en el limón (al ácido cítrico puede constituir hasta 60 % de los sólidos solubles totales de la porción comestible). Los ácidos predominantes en frutas son: el cítrico (en la mayoría de las frutas tropicales), el málico (Ej. manzana), el tartárico (Ej. uvas y tamarindo).

La determinación de la acidez en frutos es un proceso de gran importancia ya que brinda información detallada sobre las características organolépticas de estos productos. Este factor tiene un impacto directo en la calidad del producto final, ya que ofrece una medida precisa de la frescura y el sabor ácido de los frutos. La relación entre la acidez de la fruta y su tiempo de maduración se fundamenta en procesos bioquímicos y fisiológicos complejos. La concentración de ácidos orgánicos en la fruta, como el ácido cítrico y málico, influye en su sabor y resistencia a la descomposición. A medida que la fruta madura, estos ácidos disminuyen gradualmente debido a la actividad enzimática y cambios en la composición química, como la conversión de almidón en azúcares simples. Sin embargo, la acidez puede actuar como un conservante natural, retardando el proceso de maduración al inhibir el crecimiento de microorganismos responsables de la descomposición (Sepúlveda *et al.*, 2023).

5.8.2 Sólidos solubles totales (SST)

El contenido de SST en los frutos se obtiene normalmente evaluando los grados Brix del fruto. El SST o contenido de azúcar mide e incluye los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales del fruto. Existe una relación directa entre el contenido de sólidos solubles y la maduración de los frutos, es empleado comercialmente como índice de calidad del fruto por guardar una alta correlación positiva con el contenido de azúcares eso representa 10-20% del peso fresco del fruto y aumenta con la maduración para producir un fruto menos ácido y más dulce. El azúcar es uno de los factores más importante que decide la calidad de la fruta, el azúcar

se acumula en los tejidos de las frutas y es diferente entre las especies de frutas (Silva *et al.*, 2003).

5.8.3 Colorimetría:

Como se puede observar en la figura 1, un espacio de color se puede definir como una manera de expresar el color de un objeto utilizando algún tipo de anotación, así como el número. La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), organización sin ánimo de lucro, es considerada como la máxima autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para expresar el color de forma objetiva (AQInstrument 2022).

El espacio de color L*a*b*, también denominado CIELAB, es a día de hoy uno de los espacios de color más famosos y uniformes utilizados para evaluar los colores de los objetos. Este espacio de color es muy utilizado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. El color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva, el color debe ser expresado en términos numéricos y objetivos. Los colores se pueden clasificar de diferentes formas, así como: Matiz (Color), Luminosidad (Brillo) y Saturación (Pureza) (AQInstrument 2022).

El espacio de color L*a*b* fue diseñado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde a la vez, o amarillo y azul al mismo tiempo. Por tanto, L* indica la Luminosidad, a* y b* son las coordenadas cromáticas (AQInstrument 2022).

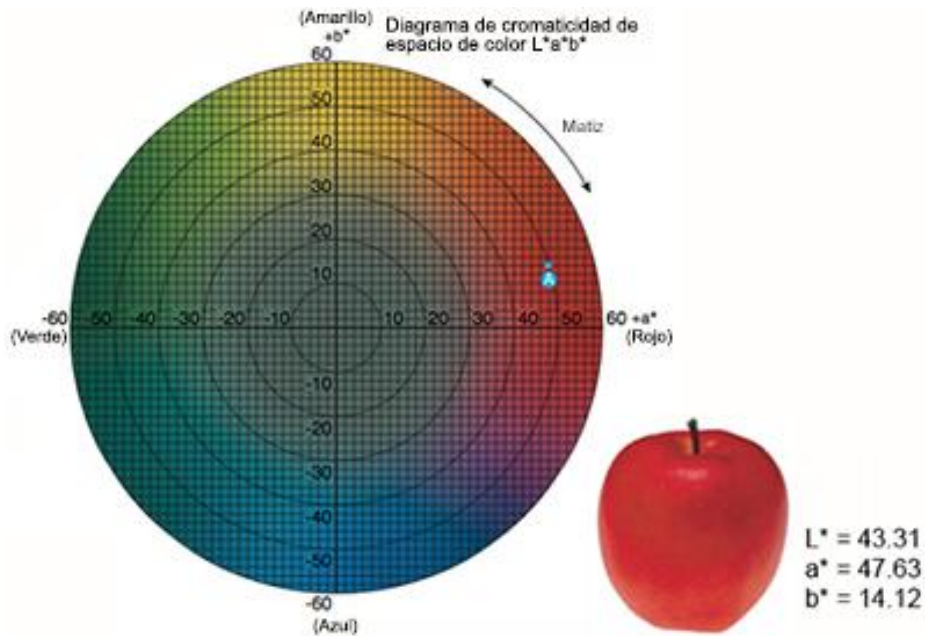


Figura 1. Espacio CIE-LAB

L^* = Luminosidad

a^* = Coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = Coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluidos espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color de forma sencilla como se ejemplifica en la figura 2, estos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* .

La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L^* (ΔL^*), a^* (Δa^*) y (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Estas son expresadas como:

ΔL^* = Diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = Diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = Diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = Diferencia total de color

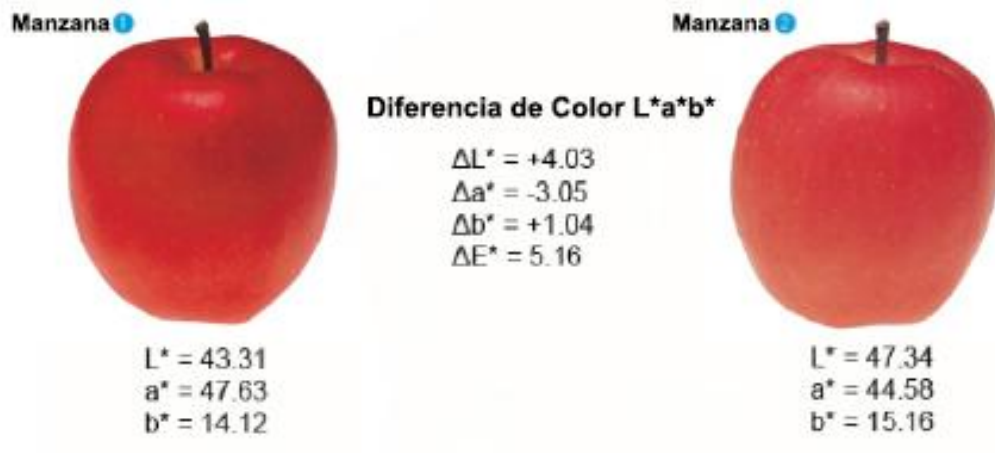


Figura 2. Ejemplo de coordenadas de color en manzana.

VI. Metodología

6.1 Aspectos generales de la investigación

La investigación se centró en la caracterización de las frutas y determinación del índice de madures del mamey (*Mammea americana* L.) a través de diferentes métodos de mediciones físicas y de laboratorio.

Como precedente se tomó de referencia la investigación realizada por Torres (2007), la cual dejó como parte de los resultados de la investigación, la caracterización morfo agronómica de los árboles de mamey en estudio y la reproducción asexual del material, formando así el banco de germoplasma de mamey de la facultad de Ciencias Agronomías en la Universidad de EL Salvador.

En la investigación de Torres (2007), a cada árbol se le asignó un código en el que se tomaron las iniciales de la zona de estudio, seguido del año en que se tomó la muestra, luego el número correlativo de la accesión, iniciales del donante y el número correlativo de árbol proporcionado por un mismo donante.

En la presente investigación se realizó la caracterización y los diferentes análisis físico-químicos de las frutas seleccionadas de algunos de los árboles de mamey asignándole los códigos de A, B, C, D y F. Tomando en cuenta que los árboles fueron reproducidos de manera asexual a través de injertos, en el cuadro 3, se muestra la nueva codificación, relacionada con la codificación realizada en la investigación de Torres 2007 y los lugares de origen del material original.

6.2 Localización de la investigación

Macro localización

La obtención del material en estudio se realizó, en el banco de germoplasma de mamey (*Mammea americana* L.) en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en final 25 av. Norte, san salvador (ver figuras 3 y 4).

Cuadro 3. Codificación del material de estudio y el lugar de origen.

Nueva codificación	Codificación de investigación anterior	Lugar de origen de los árboles
A	SFC0623PR	San Francisco Chinameca, la paz.
B	SMO0607C1	Cantón San Antonio, Santa María Ostuma, La Paz.
C	SFC0622LE1	Calle la Ronda, San Francisco Chinameca, La Paz.
D	SFC0622LE1	Calle la Ronda, San Francisco Chinameca, La Paz.
E	STT0632FM6	Cantón el Carmen, Santo Tomás, San Salvador
F	IZ0613FV2	Finca El Transito, Izalco, Sonsonate.

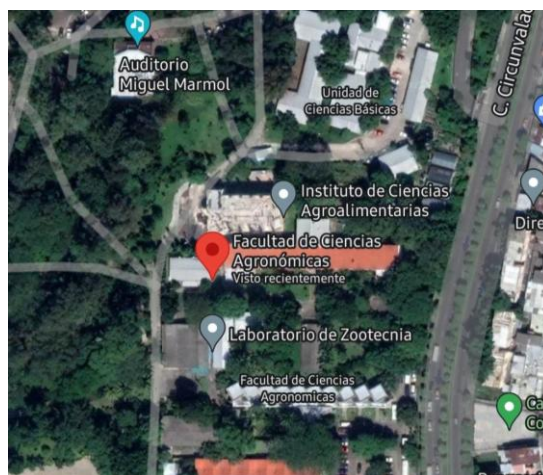


Figura 3. Geo referencia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

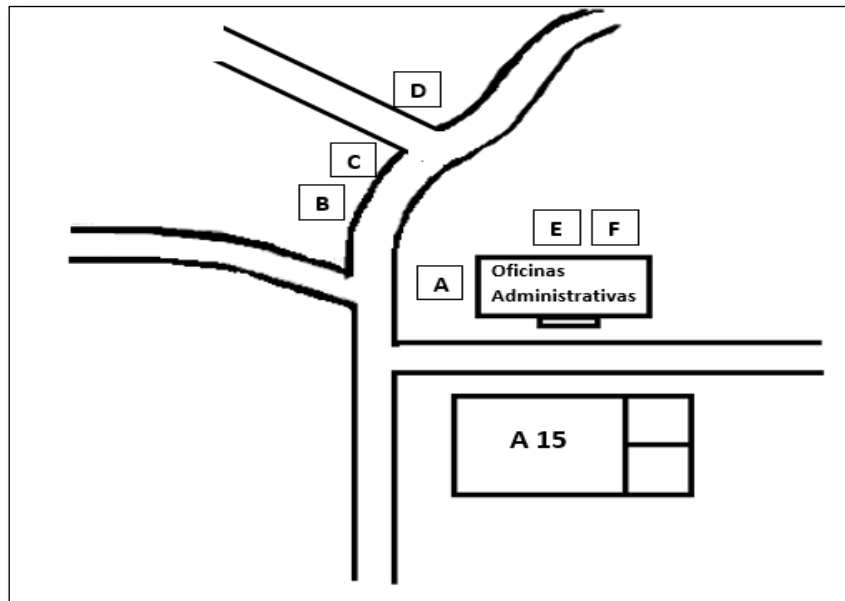


Figura 4. Banco de germoplasma de mamey, donde se tomó el material para el estudio.

Micro localización

Luego de la cosecha las frutas fueron movilizadas en bandejas de plástico a las ex oficinas del departamento de Ingeniería Agroindustrial en el edificio administrativo en la Facultad de Ciencias Agronómicas, en donde se realizaron las mediciones físicas y análisis químicos.

6.3 Metodología de campo

Los árboles presentes en el banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas en la Universidad de El Salvador fueron clasificados en orden alfabético siendo árbol A, árbol B, árbol C, árbol D, árbol E, y árbol F; a los cuales se les realizó una cosecha el día 19 de marzo del año 2024, el número que se había estimado para uniformizar la muestra era de 8 frutas por cada árbol, sin embargo al momento de la cosecha no todos los árboles tenían la cantidad que se esperaba en el anexo 1, se muestran las frutas cosechadas y clasificadas de cada árbol.

6.4 Metodología de laboratorio

En el cuadro 4, se muestran la forma en que fueron clasificados los árboles de mamey, los diferentes momentos en los que se realizaron los análisis y mediciones, así como la cantidad y códigos de las frutas analizadas en cada uno de los días de estudio.

Cuadro 4. División del material en investigación por árboles, códigos y días de toma de datos.

Árbol	Día 1 (19/03/24)	Día 3 (22/03/24)	Día 6 (25/03/24)	Día 9 (28/03/24)	Total, por árbol
A	A1	A2	A3		3
B	B1, B2	B3, B4	B5, B6	B7, B8	8
C	C1, C2	C3, C4	C5, C6	C7, C8	8
D	D1, D2	D3, D4	D5, D6	D7, D8	8
E	E1, E2	E3, E4	E5	E7	7
F	F1	F2	F3	F4	4
Total	10	10	9	8	37

Como se puede observar en el anexo 2, las frutas fueron analizadas tanto de forma física como química siguiendo el proceso de la figura 5, los datos fueron utilizados para realizar una caracterización de las frutas de cada germoplasma en estudio y para determinar los índices de madurez de los mismos, realizando un análisis comparativo entre germoplasmas.

Descripción del proceso de la figura 5. Análisis de laboratorio presentado en flujograma.

- **Día del análisis:** el estudio fue dividido en cuatro momentos partiendo desde el día de cosecha marcado como día 1 y habiendo una separación de tres días entre cada análisis.
- **Medición física:** se realizaron mediciones morfométricas no destructivas en las frutas las cuales son: peso, dimensiones polar y ecuatorial de la fruta y dimensiones del pedúnculo.
- **Toma de color en cáscara:** con el uso del colorímetro se tomaron los colores de cáscara utilizando el sistema CIE-LAB (ver anexo 1).

- **Análisis destructivo:** para las pruebas de color en pulpa y análisis químicos, la fruta es destruida (ver anexo 3), por lo tanto, se realizaron en el día determinado para cada fruta como lo explica el cuadro 4.
- **Toma de color en pulpa:** con el uso del colorímetro se tomaron los colores de pulpa utilizando el sistema CIE-LAB.
- **Análisis químicos:** se realizaron las pruebas químicas de medición de Sólidos solubles (grados Brix), Potencial de iones de hidrógeno (pH), y acides total titulable (titulación).
- **Registrar datos:** los datos obtenidos fueron registrados en la base de datos de Excel para posterior análisis estadístico y agregarlos al documento en Word.

Las mediciones que se utilizaron para la caracterización física de las frutas son:

- Peso de la fruta
- Tamaño del pedúnculo
- Diámetro del pedúnculo
- Medición polar de la fruta
- Medición ecuatorial de la fruta
- Color de la corteza
- Color de la pulpa

Las mediciones químicas que se implementaron fueron:

- Determinación del potencial de iones de hidrógeno (pH)
- Determinación de cantidad de sólidos solubles (grados Brix)
- Determinación de acidez total titulable

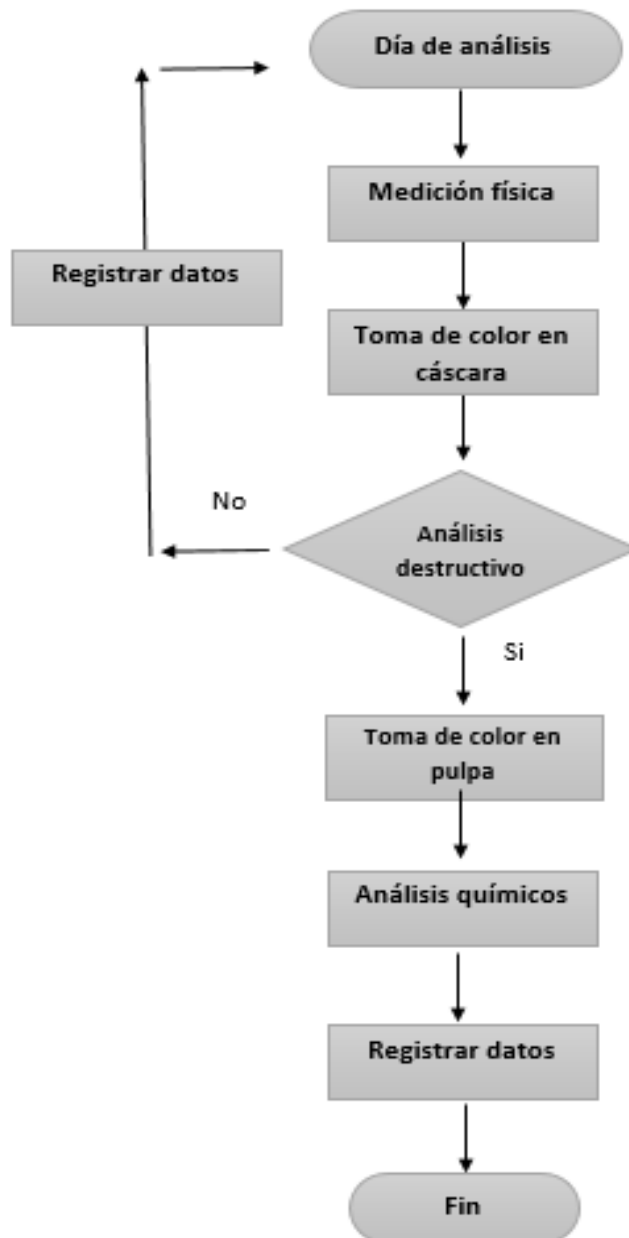


Figura 5. Diagrama de flujo de proceso de análisis físicos y químicos.

Mediciones físicas

- **Peso:** el peso de cada fruta fue tomado en una balanza analítica con capacidad de 3 kg, los datos fueron registrados en gramos (g) (ver Figura 6).



Figura 6. Balanza digital

- **Tamaño de pedúnculo:** con el uso de una regla se tomó la medición del pedúnculo de cada fruta registrando los datos en centímetros (cm).
- **Diámetro del pedúnculo:** el diámetro del pedúnculo fue tomado con un pie de rey cuyos datos fueron registrados en centímetros (cm).



Figura 7. Pie de rey

- **Medición polar de la fruta:** la medición del área polar fue tomada con herramienta pie de rey (ver figura 7), cuyos datos fueron expresados en centímetros (cm)

- **Medición ecuatorial:** la medición del área ecuatorial fue tomada con la herramienta pie de rey, cuyos datos fueron expresados en centímetros (cm)
- **Color de corteza:** para la medición del color de la corteza se utilizó un medidor de colorimetría CR-410 Konica Minolta sensing, colocando el lente del colorímetro directamente en la corteza, para obtener las coordenadas de L* Luminosidad, a* coordenadas rojo/ verde, b* coordenadas amarillo/ azul, C* color y h* matiz.
- **Color de pulpa:** para la medición del color de la pulpa se utilizó un medidor de colorimetría CR-410 Konica Minolta sensing (ver figura 8), la fruta se seccionó a la mitad colocando el lente del colorímetro directamente en la pulpa, para obtener las coordenadas de L* Luminosidad, a* coordenadas rojo/ verde, b* coordenadas amarillo/ azul, C* color y h* matiz.



Figura 8. Medidor de colorimetría CR-410 Konica Minolta sensing

Mediciones químicas.

- ❖ **Determinación de potencial de iones de hidrógeno pH:** para la toma de la medida del grado de acidez se utilizó un mortero de cerámica para triturar la pulpa de la fruta, posteriormente con el uso de un pHmetro de la marca OAKION (ver figura 9), con rango de pH de -1.00 a 15 para determinar el grado de acidez o alcalinidad en la pulpa de cada fruta.



Figura 9. pHmetro marca OAKION.

- ❖ **Determinación de sólidos solubles totales en Grados Brix:** Los grados Brix se midieron con el uso de un brixometro digital marca Milwaukee (ver figura 10), colocando una gota del extracto de la pulpa sobre el lente del equipo para obtener la lectura de los grados Brix de la fruta.



Figura 10. Brixometro digital marca Milwaukee.

- ❖ **Determinación de Acidez Total Titulable:** para obtener los datos de la acidez total titulable se siguió el siguiente procedimiento de titulación:

- Obtener 10 gramos de pulpa triturada.
- Disolver en 10 ml de agua destilada, remover para obtener una mezcla uniforme.
- Colar la muestra y agregar 3 gotas de fenolftaleína realizar movimientos giratorios para mezcla.
- Realizar titulación con el uso de bureta (ver figura 11), agregando gota a gota el hidróxido de sodio 0.1 Molar hasta observar el viraje de color a rosado tierno.
- Reportar la cantidad de ml gastados de hidróxido de sodio.

La determinación de la acidez total titulable se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{V (\text{NaOH}) * \text{Meq} (\text{Ácido cítrico})}{\text{Peso M}} * 100$$

Donde:

V= volumen de la solución base utilizado en la titulación (ml)

Meq=Masa molar del ácido predominante (ácido cítrico) en gramos mol (192.124 g/mol)

Peso M= Peso de la muestra de la fruta para la titulación (mg)



Figura 11. Equipo utilizado para la titulación.

6.5 Metodología de escritorio

Los datos obtenidos fueron registrados utilizando el paquete de software de procesamiento de textos de Microsoft office 2010, el programa de Microsoft Word sirvió para la redacción del documento final, en el cual se registró la investigación bibliográfica, los resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

El programa de Microsoft Excel, se utilizó para registrar los datos numéricos de las mediciones y análisis que se tomaron de cada una de las muestras, así como también en la creación de tablas, gráficas, o cualquier otro elemento que para representar los resultados de la investigación.

Se elaboró un formato de plantilla para reportar los datos obtenidos en cada una de las mediciones de cada fruta de los diferentes árboles (anexos 4, 5,6 y 7), reportando en la misma plantilla los datos de mediciones físicas y de análisis químicos de laboratorio, con el programa de Microsoft PowerPoint se diseñó la presentación de los resultados de la investigación a través de diferentes diapositivas.

6.6 Metodología estadística

Los datos obtenidos en las diferentes mediciones fueron cuidadosamente recopilados y almacenados en una base de datos diseñada en el programa Microsoft Excel. En esta base de datos se incluyeron tanto las variables morfométricas, como el tamaño, peso y dimensiones del pedúnculo, así como los resultados de las pruebas de laboratorio relacionadas con el pH, acidez y sólidos solubles totales de cada fruta. Para facilitar el análisis y la interpretación de los resultados, se calcularon promedios de las mediciones de cada fruta, permitiendo identificar posibles patrones o tendencias. Estos datos fueron organizados y presentados a través de cuadros y gráficos, lo que facilitó la visualización comparativa de las variables entre los diferentes grupos de frutas.

Por otro lado, las pruebas colorimétricas realizadas tanto en la cáscara como en la pulpa fueron procesadas y analizadas mediante el software estadístico InfoStat, que permitió un análisis multivariable de las variables de color del sistema CIE-LAB, específicamente L* (luminosidad), a* (coordenadas rojo/verde), b* (coordenadas amarillo/azul), C* (croma) y h (matiz). Este enfoque multivariable permitió una interpretación más compleja y detallada de los datos, buscando posibles correlaciones entre los cambios en el color y los diferentes estados de

madurez de las frutas. A través de este análisis, se generaron gráficos y modelos estadísticos que ayudaron a identificar las relaciones entre las variables cromáticas y el estado de madurez, aunque los resultados aún requieren validación adicional para ser considerados concluyentes.

VII. Resultados y discusión

7.1 Peso de fruta

En el cuadro 5, se muestran los promedios en gramos de los pesos de los mameyes en estudio de los árboles A, B, C, D, E, y F en el transcurso del tiempo y los porcentajes de pérdida de peso en las diferentes mediciones, tomando como comparativo el peso del día 1.

Cuadro 5. Promedio en gramos y porcentaje de pérdida de peso en los diferentes grupos de mameyes.

Árboles	Día 1	Día 3	Pérdida de peso (g)	Día 6	Pérdida de peso (g)	Día 9	Pérdida de peso (g)
A	312,05	300,09	8,78	253,11	14,07		
B	347,31	306,01	6,87	273,99	12,84	283,51	19,15
C	410,21	321,49	5,56	281,66	11,89	243,87	18,1
D	486,92	456,93	7,11	370,76	12,52	369,85	16,51
E	419,89	330,21	6,08	232,11	13,89	195,89	18,38
F	355,29	265,04	8,03	229,39	16,73		

Análisis: la figura 12, muestra el comportamiento promedio de los pesos a temperatura ambiente de las frutas de mamey analizadas de los árboles A, B, C, D, E Y F. mostrando una pérdida de peso de manera similar, a través de la deshidratación y descomposición de compuestos internos debido al metabolismo y la respiración sin importar los diferentes estados de madurez del material en estudio, forma y pesos de los mismo.

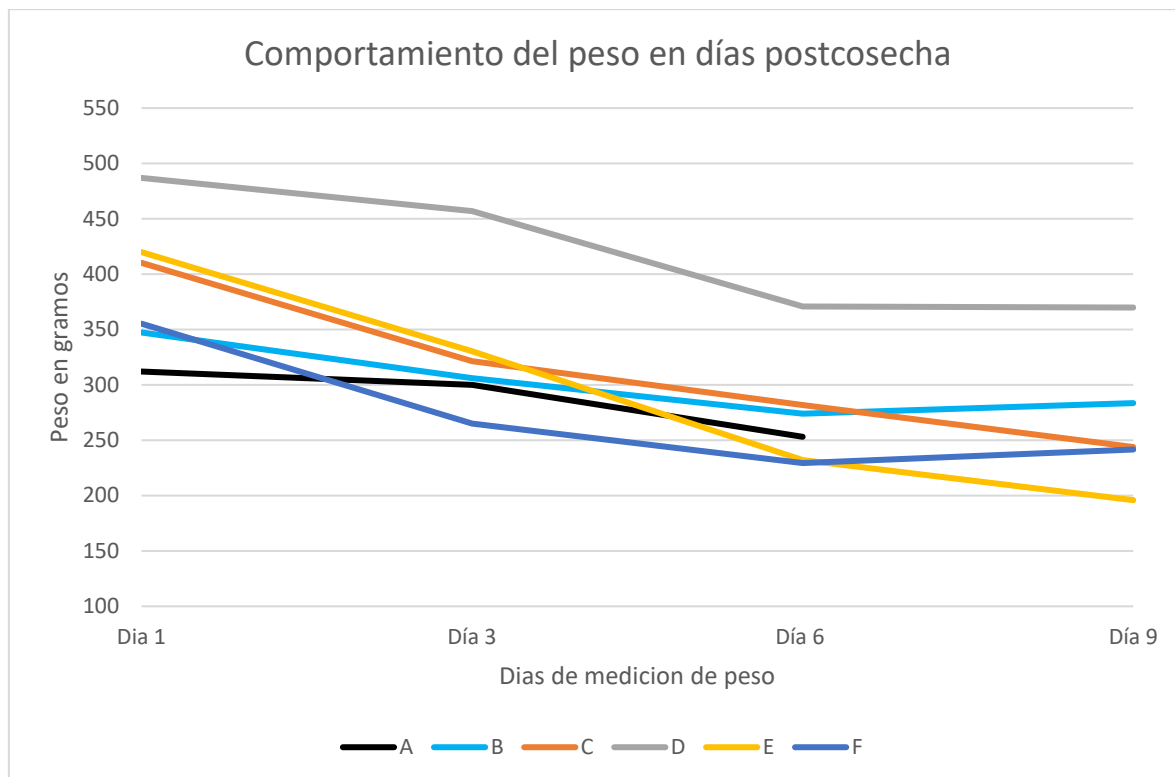


Figura 12. Comportamiento de pérdida de peso en días postcosecha.

Análisis: la figura 13, muestra los porcentajes promedios de pérdida de peso a temperatura ambiente de las diferentes frutas de mameyes de los árboles A, B, C, D, E y F. El día 1 no se tomó en cuenta ya que fue el día de cosecha, por ende, el porcentaje de pérdida de peso se tomó a partir del día 3. Los mameyes del árbol B presentaron el mayor porcentaje de pérdida de peso con un 19.15 % en comparación con su peso inicial y las frutas del árbol D mostraron un menor porcentaje pérdida de peso con un 16.51% en comparación con su peso inicial.

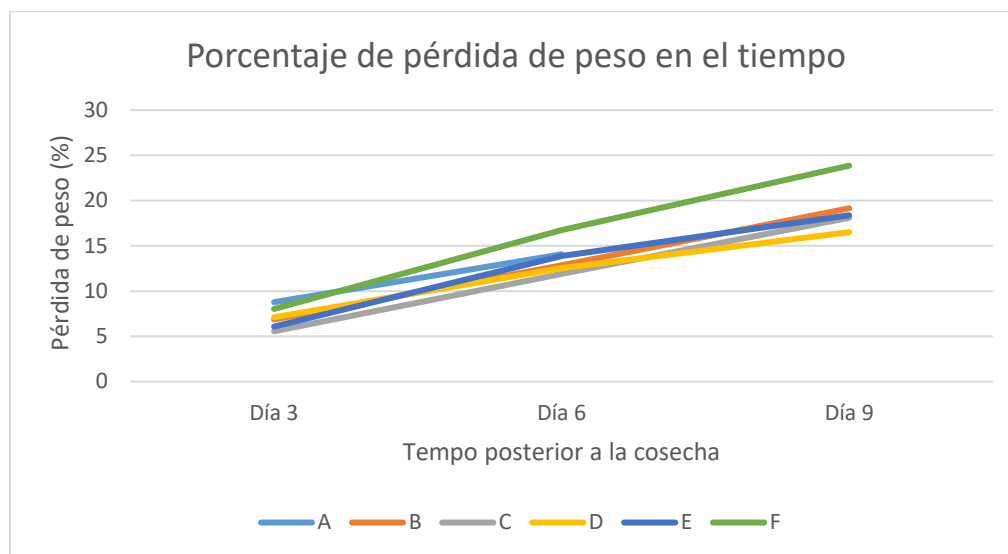


Figura 13. Porcentaje promedio de pérdida de peso durante el tiempo en estudio.

7.2 Dimensión de frutas

En el cuadro 6, se muestran los promedios de las frutas de mamey de los árboles A, B, C, D, y F tomadas las medidas ecuatorial y polar en el día de la cosecha.

Cuadro 6. Dimensiones promedio de las frutas de cada árbol de Mamey en estudio.

Árbol	Ecuatorial (cm)	Polar (cm)
A	8,2	8,3
B	8,5	7,8
C	9,3	8,8
D	9,4	8,8
E	9,3	8,8
F	9,1	9,7

Análisis: la figura 14, muestra que los promedios en las dimensiones ecuatorial y polar manifiestan diferencias en su forma, dividiéndose de la siguiente manera: el material del árbol A presentan una forma redondeada; los materiales de los árboles B, C, D y E fueron de forma elíptica y el material del árbol F mostraron una forma ovalada.

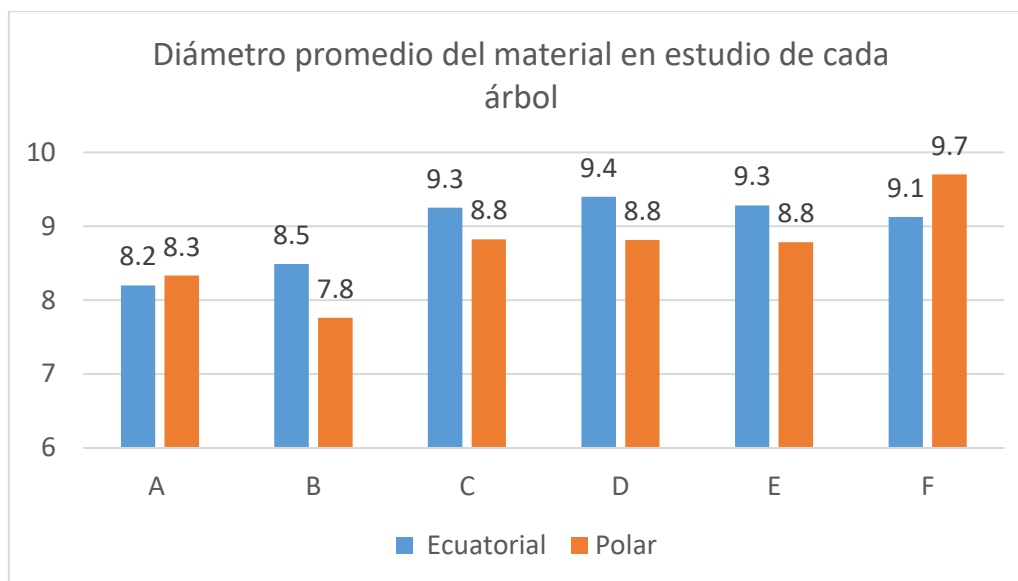


Figura 14. Diámetro promedio del material en estudio de cada árbol de mamey.

7.3 Dimensiones de pedúnculo

El cuadro 7, presenta los promedios de las mediciones del pedúnculo de las frutas de mameyes tomadas de los árboles A,B,C,D,E Y F , las mediciones fueron tomadas en día de cosecha.

Cuadro 7. Dimensiones promedias de pedúnculo.

Árbol	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
A	1,8	1,4
B	1,6	1,0
C	2,4	1,1
D	2,4	1,5
E	2,4	1,5
F	2,7	1,3

Análisis: en la figura 15, se presentan la similitud en la forma del pedúnculo de las frutas de los diferentes árboles ya que todos son más largos que anchos, los pedúnculos en los materiales de los árboles A y B son más pequeños que los de los materiales de los árboles C, D, E, y F. sin embargo no existe relación entre el tamaño del pedúnculo y la madurez del fruto.

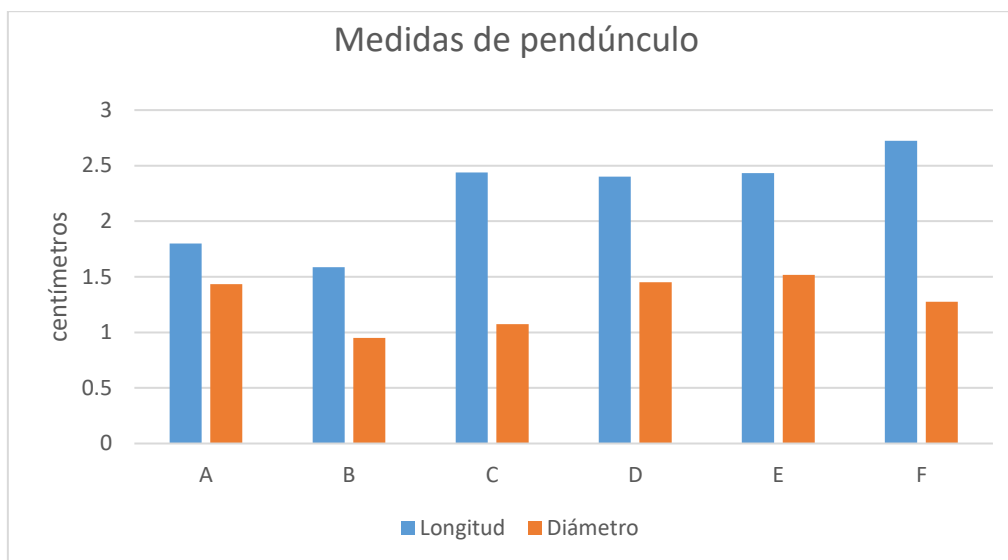


Figura 15. Promedios de medidas de pedúnculo de las frutas de los árboles en estudio.

7.4 Potencial de iones de hidrógeno (pH)

El cuadro 8, muestra los promedios de pH tomado de las muestras analizadas en cada uno de los días seleccionados para los análisis.

Cuadro 8. Promedios de potencial de iones de hidrógeno en los diferentes momentos de medición.

Días	pH
1	3,65
3	3,69
6	3,68
9	3,8

Análisis: la figura 16, muestra el comportamiento del potencial de iones de hidrógeno el cual después de ser cosechado empieza a aumentar, estabilizándose entre el día 3-6, luego empieza a aumentar de forma acelerada lo que indica una disminución de los ácidos orgánicos presentes en la fruta a medida que avanza el tiempo.

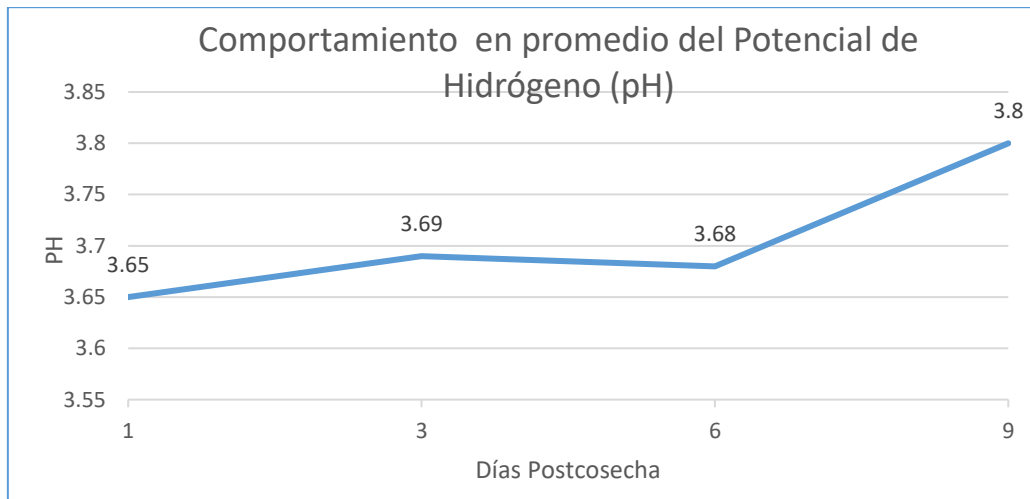


Figura 16. Comportamiento promedio del potencial de iones de hidrógeno (pH)

7.5 Acidez total titulable

Análisis: la figura 17, muestra el comportamiento promedio de las mediciones tomadas en los diferentes momentos, presentando un aumento lineal desde el día de cosecha, mostrando su punto máximo en el día 6, para posteriormente continuar con el descenso del porcentaje de acidez.

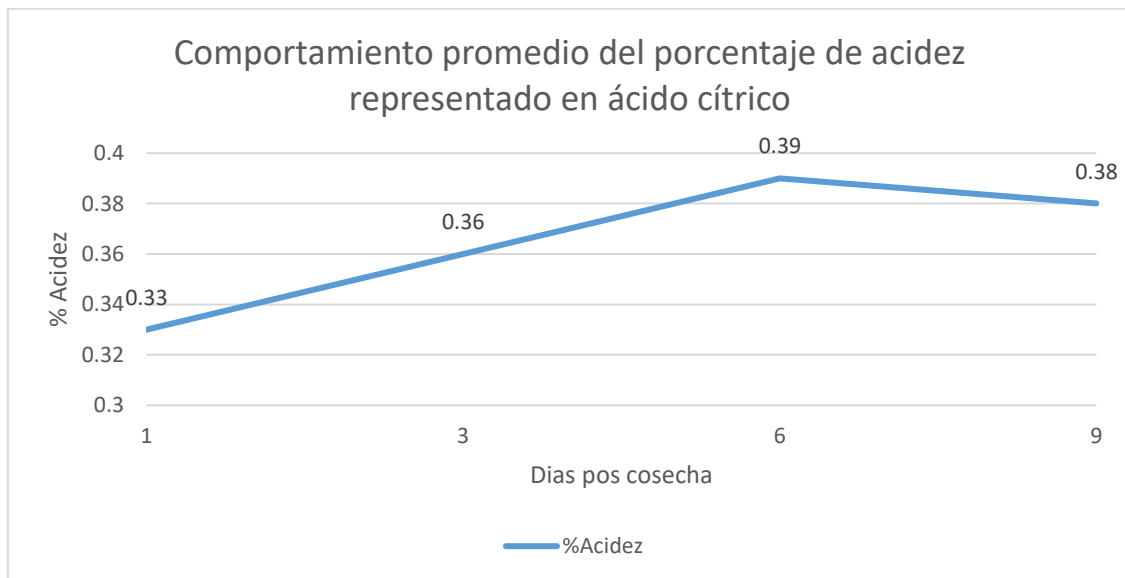


Figura 17. Comportamiento promedio de la acidez total titulable representado en porcentaje de ácido cítrico.

7.5 Grados Brix

Análisis: la figura 18, muestra el comportamiento promedio de los grados Brix de las diferentes muestras de mameyes después de la cosecha, presentando una disminución del día 1 al día 3, pasando de 9.25 a 8.89; luego aumentando hasta su punto más alto de concentración de azúcares en el día 6 llegando a 10.47, para posteriormente empezar a disminuir de forma paulatina.

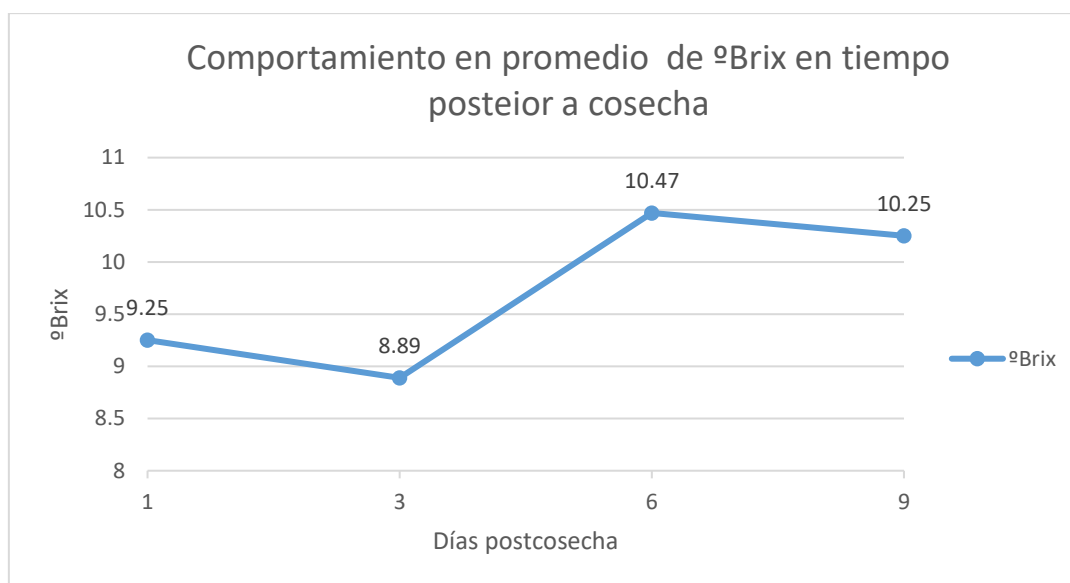


Figura 18. Comportamiento promedio de la medición de grados Brix en los diferentes momentos posterior a la cosecha.

7.6 Prueba colorimétrica en cáscara

Análisis: la figura 19, muestra la dispersión de los datos de las variables tomadas en cáscara a través de la prueba colorimétrica basadas en el sistema CIE-LAB (L^* , a^* , b^* , C^* Y h) muestra que no existe relación entre variables y el estado de madurez de los materiales en estudio, para una mejor visualización de la gráfica ver anexo 8.

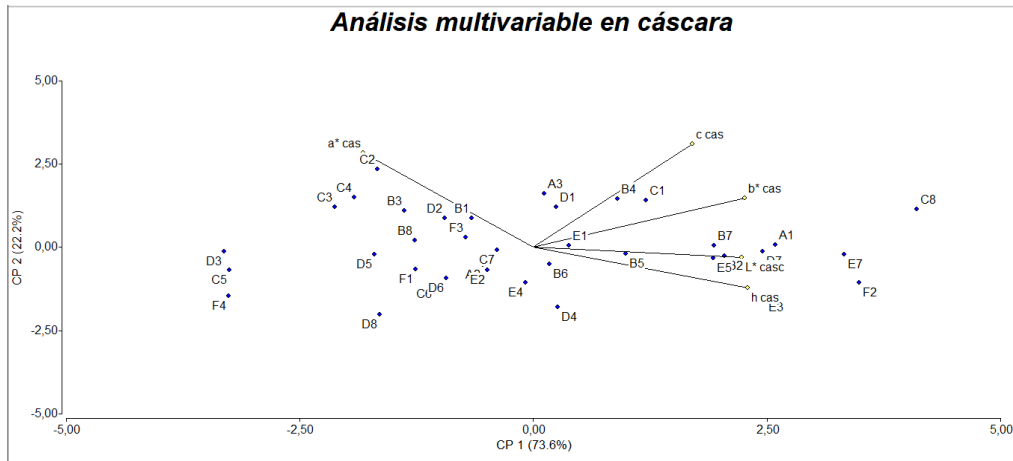


Figura 19. Análisis multivariante de prueba colorimétrica en cáscaras del material en estudio.

7.7 Prueba colorimétrica en pulpa

Análisis: la figura 20, muestra que las agrupaciones de los datos con las variables tomadas en pulpa a través de la prueba colorimétrica basadas en el sistema CIE-LAB (L^* , a^* , b^* , C^* Y h) muestran que a medida que los datos aumentan su valor positivo en las variables a^* , b^* y c^* , presentan mayor estado de madurez y los datos con valores altos de L^* y h son frutos verdes-inmaduros, para una mejor visualización de la gráfica ver anexo 9.

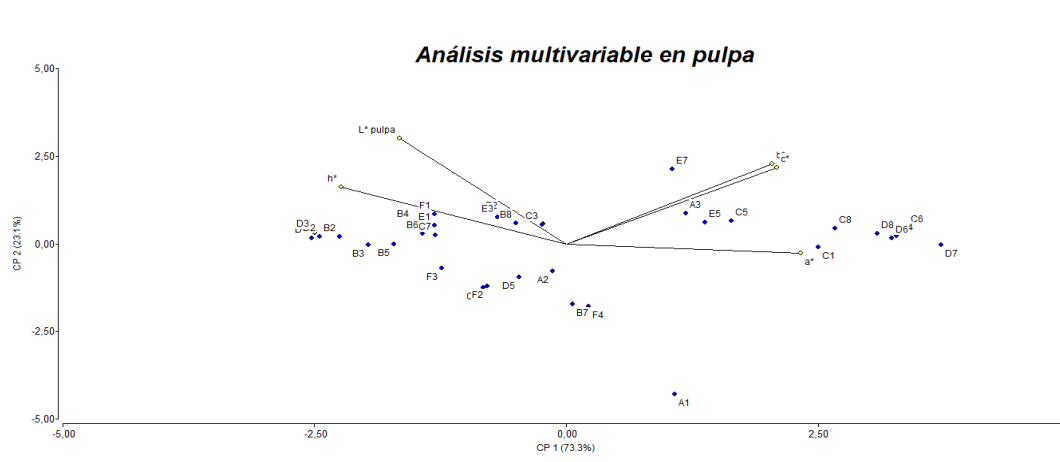


Figura 20. Análisis multivariante de prueba colorimétrica en pulpa de los diferentes materiales en estudio.

VIII. Conclusiones

Este estudio se enfocó en determinar el índice de madurez del mamey (*Mammea americana* L.) mediante el análisis de diversas variables morfométricas, como el tamaño, la forma y peso de la fruta y las dimensiones del pedúnculo. Los resultados indicaron que estas características no tienen una influencia significativa en la determinación del índice de madurez, ya que no se encontró correlación entre dichas variables y el estado de madurez.

Los análisis de laboratorio tanto de pH, acidez titulable y sólidos solubles, han demostrado que, a pesar de la relevancia de dichos parámetros en la determinación del índice de madurez en otras frutas, en el mamey (*Mammea americana* L.) estos indicadores no se correlacionan de manera significativa, por lo tanto, dichos métodos convencionales no son adecuados para establecer el índice de madurez para esta especie.

Las pruebas colorimétricas realizadas en la investigación basadas en el sistema CIE-LAB para evaluar el color en la cáscara como posible indicador del estado de madurez demostraron a través de un análisis multivariable tomando en cuenta L* Luminosidad, a* coordenadas rojo/verde, b* coordenadas amarillo/azul, C* color y h matiz que los datos obtenidos no fueron concluyentes para agrupar las frutas según la colorimetría de la cáscara en sus distintos estados de madurez.

Las pruebas colorimétricas basadas en el sistema CIE-LAB realizadas para evaluar el color de la pulpa como posible indicador del estado de madurez y los análisis multivariables, demostraron que cuando los valores cumplen las siguientes características, el fruto presenta algún estado madurez: valores de a* positivos, b* C* Y h con valores positivos mayores a 50. Sin embargo, esta relación requiere una validación adicional para establecer una comprensión integral del estado de madurez preferida por los consumidores.

IX. Recomendaciones

Se recomienda continuar con la investigación para la determinación del índice de madurez del mamey (*Mammea americana* L.) Tomando en cuenta parámetros que no fueron abordados en la presente investigación, como pruebas de firmeza para conocer si la resistencia de la fruta a la compresión influye en el índice de madurez.

Realizar investigaciones que analicen el tiempo desde la floración como variable para la determinación del índice de madurez del mamey. Dicha investigación podría ayudar a establecer prácticas de manejo postcosecha que mejoren la calidad del fruto.

Se recomienda realizar una investigación destinada a establecer el ácido predominante en (*Mammea americana* L.) Con el objetivo de comprender mejor sus propiedades organolépticas en la calidad del fruto.

Se recomienda llevar a cabo un estudio sistemático para determinar si el mamey (*Mammea americana* L.) es una fruta climatérica o no climatérica. Dicha investigación podrá ayudar a optimizar el manejo postcosecha y mejorar su comercialización.

Con base a los resultados obtenidos se recomienda llevar a cabo una investigación integral que contemple pruebas de preferencias organolépticas en cuanto a sabor, olor, color de pulpa en los diferentes estados de madurez del mamey, que permitan comprender mejor las características que los consumidores valoran en la fruta. Estos estudios ayudarán a correlacionar los datos tanto físicos como químicos con la aceptación de la fruta en el mercado.

Los productores locales o las personas que poseen árboles de mamey utilizan métodos empíricos al momento de la cosecha, por lo tanto, se recomienda que en las próximas investigaciones cuyo objetivo sea la determinación del índice de madurez, se realicen entrevistas con los productores locales para obtener conocimiento en campo que posteriormente pueda comprobarse y sistematizarse a través de métodos científicos.

X. Anexos


Anexo 1 Agrupación de material según su árbol de origen.












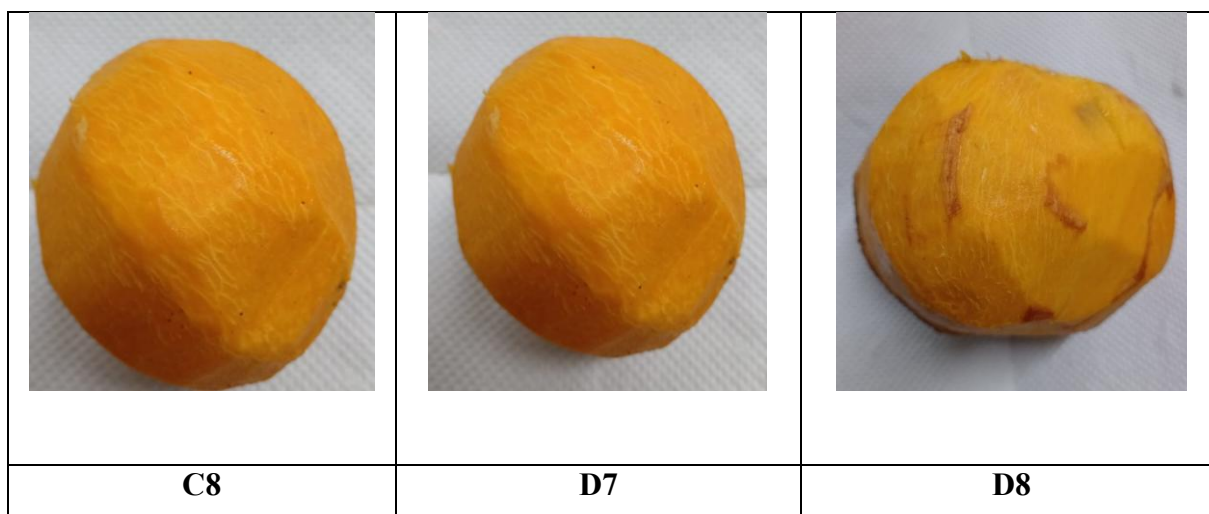
Anexo 2. Cosecha mediciones y análisis de laboratorio realizadas durante la investigación.

	
<p>Cosecha y clasificación</p>	<p>Prueba de color en cáscara</p>
	
<p>Medición de pH en pulpa</p>	<p>Titulación</p>

Anexo 3. Color de pulpa del material en estudio.

		
A1	B1	B2
		
C1	C2	D1
		
E1	E2	F1

		
B5	B6	F3
		
C5	C6	B7
		
D6	E5	B8



Anexo 4. Base de datos de características morfométricas.

código	Longitud pedúnculo	Diámetro pedúnculo	Longitud fruta	Diámetro fruta	peso
A1	2	1,2	8	7,8	274,82
A2	1,7	1,8	9,1	8,7	328,23
A3	1,7	1,3	7,9	8,1	253,11
B1	1,7	1,8	8	8,7	380,06
B2	1,6	0,7	7,6	8,3	429,06
B3	1,6	1,1	7,9	8,8	385,2
B4	1,7	0,7	7,8	8,1	291,22
B5	1,7	1	7,9	9,3	303,75
B6	1,5	0,7	6,8	7,8	185,75
B7	1,2	0,7	7,8	7,8	209,45
B8	1,7	0,9	8,3	9,1	357,57
C1	2	1,3	9,8	11,3	650,76
C2	2,4	1,3	10	10,8	589,23
C3	2,5	1,2	9,5	9,6	455,76
C4	1,7	0,9	7,7	7,7	264,75

C5	3,2	0,9	8,7	9,1	298,76
C6	2,3	0,9	9,1	8,4	299,56
C7	2,7	1,1	8,1	8,3	233,94
C8	2,7	1	7,7	8,8	253,8
D1	2,2	1,1	8,3	8,9	399,51
D2	3	1,3	9	9,6	544,18
D3	2,5	1,4	8,7	9,3	439,09
D4	3	1,5	9,7	11,9	722,99
D5	2,6	1,2	8,6	8,8	354,76
D6	0,5	1,1	8,6	8,7	337,31
D7	2,7	2,7	8,3	7,1	238,8
D8	2,7	1,3	9,3	10,9	500,9
E1	2	2,1	10,9	10,2	657,38
E2	2	1,7	9,2	9,9	459,39
E3	1,8	1,3	8,6	9,1	379,59
E4	3	2	8,9	9,6	439,44
E5	3	1	7,8	8,8	257,15
E7	2,8	1	7,3	8,1	195,42
F1	2,7	1,4	10,6	11,8	556,88
F2	2,8	1,4	9,3	8,6	298,01
F3	2,7	1,1	8,7	6,6	192,76
F4	2,7	1,2	10,2	9,5	241,48

Anexo 5. Base de datos de prueba colorimétrica en cáscara.

L* cáscara	a* cáscara	b* cáscara	c cáscara	h cáscara
48,64	8,49	19,41	21,16	66,51
47,51	9,55	17,09	19,58	60,08
47,73	10,6	18,25	21,1	59,86
45,46	10,34	17,67	20,47	59,67
48,21	8,48	18,8	20,86	65,73
44,9	10,53	17,53	20,32	56,66
48,39	10,15	18,41	21,47	61,78
48,99	9,19	18,11	20,31	63,08
46,86	9,23	17,64	19,91	62,39
48,45	8,79	18,94	20,88	65,1
45,81	10,27	16,94	19,81	58,77
48,11	9,96	18,96	21,41	62,28
42,93	11,5	17,7	21,09	57,05
43,82	11,10	16,86	20,19	56,64
44,31	11,22	17,06	20,42	56,68
41,72	10,3	15,61	18,7	56,59
44,29	9,25	16,8	19,18	61,17
47,37	9,8	17,32	19,9	60,5
54,26	8,85	20,29	22,14	66,45
45,63	10,09	18,44	21,02	61,32
45,59	10,49	17,44	20,35	58,98
41,7	10,66	15,76	19,02	55,91
47,8	8,51	17,12	19,11	63,58
45,89	10,23	16,47	19,38	58,16
45,89	9,43	16,78	19,24	60,67
50,64	8,63	19,02	20,88	65,6

45,15	9,06	15,95	18,34	60,4
47,66	9,53	17,91	20,28	61,99
46,66	9,44	17,11	19,54	61,13
51,36	7,87	18,42	20,03	66,85
46,73	9,01	17,24	19,48	62,43
51,18	8,84	18,5	20,51	64,46
54,63	8,5	19,18	20,97	66,1
45,03	9,67	16,73	19,32	59,98
50,06	7,45	19,44	20,82	69,02
48,45	10,29	17,09	19,93	58,93
43,89	10,03	15,1	18,12	56,4

Anexo 6. Base de datos de prueba colorimétrica en pulpa.

L* pulpa	a* pulpa	b* pulpa	c pulpa	h pulpa
50,17	7,2	20,05	21,3	70,23
75,2	4,22	39,01	39,24	83,82
75,61	5,02	69,66	69,89	85,88
88,39	-3,53	27,47	27,69	97,32
87	-2,96	28,96	29,07	95,85
83,77	-2,83	35,21	25,32	94,6
84,61	-3,49	41,67	41,82	94,79
82,84	-2,18	33,06	33,13	93,77
84,16	-1,62	38,01	38,05	92,43
67,56	4,62	33,6	33,91	82,18
78,17	-2,41	53,66	53,71	92,57
70,36	15,75	67,26	69,08	76,82
78,33	-0,51	54,87	54,52	90,53
79,48	0,3	53,36	53,36	89,67

72,45	1,44	30,21	30,24	87,77
73,3	7,8	71,32	71,15	83,76
71,88	21,2	77,82	80,66	74,76
80,41	-3,08	41,38	41,5	94,26
72,43	15,95	74,02	75,72	77,84
89,07	-2,62	24,73	24,87	96,04
87,97	-3,14	26,73	26,92	96,69
89,13	-3,27	26,96	27,16	96,91
71,31	20,97	74,68	77,57	74,32
73,19	2,14	36,2	36,26	86,62
69,98	19,97	74,62	77,25	75,02
68,98	24,13	74,51	78,92	72,05
70,97	18,89	75,07	77,41	75,87
82,36	-3,44	43,84	43,98	94,49
81,75	-2,11	53,15	53,19	92,27
83,12	-0,82	50,47	50,48	91,04
83,27	-2,24	26,19	26,28,	94,88
75,04	7,31	67,62	68,02	83,83
88,1	6,33	76,13	76,4	85,25
84,01	-4,14	46,89	47,08	95,05
75,66	2,64	28,81	28,84	84,76
76,44	-0,65	32,15	32,16	91,17
67,92	5,71	33,51	34	80,33

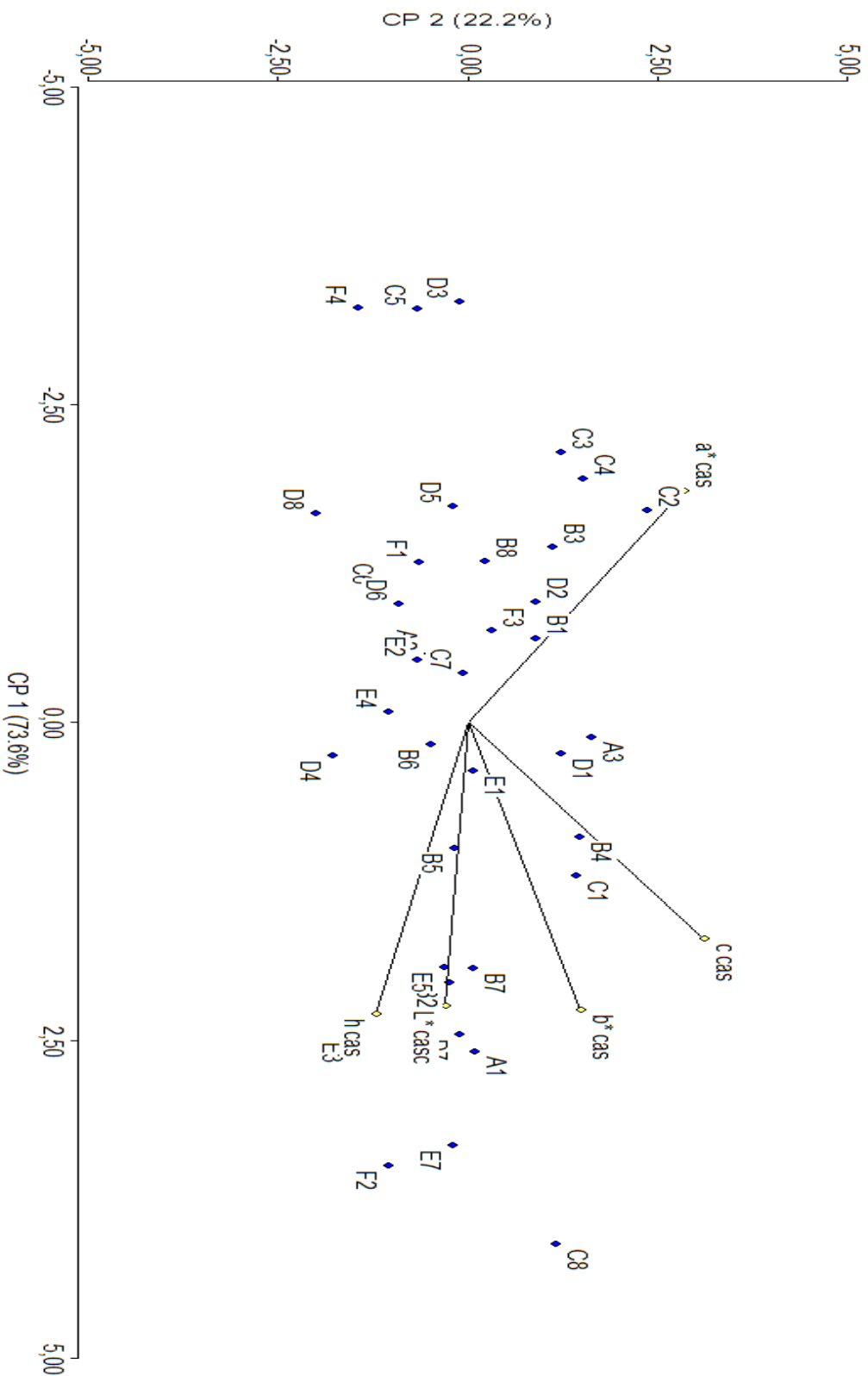
Anexo 7. Base de datos de análisis de laboratorio.

pH	Acidez (Ácido cítrico)	°Brix
3,82	0,32	10,1

3,64	0,52	9,3
3,44	0,36	9,8
3,44	0,51	8,5
3,81	0,41	9,4
3,7	0,22	8,4
3,85	0,35	8,7
3,84	0,33	11,2
3,76	0,47	10,1
3,8	0,51	10,6
3,85	0,39	10
3,7	0,20	11,7
3,66	0,23	10,3
3,73	0,20	9,3
3,96	0,27	8,5
3,8	0,31	10,5
3,58	0,27	12,5
4,05	0,22	11,2
3,61	0,24	13,7
3,84	0,32	8,4
3,77	0,27	7,2
3,68	0,39	8,8
3,74	0,40	10,1
3,68	0,44	9,3
3,9	0,29	9
3,99	0,28	8,3
3,99	0,28	8,3
3,7	0,39	10,5
3,3	0,36	8,6
3,42	0,35	8,2

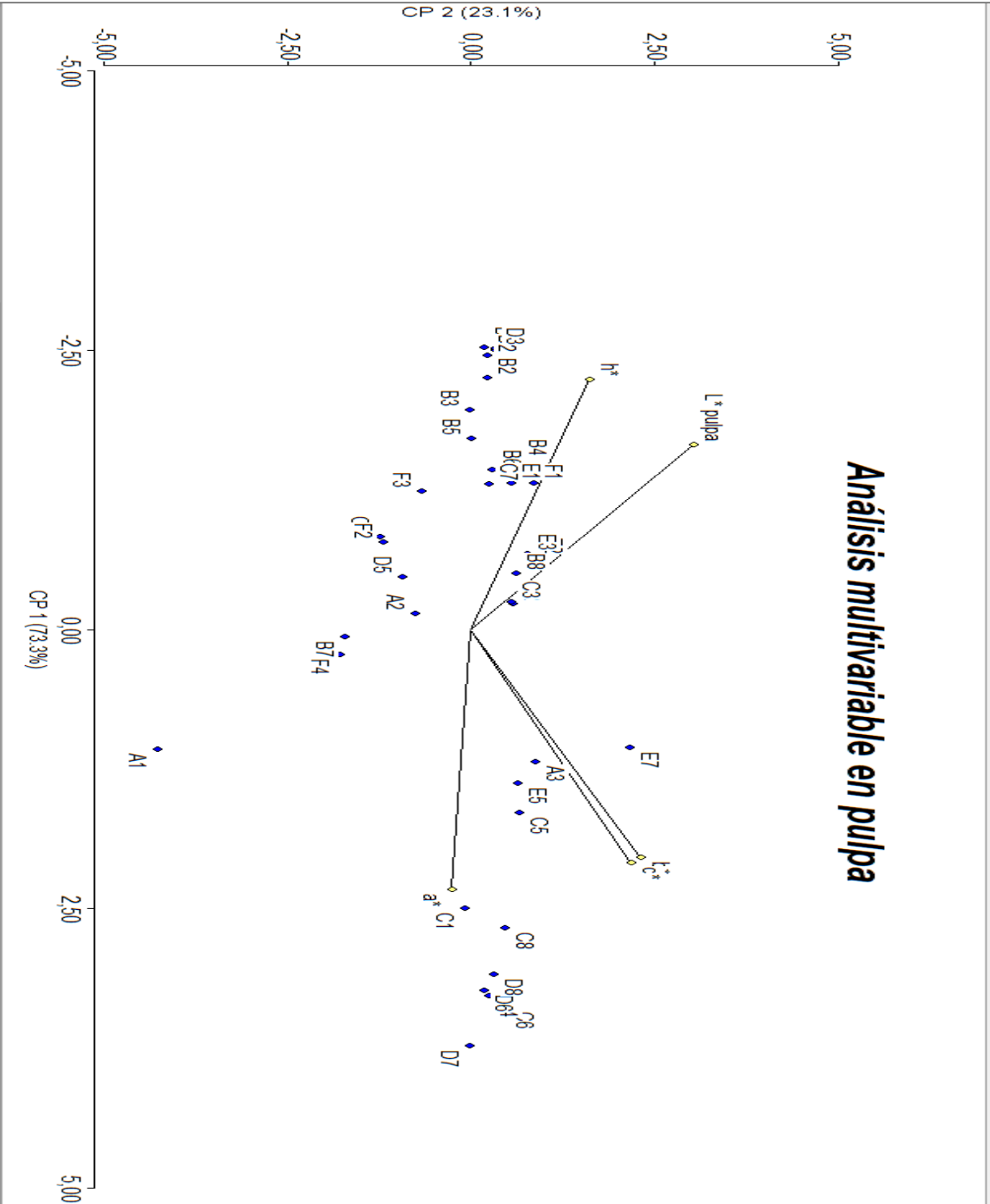
3,42	0,35	8,2
3,42	0,58	11,7
3,47	0,58	9,7
3,43	0,31	7,8
3,71	0,51	9,4
3,71	0,44	10,1
3,67	0,51	10,2

Análisis multivariable en cáscara



Anexo 8. Análisis multivariable en cáscara.

Anexo 9. Análisis multivariable en pulpa.



XI. Bibliografías

AQInstrument 2022. Conoce el espacio CIE LAB (En línea) consultado 20 de junio. Disponible en: <https://www.aquatecnica.com/conoce-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Avilán R; Leal F.1989. Manual de fruticultura: Cultivo y producción. Caracas, Venezuela. Editorial América. p 659 – 665.

Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., Pech, J.C. 2010. Mecanismos de la maduración de los frutos. En: Pua, E.C., Davey, M.R. (Eds.). Biología del desarrollo vegetal: perspectivas biotecnológicas, Berlín, Alemania. Vol. 1, p. 319-339

Brenes, P. 2005.Sistema Poscosecha en frutas de mango, melón, y sandía: Conceptos y aplicación (en línea). Consultado 16 de oct. 2024. Disponible en: <https://cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/06%20MEMORIACapacitacionsistemaPoscosechaenFrutas.pdf>

Brezmes J. 2001. Técnicas de Control de Calidad en Frutas. Consultado 22 de Ag de 2024. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6877/CAPITOL2.pdf>

Brummell, D; Harpster, M 2001.Metabolismo de la pared celular en el ablandamiento y calidad de la fruta y su manipulación en plantas transgénicas.N.C; Campbell (Eds). Springer Science. P 142.

Castellon 2021. Calidad externa, clasificación automática de la fruta (en línea). España. Consultado 23 jul. 2024. Disponible en: <https://www.ingivision.com/2021/12/01/proceso-maduracion-frutas/>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2003. Árboles de Centro América: Un manual para extensionistas. (En línea). Disponible en repositorio. catie.ac.cr/handle/11554/9730 CR. CATIE. Formato PDF. p. 701 – 704.

CENTA. 2003. El cultivo de mamey. El Salvador. (En línea). Consultado 24 de abril de 2023. Disponible en www.centa.gob.sv/documentos/otrainfo/agricola/mamey.doc

Dos Santos. 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. Plant Omics. (original en ingles) s.l 78 p.

Exporta pymes. 2006. Comercio exterior América España (en línea). Consultado 24 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.exportapymes.com/comercio-exterior-america-esp/made-in-el-salvador-la-nostalgia-como-mercado/>

FAO 1987. Manual Para el Mejoramiento del Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas (En línea) Consultado 22 de Oct de 2024. Disponible en: <https://www.fao.org/4/x5055s/x5055S00.htm#Contents>

FAO 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas (en línea) consultado 19 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.fao.org/3/Y4893S/y4893s00.htm#Contents>

FAO 2016. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas (en línea) consultado 25 de junio de 2023. Disponible en: [https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S03.htm#:~:text=La%20madurez%20fisiol%C3%B3gica%20se%20refiere,completa%20madurez%20de%20la%20fruta.\(Madurez organoléptica y comercial\)](https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S03.htm#:~:text=La%20madurez%20fisiol%C3%B3gica%20se%20refiere,completa%20madurez%20de%20la%20fruta.(Madurez organoléptica y comercial))

Hernández Gómez, S.E.; Moza Hernández, J.E.; 2013. Elaboración de barras nutritivas de mamey enriquecidas con teberinto para niños y jóvenes en edad escolar. Ingeniero en alimentos. Ciudad de San Salvador, El Salvador, Universidad Dr. José Matías Delgado p.11

INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá) y OPS (Organización Panamericana de la salud). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. (En línea). Consultado 30 abril 2018. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribe/foods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>

ITBOCA (Instituto Tecnológico de Boca del Río) 2019. Determinación de acidez en alimento (En línea). Consultado 12 Sep. 2024. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/450884234/determinación-de-acidez-en-los-alimentos>

Knee, M.; Harfield, S.; Smith, M. 1989. Evaluación de diversos indicadores de madurez para la cosecha de manzanas destinadas al almacenamiento a largo plazo. J. Hortic. Sci. 64:403.

Lebrón 2015. Elaboración y evaluación de una bebida natural a base de mamey (*Mammea americana* L.) como alimento funcional (en línea) consultado 24 de junio de 2023. Disponible en: <https://webquery.jumad.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIO%20TECA%20VIRTUAL/TESIS/04/ALI/0002232-ADTESLE.pdf>

Little Junior, EL; Wadsworth, FH; Marrero, J. 1967. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Puerto Rico. UPR. p. 528 – 530.

Ochsse, J.; Soule, M.; Dijkman, C.; Wehlburg, C. 1976. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales. Vol. 1. Tercera reimpression. Editorial Limusa. México.p4.

Peñuela 2002. Caracterización y Normalización de Frutas y Hortalizas. (en línea) Consultado 12 agosto de 2024. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/828/4/2.%20Cambios%20f%C3%ADsicos%20qu%C3%ADmicos%20durante%20crecimiento%20y%20maduraci%C3%B3n.pdf>

Standley, P.; Williams, L. 1961. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany. Vol. 24, Part VII, Number 1. Guatemala. Published by Field Museum of Natural History.p 51-62

Sepúlveda, C. B., Campos, J. H., & Moya, V. U. (2023). Mejoramiento de la calidad de frutos en arándano mediante el uso de inductores hormonales en condiciones de restricción hídrica. Uso de inductores hormonales para incrementar la tolerancia a sequía y calidad de frutos en arándano, p 49

Silva, Ps; Menezes, O; Oliveira, P. 2003. Distribución de contenidos de sólidos solubles totales en melón. Hortico. Brasil p.31

Tello, L. 1997 Determinación del crecimiento e índice de madurez en mango ‘Haden’. Tesis Ing. Ag. Lima, Peru, 37 p.

Torres, E. 2007. “Identificación y caracterización in situ de germoplasma de mamey (*Mammea americana* L.), con potencial genético en zonas productoras de el salvador”. Tesis Ing. Ag. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 5 p.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) 2018. Medición del diámetro de un árbol (en línea). Consultado 12 de Nov 2025. Disponible en: <http://archivos.arquitectura.unam.mx>

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la amazonia. Lima, PE. TCA. p. 182 – 186.

Yara 2021. Portafolio de Agricultura digital (en línea) consultado 20 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/citricos/solidos-solubles-totales-sst-en-citricos/#:~:text=El%20SST%20o%20contenido%20de,%20menos%20%C3%A1cido%20y%20m%C3%A1s%20dulce.> (sst)