



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Variación de la calidad de frutos andinos frescos durante su almacenamiento

Sergio Luis Parra Angarita

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial
Manizales, Colombia
2016

Variación de la calidad de frutos andinos frescos durante su almacenamiento

Sergio Luis Parra Angarita

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería - Ingeniería Industrial

Director (a):

Ph.D Carlos Eduardo Orrego Alzate

Línea de Investigación:

Ciencia y tecnología de alimentos

Grupo de Investigación:

Alimentos frutales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2016

Dedicatoria

A mi madre y a mis hermanos

Tenemos mucho en común, la misma cara, la misma piel, la misma cicatriz. Tal vez si empezáramos a ver lo que es igual, en lugar de siempre ver lo que es diferente...

Meowth

Las circunstancias en que uno nace no tienen importancia, es lo que uno hace con el don de la vida lo que nos dice quiénes somos.

Mewtwo

Agradecimientos

Quiero manifestar mis agradecimientos:

A mi director de tesis Carlos Eduardo Orrego Alzate por su apoyo y guía durante el desarrollo del presente proyecto.

Al Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y especialmente al grupo de Alimentos Frutales.

A la profesora Gloria Inés Giraldo mi mentora en este trabajo final de maestría por todo el aporte intelectual en la estandarización de las pruebas y técnicas físico químicas usadas en el desarrollo de este trabajo

A Colciencias por su apoyo económico el programa de Jóvenes investigadores e innovadores.

A mi familia, a mi madre Norma Polonia Angarita, mis hermanos Jairo, Zaida y Ginna , y a mi padre Jairo por su apoyo constante durante el desarrollo de esta maestría

A mis amigos y compañeros de lucha Doménica, Chiqui, Juan Diego, Diana, Kamila, Natalia A, Catalina, Natalia S, Carlos, Guillermo, Victoria, Luis, Anita, Xiomara, Nataly y el Delfín Gracias por todo.

Ruffo, ¡Lo logramos!

Resumen

En este trabajo se definió el concepto de calidad en frutas frescas, y se estableció el marco teórico actualizado de los parámetros, metodologías y herramientas más comunes para cuantificar la calidad de las frutas frescas. A partir de la búsqueda de información fueron seleccionados los parámetros pérdida de peso, firmeza, cambio de color de la cascara, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y calidad nutricional (contenido de polifenoles y capacidad antioxidante), como índices de calidad de los frutales andinos (maracuyá, lulo, tomate de árbol, mora y guayaba). Se realizó un estudio de vida de anaquel para estudiar y evaluar los cambios en los parámetros seleccionados en cada una de las frutas, los estudios se realizaron a 10°C y 95% de humedad relativa durante 20 días para maracuyá, lulo, tomate de árbol y guayaba, y a 5°C y 95% de humedad relativa durante 6 días para mora. A partir de los datos obtenidos fueron generados modelos que describen el cambio promedio en la calidad de la fruta. Para cada una de las frutas estudiadas se obtuvo un modelo multivariable y un parámetro adimensional que cuantifica la calidad total del producto, como la combinación lineal ponderada de los parámetros fisicoquímicos anteriormente mencionados. La vida de anaquel promedio para maracuyá fue de dieciocho (18) días, de cincuenta y dos (52) días para el tomate de árbol, dieciocho (18) días para el lulo y veintidós (22) días para guayaba cuando fueron almacenados a 10°C. Para la mora la vida de anaquel promedio fue de seis (6) días al ser almacenada a 5°C.

Palabras clave: Frutales Andinos, Vida de anaquel, Calidad, Análisis de componentes principales

Variation in the quality of fresh Andean fruits during storage

Abstract

This work defined the concept of quality in fresh fruits, and established the theoretical framework of the most common parameters, methodologies and tools to quantify the quality of fresh fruits. The weight loss, firmness, color change of the peel, total soluble solids content, titratable acidity and nutritional quality (polyphenols content and

antioxidant capacity) were selected as quality indexes for Andean fruits (passion fruit, naranjilla, tree tomato, blackberry and guava). A shelf-life study was performed to identify and quantify the changes in the parameters selected in each fruit. The studies were carried out at 10°C and 95% relative humidity during 20 days for passion fruit, naranjilla, tree tomato and guava. And at 5°C and 95% relative humidity during 6 days for blackberry. From the obtained data were generated models that describe the average change in the quality of the fruit. For each one of the fruits studied, a multivariate model was obtained and an adimensional parameter that quantified the total quality of the product, such as the linear combination of physic chemical parameters. The average shelf life for passion fruit was eighteen (18) days, fifty-two (52) days for tree tomatoes, eighteen (18) days for naranjilla and twenty-two (22) days for guava when stored at 10°C. For blackberry the average shelf life was six (6) days when stored at -6°C.

Keywords: Andean fruit, Shelf life, Product Quality, principal component analysis

Tabla de contenido

Resumen	IX
Lista de tablas	XIV
Lista de ilustraciones	XVI
Lista de ecuaciones.....	XVII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVII
Introducción	1
1. Capítulo 1: Marco teórico.....	5
1.1 Frutales andinos.....	5
1.2 Maracuyá (<i>Passiflora edulis Sims</i>)	5
1.2.1 Tomate de árbol (<i>Cyphomandia betacea Cav Sendt</i>)	7
1.2.2 Lulo (<i>Solanum quitoense Lam</i>)	9
1.2.3 Mora de Castilla (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	11
1.2.4 Guayaba (<i>Psidium guajava L</i>).....	13
1.3 Producción de frutales andinos en Caldas	16
1.4 Calidad de un producto	16
1.5 Calidad en alimentos.....	18
1.6 Calidad en frutas frescas.....	21
1.6.1 Madurez e índices de madurez.....	23
1.6.2 Características de un índice de madurez.....	23
1.6.3 Índices de madurez comunes	25
1.6.4 Factores que afectan la calidad de las frutas frescas.....	27
1.6.5 Cambios en la calidad poscosecha (Deterioro).....	28
1.7 Medición de la calidad en frutas fresca: Vida de anaquel	31
1.7.1 Modelos matemáticos de la vida de anaquel	32
1.7.2 Efecto de la temperatura en la cinética de deterioro.	33
1.7.3 Procedimiento general para la determinación de la vida útil de un alimento ..	33
1.7.4 Métodos de determinación directa de la vida de anaquel.....	34
1.7.5 Métodos de determinación indirecta de la vida de anaquel.....	35
1.7.6 Métodos de estimación probabilísticos (Métodos de Monte Carlo).....	36
1.7.7 Métodos multivariados.....	36
1.7.8 Metodología: análisis multivariado de la vida de anaquel.....	37
2. Capítulo 2: Justificación	39
3. Capítulo 3: Objetivos	41
3.1 Objetivo Principal	41
3.2 Objetivos específicos	41
4. Capítulo 4: Materiales y métodos.....	43
4.1 Materiales	43
4.1.1 Frutas	43

4.1.2	Reactivos y material químico.....	44
4.2	Métodos.....	44
4.2.1	Vida de anaquel.....	44
4.2.2	Pérdida de peso.....	44
4.2.3	Firmeza.....	45
4.2.4	Acidez titulable.....	45
4.2.5	Sólidos solubles totales.....	45
4.2.6	Color de la cáscara.....	46
4.2.7	Medición del contenido de polifenoles totales (CPT).....	46
4.2.8	Determinación de Actividad Antioxidante mediante la inhibición del radical DPPH (α , α -Difenil- β -picrilhidracilo).....	46
4.2.9	Determinación de Actividad Antioxidante mediante el ensayo de decoloración del catión-radical ABTS ⁺	47
4.2.10	Cálculo del parámetro de calidad adimensional.....	48
5.	Capítulo 5: Resultados y Análisis.....	49
5.1	Pérdida de peso.....	49
5.2	Firmeza.....	51
5.3	Color de la cáscara.....	53
5.4	Acidez titulable.....	56
5.5	Contenido de sólidos solubles totales.....	58
5.6	Contenido de polifenoles.....	60
5.7	Capacidad antioxidante.....	61
5.8	Parámetro adimensional de pérdida de la calidad.....	62
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	67
6.1	Conclusiones.....	67
6.2	Recomendaciones.....	68
6.3	Producción Científica.....	68
6.3.1	Capítulo de libro.....	68
6.3.2	Ponencias.....	69
7.	Anexo A: Metodologías para la medición de la calidad de frutas frescas.....	70
7.1	Introducción.....	70
7.2	Clasificación de las metodologías de medición de la calidad de frutas frescas.....	70
7.3	Metodologías Puntuales.....	72
7.4	Metodologías Cualitativas.....	72
7.4.1	Metodologías cualitativas comparativas.....	73
7.4.2	Metodologías sensoriales.....	73
7.5	Metodologías Cuantitativas.....	74
7.6	Metodologías destructivas.....	74
7.6.1	Métodos físicos.....	75
7.6.2	Métodos químicos.....	75
7.7	Metodologías no destructivas.....	77
7.7.1	Técnicas indirectas.....	77
7.7.2	Técnicas indirectas:.....	78
8.	B: Requerimientos mínimos para fruta fresca.....	79
8.1	Norma técnica colombiana 1291 (frutas y hortalizas generalidades).....	79
8.2	Encuestas realizadas a supermercados de la ciudad de Manizales.....	85

8.2.1	Objetivo	85
8.2.2	Metodología.....	85
8.2.3	Resultados.....	86
8.2.4	Encuesta Mora de Castilla	87
8.2.5	Encuesta Maracuyá	90
8.2.6	Encuesta Lulo.....	93
8.2.7	Encuesta Tomate de Árbol	95
8.2.8	Encuesta Guayaba	98
8.3	Observaciones	100
9.	Anexo C: Tablas de resultados experimentales.....	101
10.	Bibliografía.....	104

Lista de Tablas

Tabla 1- 1: Composición química y nutricional del Maracuyá	6
Tabla 1- 2: Generalidades del manejo y problemas del Maracuyá	7
Tabla 1- 3: Generalidades del manejo y problemas del Tomate de Árbol.....	8
Tabla 1- 4: Composición química y nutricional del Tomate de Árbol	9
Tabla 1- 5: Generalidades del manejo y problemas del Lulo	10
Tabla 1- 6: Composición química y nutricional del Lulo.....	11
Tabla 1- 7: Generalidades del manejo y problemas de la Mora.....	12
Tabla 1- 8: Composición química y nutricional de la Mora	13
Tabla 1- 9: Generalidades del manejo y problemas de la Guayaba	14
Tabla 1- 10: Composición química y nutricional de la Guayaba	15
Tabla 1- 11: Producción de frutales andinos en Caldas	16
Tabla 1- 12: Definiciones de la Calidad basada en enfoques	17
Tabla 1- 13: Dimensiones de la Calidad.....	17
Tabla 1- 14: Dimensiones de la Calidad aplicadas a la industria de alimentos	18
Tabla 1- 15: Dimensiones de la calidad de los alimentos	19
Tabla 1- 16: Índices de madurez para algunas frutas.....	24
Tabla 1- 17: Factores que afectan la calidad de las frutas	27
Tabla 1- 18: Clasificación de las frutas en base a su producción de dióxido de carbono	29
Tabla 1- 19: Clasificación de las frutas en base a la producción de etileno	29
Tabla 4- 1: Características de las frutas usadas en la experimentación	43
Tabla 4- 2: Reactivos y solventes usados	44
Tabla 4- 3: Días de medición de la vida de anaquel.....	44
Tabla 5- 1: Pérdida de peso total de los frutales andinos	49
Tabla 5- 2: Modelos de la pérdida de peso de los frutales andinos	50
Tabla 5- 3: Cambio neto de la firmeza durante el almacenamiento de frutales andinos ..	51
Tabla 5- 4: Modelos de la evolución de la firmeza de los frutales andinos	52
Tabla 5- 5: Variación total del ángulo de tono de la cascara de los frutales andinos	53
Tabla 5- 6: Modelos del cambio de color de la cáscara de frutales andinos	55
Tabla 5- 7: Variación de la acidez titulable	56
Tabla 5- 8: Modelo de la variación de la acidez titulable	57
Tabla 5- 9: Variación del contenido de los sólidos solubles.....	58
Tabla 5- 10: Modelos del cambio del contenido de sólidos solubles de frutales andinos.	59
Tabla 5- 11: Variación del contenido de polifenoles	60
Tabla 5- 12: Variación capacidad antioxidante de antioxidantes totales	61
Tabla 5- 13: Pesos de los componentes principales obtenidos para el Maracuyá	63
Tabla 5- 14: Valores Límite Maracuyá.....	64

Tabla 5- 15: Resumen Parámetro adimensional de calidad.....	66
Tabla A- 1: Técnicas comparativas para la medición de la calidad de las frutas.....	73
Tabla A- 2: Técnicas sensoriales para la medición de la calidad de las frutas.....	74
Tabla B- 1: Resumen NTC 1267: Maracuyá	79
Tabla B- 2: Resumen NTC 5093: Lulo.....	80
Tabla B- 3: Resumen NTC 4106: Mora de Castilla	81
Tabla B- 4: Resumen NTC 1263: Guayaba	83
Tabla B- 5: Resumen NTC 4105: Tomate de Árbol	83
Tabla C- 1: Promedios de los parámetros medidos para el maracuyá	101
Tabla C- 2: Promedios de los parámetros medidos para la Guayaba	102
Tabla C- 3: Promedios de los parámetros medidos para el Tomate de Árbol	102
Tabla C- 4: Promedios de los parámetros medidos para el Lulo.....	103
Tabla C- 5: Promedios de los parámetros medidos para la Mora de Castilla.....	103

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1- 1: Fotografía del fruto de Maracuyá	5
Ilustración 1- 2: Fotografía del Tomate de Árbol.....	8
Ilustración 1- 3: Fotografía del Lulo	10
Ilustración 1- 4: Fotografía de la Mora de Castilla	12
Ilustración 1- 5: Fotografía de la Guayaba	14
Ilustración 1- 6: Dimensiones de la calidad de alimentos	21
Ilustración 1- 7: Dimensiones de la calidad en Frutas Frescas (adaptado de [48])	22
Ilustración 5- 1: Pérdida de peso del Maracuyá durante su almacenamiento	50
Ilustración 5- 2: Cambio de la firmeza del Maracuyá.....	52
Ilustración 5- 3: Cambio del ángulo de tono del maracuyá	54
Ilustración 5- 4: Cambio en el ángulo del tono del Maracuyá durante su almacenamiento	55
Ilustración 5- 5: Cambio de la acidez titulable del maracuyá durante su almacenamiento	57
Ilustración 5- 6: Evolución del contenido de sólidos solubles del maracuyá	59
Ilustración 5- 7: Evolución parámetro adimensional de calidad Maracuyá.....	65
Ilustración A- 1: Clasificación de las metodologías de medición de la calidad de frutas frescas	72

Lista de Ecuaciones

Ec. 1- 1	32
Ec. 1- 2.....	32
Ec. 1- 3.....	33
Ec. 1- 4.....	33
Ec. 1- 5.....	36
Ec. 1- 6.....	37
Ec.4- 1.....	45
Ec.4- 2.....	46
Ec.4- 3.....	47
Ec.4- 4.....	48
Ec. 5- 1:.....	51
Ec. 5- 2:.....	53
Ec. 5- 3:.....	55
Ec. 5- 4:.....	57
Ec. 5- 5:.....	59
Ec. 5- 6:.....	64
Ec. 5- 7:.....	65
Ec. 5- 8:.....	65

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
<i>A</i>	Absorbancia	NA
<i>a*</i>	Rojo-Verde	NA
<i>Act</i>	Acidez titulable	mg/L
<i>b*</i>	Amarillo-Azul	NA
<i>Ci</i>	Factores de Composición	NA
<i>Ea</i>	Energía de Activación	cal/mol
<i>Ej</i>	Factores Ambientales	NA
<i>F</i>	Firmeza	N
<i>h*</i>	Angulo de tono	°
<i>k</i>	Constante de velocidad aparente	s ⁻¹
<i>L*</i>	Luminosidad	NA
<i>P</i>	Peso	g
<i>PAc</i>	Parámetro adimensional de la calidad	NA
<i>Pp</i>	Pérdida de peso	%
<i>Q</i>	Propiedad que denota calidad	NA
<i>Q10</i>	Factor de deterioro	NA
<i>R</i>	Constante Universal de los Gases	Cal/molK
<i>Sk</i>	Desviación estándar	NA
<i>SSt</i>	Sólidos solubles totales	°Brix
<i>t</i>	Tiempo	s
<i>T</i>	Temperatura	K
<i>VLA</i>	Valor límite adimensional	NA
<i>Xa</i>	Matriz de valores promedio inicial	NA
<i>Xt</i>	Matriz n*n	NA
<i>Xt</i>	Matriz normalizada	NA

Subíndices

Subíndice	Término
Eq	En el equilibrio
I	Valor en el día i
n (súper índice)	Orden de reacción
O	Valor inicial

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>Msnm</i>	Metros sobre el nivel del mar
<i>PCA</i>	Análisis de componentes principales
<i>PC</i>	Componente principal

Introducción

Debido a que en la actualidad los consumidores han generado conciencia sobre la relación entre una buena salud y una dieta saludable[1], el mercado de los alimentos muestra una alta tendencia hacia productos saludables, funcionales, libres de sustancias cancerígenas, con componentes naturales, libres de compuestos sintéticos y con precios asequibles. Por esto, la legislación de diferentes naciones apunta hacia la sana alimentación de sus ciudadanos[2], donde las frutas ejercen un papel fundamental. Las frutas son alimentos que satisfacen estas necesidades puesto que su ingesta diaria ayuda a prevenir las principales enfermedades que afectan a la humanidad en la era contemporánea, como lo son las afecciones cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer [3]. Además son fuente rica de diferentes vitaminas (C, A, B6, tiamina y niacina), minerales, fibra dietética, carotenoides, flavonoides y otros compuestos fenólicos. Esta concepción ha permitido el desarrollo de nuevos productos alimenticios en todo el mundo, en donde se incluyen las frutas como ingredientes principales o menores, promoviendo así la expansión del comercio mundial de estos alimentos y sus derivados[4].

Entre los años 2008 y 2012, en Colombia se registró una tasa de crecimiento anual promedio de 11,2% en la demanda interna de frutas frescas, y se estimó un crecimiento neto anual del 15% para los años posteriores [5]. Con respecto a la producción, en 2011 se alcanzaron 3.305.049 toneladas de fruta fresca, las cuales fueron cultivadas en un área total de 241.695 hectáreas [6], mostrando la capacidad del país como potencia en la producción de estos recursos alimenticios.

Las propiedades de una fruta dependen de un gran número de variables, como las condiciones agroecológicas del cultivo, el tiempo transcurrido entre la siembra y la cosecha, el grado de madurez del producto, las condiciones de transporte, las condiciones de procesamiento, entre otras. Existe dificultad para la conservación de las propiedades de estos productos durante su ciclo de vida [7], lo que origina altos índices

de producción de desechos y pérdida de la capacidad comercial a lo largo de todas las etapas de la cadena de valor de la fruta[8].

La calidad de las frutas puede ser descrita como el grado de excelencia de un producto o su idoneidad para un uso particular. La calidad es una construcción humana que comprende muchas características, propiedades organolépticas (aspecto, textura, sabor y aroma), valores nutritivos, constituyentes químicos, propiedades mecánicas, propiedades funcionales y defectos [9][10]–[12].

La pérdida de la calidad comercial y nutricional de las frutas durante su almacenamiento, ocurre cuando no se tiene control adecuado de las condiciones específicas requeridas para cada fruta, lo que lleva a la degradación de compuestos orgánicos sensibles como antioxidantes y carotenoides, la oxidación prematura del fruto, la disminución de peso y la pérdida de valor nutricional [7]. Entre las condiciones relevantes a controlar se destacan el tiempo de almacenamiento, la humedad relativa, la luminosidad y la temperatura.

La cadena de valor de las frutas frescas está compuesta por productores, envasadores, distribuidores, mayoristas y/o minoristas, y finalmente consumidores: cada uno de estos actores tiene una definición propia de los criterios de calidad o aceptabilidad de la fruta haciendo que la elección de ¿qué medir?, ¿cómo medirlo?, y ¿qué valores son aceptables?, dependan de la persona o institución que requiere la medición, teniendo en cuenta el uso final del producto, la tecnología y el presupuesto disponibles, la legislación vigente y en muchos casos el contexto cultural. Las metodologías de cuantificación de la calidad de las frutas ofrecen una respuesta a las preguntas que surgen en el momento de evaluar esta propiedad comercial, estableciendo qué índices de madurez es necesario medir para una fruta seleccionada, qué técnicas se pueden utilizar para cuantificar las propiedades objetivo y cuáles valores son deseados.

Por lo anterior, es preciso llevar a cabo estudios que establezcan la forma en que la calidad de las frutas cambia durante su almacenamiento. El presente trabajo tiene por objetivo encontrar los modelos que representen la variación en la calidad comercial de la mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), lulo de castilla (*Solanum quitoense Lam*), maracuyá (*Passiflora edulis*), guayaba (*Psidium guajava L*) y tomate de árbol (*Cyphomandia betacea Cavendt*), durante su almacenamiento bajo diferentes condiciones, por medio de la medición periódica de índices de calidad comercial y

nutricional de los frutos, tales como color de la piel del fruto, pérdida de peso, firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, contenido de polifenoles y contenido de antioxidantes.

1. Capítulo 1: Marco teórico

1.1 Frutales andinos

Los frutales andinos son el conjunto de frutas nativas de Centro y Sur América que se producen únicamente bajo las condiciones determinadas de precipitación, temperatura y humedad que se presentan en las laderas de la cordillera de los Andes[13].

1.2 Maracuyá (*Passiflora edulis Sims*)

El maracuyá es uno de los frutos más apetecidos a nivel mundial debido a su sabor particular intenso y su alta acidez, lo que lo convierte en uno de los cultivos más importantes para Colombia [14], en la ilustración 1-1 se muestra la fotografía de un maracuyá maduro fisiológicamente.

Ilustración 1- 1: Fotografía del fruto de Maracuyá



Fuente: Elaboración propia

El maracuyá es una planta trepadora, vigorosa, leñosa, perenne, con ramas hasta de 20m de largo, tallos verdes, glabros, acanalados en la parte superior y zarcillos axilares más largos que las hojas enrolladas en forma de espiral. Las hojas son de color verde lustroso, posee dos nectarios redondos en la base del folíolo, la lámina foliar es palmeada y generalmente con tres lóbulos [14].

El fruto es una baya globosa u ovoide de color amarillo cuando está maduro, semillas con arilo carnoso muy aromático, mide de 6 a 7 cm de diámetro y entre 6 y 12 cm de longitud (Ver ilustración 1-1). En la tabla 1-1 se muestra la composición nutricional del Maracuyá.

Tabla 1- 1: Composición química y nutricional del Maracuyá

Maracuyá	
Nombre en inglés:	Passionfruit
Nombre científico:	<i>Passiflora edulis</i>
Agua:	72.93g
Energía:	97Kcal
Proteínas:	2.2g
Lípidos Totales:	0.7g
Carbohidratos:	23.38g
Fibra Total:	10.4g
Azúcar Total:	11.2g
Calcio:	12mg
Hierro:	1.6mg
Magnesio:	29mg
Fosforo:	68mg
Potasio:	348mg
Sodio:	28mg
Zinc:	0.1mg
Cobre:	0.086mg
Vitamina C:	30mg
Tiamina:	0mg
Riboflavina:	0.13mg
Niacina:	1.5mg
Vitamina B6:	0.1mg
FolatoTotal:	14mcg
Acido Fólico:	0mcg
Folato alimenticio:	14mcg
Vitamina A:	1272UI
	(Unidades internacionales)
Licopeno:	0mcg
Vitamina E:	0.02mg
Vitamina K:	0.7mg
Ácidos grasos saturados:	0.059g
Ácidos grasos monoinsaturados:	0.086g
Ácidos grasos poliinsaturados:	0.411g
Colesterol:	0mg

Valores por 100 gramos (g) de porción comestible.

Fuente: Tomado y adaptado de [15]

El maracuyá se adapta a un amplio intervalo de pisos térmicos que van de 0 a 1.300 metros sobre el nivel del mar (msnm), con un óptimo entre 800 a 1.200 msnm, y un rango de temperaturas que se considera como adecuado entre 24 y 28°C[14]. En la tabla 1-2 se resumen algunas generalidades del almacenamiento de maracuyá para su comercialización

Tabla 1- 2: Generalidades del manejo y problemas del Maracuyá

Maracuyá	
Nombre en inglés:	Passionfruit <i>Passiflora</i>
Nombre científico:	<i>edulis</i>
Temperatura de almacenamiento:	10°C 50°F
Humedad relativa:	85-90%
Producción de Etileno (1):	Moderada Alta
Susceptibilidad al Etileno (2):	Moderada
Vida de almacenamiento aproximada:	3-4 semanas
Atmósfera controlada:	
PROBLEMAS Y SU SOLUCIÓN	
Daños por frío. Presenta un pardeamiento superficial o interno, picado, presencia de zonas acuosas, maduración heterogénea y anormal, desarrollo de sabores desagradables y posibilidad de pudriciones. Solución: No almacenar a menos de 5°C (41°F).	

Fuente: Tomado y adaptado de [16]

1.2.1 Tomate de árbol (*Cyphomandia betacea Cav Sendt*)

El tomate de árbol corresponde al tipo biológico de arbusto semileñoso, alcanza 2 o 3 m de altura, presenta ciclo vegetativo perenne y crece en zonas con altitudes que varían de 1000 a 3000 msnm. A altitudes inferiores de 1000 msnm, no fructifica bien porque durante la noche la temperatura no es lo suficientemente baja. Es una planta de climas templados y fríos, la temperatura ideal de cultivo está entre 13 y 24°C siendo óptima entre 16 y 19°C. No requiere humedad atmosférica mayor al 68%, por lo cual se cultiva frecuentemente en zonas altas de clima seco, se adapta muy bien a todo tipo de suelo, pero el mejor desarrollo lo alcanza en suelos de textura media con buen drenaje y buen contenido de materia orgánica [17]. En la tabla 1-3 se resumen algunas generalidades del almacenamiento de tomate de árbol para su comercialización.

Tabla 1- 3: Generalidades del manejo y problemas del Tomate de Árbol

TOMATE DE ÁRBOL	
Nombre en inglés:	Tamarillo; Tree tomato
Nombre científico:	<i>Cyphomandra betacea</i>
Temperatura de almacenamiento:	3-4°C 37-40°F
Humedad relativa:	85-95%
Producción de Etileno (1):	Baja
Susceptibilidad al Etileno (2):	Moderada
Vida de almacenamiento aproximada:	10 semanas
PROBLEMAS Y SU SOLUCIÓN	
Daños por frío. Los síntomas incluyen decoloración de color pardo, daño en la superficie por picado o depresiones y posibles pudriciones, Solución: No almacenar ni manejar a menos de 3°C (37°F).	
Daños físicos. El mal manejo provoca daños en la piel con pérdida de humedad y posibles pudriciones. Solución: Evitar el mal trato.	

Fuente: Tomado y adaptado de [18]

Es una fruta de forma ovoidal, punteada en su extremo inferior y con cáliz cónico. Está cubierta por una cáscara gruesa, lisa, brillante y cerácea, en tonos ladrillo, rojos, naranjas y amarillos según la variedad. En la ilustración 1-2 se muestra la fotografía de un tomate de árbol maduro fisiológicamente.

Ilustración 1- 2: Fotografía del Tomate de Árbol

Fuente: Tomado de [19]

En el interior los colores de la pulpa varían entre naranja, rojo y amarillo; ésta es ligeramente suave y jugosa; en su interior se encuentran entre 200 y 400 semillas comestibles, de forma plana y circular. El sabor de la fruta consiste en una mezcla de

sabor dulce, según la variedad [17]. En la tabla 1-4 se muestra la composición nutricional del Tomate de Árbol.

Tabla 1- 4: Composición química y nutricional del Tomate de Árbol

TOMATE DE ÁRBOL	
Nombre en inglés:	Tamarillo; Tree tomato
Nombre científico:	<i>Cyphomandra betacea</i>
Agua:	87.72g
Energía:	30Kcal
Proteínas:	1.78g
Lípidos Totales:	0.67g
Carbohidratos:	5.36g
Fibra Total:	4.10g
Azúcar Total:	10.51g
Calcio:	21.25mg
Hierro:	7.44mg
Magnesio:	21.18mg
Fosforo:	108.32mg
Potasio:	17.03mg
Sodio:	17mg
Zinc:	1.53mg
Cobre:	0.025mg
Vitamina C:	25mg
Tiamina:	0.10mg
Riboflavina:	0.03mg
Niacina:	1.07mg
Vitamina A:	150 UI
	Unidades Internacionales
Vitamina E:	2010mg
Colesterol:	0mg
<u>Valores por 100 gramos (g) de porción comestible</u>	

Fuente: Tomado y adaptado de [20]

1.2.2 Lulo (*Solanum quitoense Lam*)

El lulo es un frutal andino con importancia en Colombia y Ecuador, se emplea a nivel industrial y casero principalmente para la obtención de jugos [21]. En la ilustración 1-3 se muestra la fotografía de un tomate de árbol maduro fisiológicamente.

Ilustración 1- 3: Fotografía del Lulo

Fuente: Fotografía propia

La planta de lulo crece entre 500 y 2500 msnm, con un óptimo entre los 1800 y 2000msnm con temperatura de 11 a 20°C, con precipitaciones de 1500 a 3000 mm anuales. Requiere alta humedad relativa (80% o más). Necesita poca luminosidad, crece especialmente en zonas de penumbra o sombreadas [21]. En la tabla 1-5 se resumen algunas generalidades del almacenamiento del Lulo para su comercialización.

Tabla 1- 5: Generalidades del manejo y problemas del Lulo

Lulo	
Nombre en inglés:	Naranjilla
Nombre científico:	<i>Solanum quitoense</i>
Temperatura de almacenamiento:	10°C 50°F
Humedad relativa:	85-90%
Producción de Etileno (1):	Moderada Alta
Susceptibilidad al Etileno (2):	Moderada
Vida de almacenamiento aproximada:	3-4 semanas
Atmósfera controlada:	
PROBLEMAS Y SU SOLUCIÓN	
Daños por frío. Presenta un pardeamiento superficial o interno, picado, presencia de zonas acuosas, maduración heterogénea y anormal, desarrollo de sabores desagradables y posibilidad de pudriciones. Solución: No almacenar a menos de 5°C (41°F).	

Fuente: Tomado y adaptado de [22], [23]

El fruto, es ovoide, de 4 a 6 cm de diámetro, con cáscara amarilla, anaranjada o parda, cubierta de pequeñas y finas espinas, ver ilustración 1-3. Internamente, se divide en cuatro compartimentos separados por particiones membranosas, llenos de pulpa de color verdoso o amarillento y numerosas semillas pequeñas y blanquecinas[21]. En la tabla 1-6 se muestra la composición nutricional del Lulo.

Tabla 1- 6: Composición química y nutricional del Lulo

Lulo	
Nombre en inglés:	Naranjilla
Nombre científico:	<i>Solanum quitoense</i>
Agua:	88.03g
Energía:	25,4Kcal
Proteínas:	0.68g
Lípidos Totales:	0.16g
Carbohidratos:	8.42g
Fibra Total:	2.6g
Azúcar Total:	10.26g
Calcio:	48.3mg
Hierro:	0.87mg
Magnesio:	
Fosforo:	25.11mg
Potasio:	2.27mg
Sodio:	4mg
Vitamina C:	30.8mg
Tiamina:	1.53mg
Riboflavina:	0.025mg
Niacina:	25mg
Acido Pantoténico:	0.10mg
Vitamina B6:	0.03mg
FolatoTotal:	1.07mg
Acido Fólico:	150 UI
Folato alimenticio:	14mcg
Vitamina A:	1272UI
	(Unidades internacionales)
Licopeno:	0mcg
Vitamina E:	0.02mg
Vitamina K:	0.7mg
Colesterol:	0mg

Valores por 100 g de porción comestible

Fuente: Tomado y adaptado de [22], [23]

1.2.3 Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*)

Las plantas de mora de Castilla son arbustos de hasta 1.5 m de longitud, con características trepadoras, con tallos delgados de hasta 3 cm, enrollados sobre el eje central de la planta. Sus hojas son acerradas de color verde oscuro y con finas

vellosidades, sus flores son blancas y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro. [24]. En la ilustración 1-4 se muestra la fotografía de la Mora de castilla Madura fisiológicamente.

Ilustración 1- 4: Fotografía de la Mora de Castilla



Fuente: Tomado de [25]

El cultivo de la mora requiere para su óptimo desarrollo una altura entre 1800 y 2400 msnm; una humedad relativa entre el 70 y el 80 %; temperaturas entre 11 y 18°C y una precipitación entre 1.500 y 2.500 mm anuales [24]. En la tabla 1-7 se resumen algunas generalidades del almacenamiento de la Mora de Castilla para su comercialización.

Tabla 1- 7: Generalidades del manejo y problemas de la Mora

Mora De Castilla	
Nombre en inglés:	Blackberry
Nombre científico:	<i>Rubus glaucus Benth</i>
Temperatura de almacenamiento:	-0.5-0°C 31-32°F
Humedad relativa:	90-95%
Producción de Etileno (1):	Baja
Susceptibilidad al Etileno (2):	Baja
Vida de almacenamiento aproximada:	10-18 días
Atmósfera controlada:	2-5%O ₂ + 12-20%CO ₂
PROBLEMAS Y SU SOLUCIÓN	
Arrugamiento por pérdida de agua, también presentan una pérdida de brillo. Solución: Mantenerlos a una humedad relativa de 90 a 95% y una temperatura de 0°C (32°F).	
Daños por frío. Se observa una apariencia de falta de brillo, textura gomosa y mayor susceptibilidad a la pudrición. Solución: No manejar a temperaturas inferiores a -0.5°C (31.10°F).	

Fuente: Tomado y adaptado de [26]

El fruto es una baya elipsoidal de 15 a 25 mm en su diámetro más ancho, de 3 a 5 g, verde cuando se forma, pasando a rojo y luego a morado oscuro y brillante cuando madura. Está formado por pequeñas drupas adheridas a un receptáculo que al madurar

es blancuzco y carnoso [24]. En la tabla 1-8 se muestra la composición de la Mora de Castilla.

Tabla 1- 8: Composición química y nutricional de la Mora

Mora de Castilla	
Nombre en inglés:	Blackberry
Nombre científico:	<i>Rubus glaucus Benth</i>
Agua:	84.21g
Energía:	57Kcal
Proteínas:	0.74g
Lípidos Totales:	0.33g
Carbohidratos:	14.49g
Fibra Total:	2.4g
Azúcar Total:	9.96g
Calcio:	6mg
Hierro:	0.28mg
Magnesio:	6mg
Fosforo:	12mg
Potasio:	77mg
Sodio:	1mg
Zinc:	0.16mg
Cobre:	0.057mg
Vitamina C:	9.7mg
Tiamina:	0.037mg
Riboflavina:	0.041mg
Niacina:	0.418mg
Acido Pantoténico:	0.124mg
Vitamina B6:	0.052mg
Folato Total:	6mcg
Acido Fólico:	0mcg
Folato alimenticio:	6mcg
Vitamina A:	54UI
	(Unidades internacionales)
Licopeno:	0mcg
Vitamina E:	0.57mg
Vitamina K:	19.3mg
Ácidos grasos saturados:	0.028g
Ácidos grasos monoinsaturados:	0.047g
Ácidos grasos poliinsaturados:	0.146g
Colesterol:	0mg

Valores por 100 g de porción comestible.

Fuente: Tomado y adaptado de [26]

1.2.4 Guayaba (*Psidium guajava L*)

El árbol de guayaba es un arbusto perennifolio, de 3 a 10 metros (m) (hasta 20) de altura con un diámetro medio de 60 centímetros (cm). Sus hojas son desusadas simples, de 13,5 cm de largo por 6 cm de ancho, ablancoeladas, oblongas o elípticas, sus ramas son de tronco torcido y ramificado, gruesas y ascendentes, sus flores son globosas,

dulcemente perfumadas, actinomórficas de color blanco [27]. En la ilustración 1-5 se muestra la fotografía del fruto de guayabo fisiológicamente maduro.

Ilustración 1- 5: Fotografía de la Guayaba



Fuente: Tomado de [28]

Las plantaciones comerciales se encuentran en climas tropicales secos, con temperaturas promedio de 18°C, precipitación anual de 60mm y altitud entre los 150 y 600 msnm. La temperatura adecuada para su desarrollo está entre los 15 y 30°C, aunque puede tolerar hasta los 45°C [27]. En la tabla 1-9 se resumen algunas generalidades del almacenamiento de la Mora de Castilla para su comercialización.

Tabla 1- 9: Generalidades del manejo y problemas de la Guayaba

Guayaba	
Nombre en inglés:	Guava
Nombre científico:	<i>Psidium guajava</i>
Temperatura de almacenamiento:	5-10°C
Humedad relativa:	41-50°F
Producción de Etileno (1):	90%
Susceptibilidad al Etileno (2):	Baja
Vida de almacenamiento aproximada:	Moderada
	2-3 semanas
PROBLEMAS Y SUS SOLUCIONES	
Daño por frío. Síntomas: Incapacidad para madurar normalmente, pardeamiento en la pulpa y piel, posibles pudriciones. Solución: No almacenar ni manejar a menos de 5°C (41°F).	
Pardeamiento externo e interno por daño físico. Se producen abrasiones y pardeamiento de las áreas magulladas. Solución: Manejar con cuidado evitando el mal trato.	

Fuente: Tomado y adaptado de [29]

Los frutos son bayas hasta de 8 cm de diámetro, globosas a ovoides, con el cáliz persistente en el ápice, carnosas, de color crema amarillento a rosado, de olor fragante y sabor agrídulce, (ilustración 1-5). Cáscara exterior fina de color amarillo; fruto conteniendo numerosas semillas [27]. En la tabla 1-10 se muestra la composición nutricional de la guayaba.

Tabla 1- 10: Composición química y nutricional de la Guayaba

Guayaba	
Nombre en inglés:	Guava
Nombre científico:	<i>Psidium guajava</i>
Agua:	80.8g
Energía:	68Kcal
Proteínas:	2.55g
Lípidos Totales:	0.95g
Carbohidratos:	14.32g
Fibra Total:	5.4g
Azúcar Total:	8.92g
Calcio:	18mg
Hierro:	0.26mg
Magnesio:	22mg
Fosforo:	40mg
Potasio:	417mg
Sodio:	2mg
Zinc:	0.23mg
Cobre:	0.23mg
Vitamina C:	228.3mg
Tiamina:	0.067mg
Riboflavina:	0.04mg
Niacina:	1.084mg
Acido Pantoténico:	0.451mg
Vitamina B6:	0.11mg
FolatoTotal:	49mcg
Acido Fólico:	0mcg
Folato alimenticio:	49mcg
Vitamina A:	624UI
	(Unidades internacionales)
Licopeno:	5204mcg
Vitamina E:	0.73mg
Vitamina K:	2.6mg
Ácidos grasos saturados:	0.272g
Ácidos grasos monoinsaturados:	0.087g
Ácidos grasos poliinsaturados:	0.401g
Colesterol:	0mg

Valores por 100 gramos (g) de porción comestible

Fuente: Tomado y adaptado de [30]

1.3 Producción de frutales andinos en Caldas

Para el año 2013 fueron cultivadas un total de 44.388 hectáreas únicamente de frutas y hortalizas en el departamento de Caldas, correspondiente al 5% del área total cultivada a nivel nacional, lo que ubica a Caldas como el octavo productor nacional en este renglón de la economía colombiana; con una producción neta de 431.763 toneladas, equivalente al 4,5% de la producción total de Colombia.

Caldas durante el 2013 fue el décimo quinto productor de maracuyá, undécimo de mora, décimo tercero de tomate de árbol, noveno de guayaba y el duodécimo de lulo a nivel nacional. En la tabla 1-11 se muestra la producción total de los frutales mencionados en toneladas, el área total cosechada en hectáreas, y el porcentaje de participación del departamento a nivel nacional, tanto en producción neta como en área total cosechada y el puesto que ocupa el departamento en el país para los dos indicadores mostrados.

Tabla 1- 11: Producción de frutales andinos en Caldas

Fruta	Área cosechada o (Hectáreas)	% del Área Nacional	Puesto	Producción (Toneladas)	% producción Nacional	Puesto
Guayaba	255	2,1	9	3.014	2,5	9
Lulo	149	2,3	12	1.109	2,0	13
Maracuyá	35	0,7	15	554	0,7	14
Mora	237	2,0	12	2.603	2,8	11
Tomate de árbol	61	0,78	15	1.154	0,9	13

Fuente: Realización propia de los datos reportados en [6]

1.4 Calidad de un producto

La calidad de un producto es un término multívoco, de acuerdo al enfoque teórico que se aborde, las medidas aplicadas y el contexto en el cual es considerado, muchos autores han definido la calidad basándose en diferentes dimensiones objetivas, subjetivas, tangibles e intangibles, en la tabla 1-12 se muestran las definiciones de calidad expuestas por Garvin en 1984 [31], basadas en cinco enfoques, que son consideradas por muchos estudiosos como el mejor acercamiento a la definición de la calidad de un producto o servicio [32]–[35].

Tabla 1- 12: Definiciones de la Calidad basada en enfoques

Enfoque	Definición
<i>Trascendente</i>	La calidad es sinónimo de la excelencia innata de un bien o servicio, es absoluta y universalmente reconocible
<i>Basado en el producto</i>	La calidad es una característica y/o atributo medible de un bien o servicio que diferencia a este de su competencia, haciéndolo más o menos atractivo para el cliente.
<i>Basado en el consumidor</i>	La calidad es el grado con el que se cumplen o exceden las expectativas de un consumidor hacia un bien o servicio determinado.
<i>Basado en la manufactura y la producción</i>	La calidad se define como el cumplimiento de las especificaciones y estándares internos de un bien o servicio con respecto a las expectativas de la empresa que lo fabrica, produce o provee.
<i>Basado en el valor</i>	La calidad es el desempeño de un bien o servicio con precio competitivo.

Fuente: Realización propia de la información reportada en [31]

Lo anterior permite evidenciar que la calidad no es un concepto fácil de definir o interpretar, sin embargo, este puede ser expresado en términos de atributos implícitos que se repiten a través de los enfoques. Estos atributos son:

- El atractivo relativo del producto, bien o servicio.
- El potencial para la sustitución y la diferenciación del producto hacia su competencia en los ámbitos subjetivos y objetivos.

En este orden, el concepto de calidad contiene apreciaciones objetivas y subjetivas, basado en la diferenciación de un producto o servicio y su capacidad para reemplazar o sustituir a similares, así como en la percepción del consumidor. Es por lo anterior que en 1985, Garvin propuso la subdivisión de la calidad del producto en ocho dimensiones para facilitar su correcto análisis [36]. En la tabla 1-13 se muestran las definiciones para cada una de estas dimensiones.

Tabla 1- 13: Dimensiones de la Calidad

Dimensión	Definición
<i>Desempeño</i>	Características primarias y especificaciones básicas de un bien o servicio. Esta dimensión incluye los atributos medibles
<i>Prestaciones</i>	Características secundarias o complementarias, las cuales mejoran el atractivo del producto al consumidor.
<i>Fiabilidad</i>	Es la probabilidad de que un producto no fallará en un tiempo específico.
<i>Conformidad</i>	Es el grado de cumplimiento de los estándares y requisitos mínimos de un producto o servicio.
<i>Durabilidad</i>	Vida útil de un producto.
<i>Capacidad de servicio</i>	Es la facilidad, velocidad y capacidad con la que el producto se puede poner en servicio cuando se rompe o falla.

<i>Estética</i>	Respuesta del cliente a características físicas del producto.
<i>Percepción</i>	Calidad percibida por el cliente, basada en la imagen, marca, reputación, etc.

Fuente: Realización propia de los datos reportados en [36]

1.5 Calidad en alimentos

La calidad de los alimentos es un término subjetivo y objetivo [37], que se puede definir como el nivel de las características de un alimento que es aceptable para el consumidor. Esto incluye factores externos como apariencia (tamaño, forma, color, brillo, y consistencia), textura, aroma, sabor, etc. También, factores legales, es decir el cumplimiento de leyes y normativas nacionales e internacionales, así como factores internos (químicos, físicos y microbiológicos) [38]. La calidad e inocuidad de los alimentos ha sido el objetivo principal del codex alimentarius desde su fundación en 1962.

Como requerimiento industrial y comercial la calidad de los alimentos es muy importante, dado que los consumidores son susceptibles a cualquier forma de contaminación que pueda ocurrir durante cualquier operación o procedimiento llevado a cabo a través de la cadena de valor del alimento. La calidad de los alimentos incluye el conocimiento por parte del consumidor final acerca de los aditivos, ingredientes y componentes químicos del alimento con el fin de evitar intoxicaciones, alergias, etc., Así mismo, la calidad incluye la trazabilidad del producto, empaques, aditivos y cualquier sustancia que haya estado involucrada en la fabricación y/o distribución de este [39]. En la tabla 1-14 se muestran aspectos de calidad de los alimentos en términos de las ocho dimensiones de la calidad.

Tabla 1- 14: Dimensiones de la Calidad aplicadas a la industria de alimentos

Dimensión	Definición
<i>Desempeño</i>	Incluye los atributos sensoriales, nutricionales y de salubridad, los consumidores esperan alimentos sanos, y con alto valor nutricional y libres de cualquier contaminante.
<i>Prestaciones</i>	Contiene la facilidad para transporte, consumo, procesamiento, etc., así como los atributos funcionales adicionales.
<i>Fiabilidad</i>	Es la correspondencia entre el concepto del producto, las expectativas del consumidor, y lo que entrega el producto.
<i>Conformidad</i>	Hace referencia al grado en el que el producto es consistente en la repetición de catas o repetición de las compras.
<i>Durabilidad</i>	Es la vida de anaquel del producto.
<i>Capacidad de servicio</i>	En un alimento es la facilidad de preparación y/o consumo. El producto debe ser tolerable a posibles abusos por parte del consumidor, durante la

	preparación o el almacenamiento.
<i>Estética</i>	Incluye los atributos sensoriales (color, sabor aroma, etc.) así como el empaque.
<i>Calidad Percibida</i>	Integridad de la marca.

Fuente: Realización propia de la información reportada en [38], [40]–[42]

Aunque las dimensiones anteriores tiene una aceptación relevante entre industriales, clientes y científicos, otros autores, exponen que la calidad de los alimentos se puede expresar en seis dimensiones, las cuales contienen las ocho clásicas de la calidad [40], estas magnitudes y sus definiciones se expresan en la tabla 1-15.

Tabla 1- 15: Dimensiones de la calidad de los alimentos

Dimensión	Definición
<i>Valor Nutricional y Energético</i>	Esta dimensión define la composición química de un alimento, su impacto y la cantidad de energía aportada al cuerpo al ser consumido, es una dimensión medible. La etiqueta de los alimentos es la principal herramienta que permite a los consumidores informarse del valor nutricional y energético de un alimento [43].
<i>Salubridad e Inocuidad del Alimento</i>	Inocuidad se define como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud, está ligada a la trazabilidad del alimento [44]. La salubridad se define como la probabilidad de que un alimento no afecte la salud de un consumidor al ser ingerido [40]. En este dimensión se debe garantizar la inocuidad y salubridad del alimento a través de toda su cadena de distribución [44][45].
<i>Propiedades Funcionales, Nutracéuticas y Tecnológicas</i>	Esta dimensión agrupa la capacidad de una alimento que siendo parte de la dieta diaria (funcional) o consumido por prescripción médica (nutracéutico) ayuda en la prevención y tratamiento de algún padecimiento o enfermedad específica [46][47]. Así mismo, agrupa las propiedades de los alimentos para ser procesados, modificados o de ser utilizados como aditivo en la formulación de otro alimento (tecnológica) [48].
<i>Calidad hedónica y asociada a la cultura.</i>	Hace referencia a la calificación organoléptica que un consumidor hace de un producto, basándose en sus gustos individuales y culturales. Así como la calificación del alimento en la comunidad consumidora. [49].
<i>Percepción en el mercado (marca).</i>	Esta dimensión hace referencia a la capacidad de un alimento de ser distinguido de los otros similares por la reputación de la marca fabricante, está ligada a la calidad hedónica y asociada a la cultura.
<i>Cumplimiento de Estándares.</i>	Esta dimensión define cómo el alimento acata las leyes y estándares nacionales, internacionales y culturales propios de su fabricación, distribución, almacenamiento y comercialización [40][45].

Fuente: Realización propia

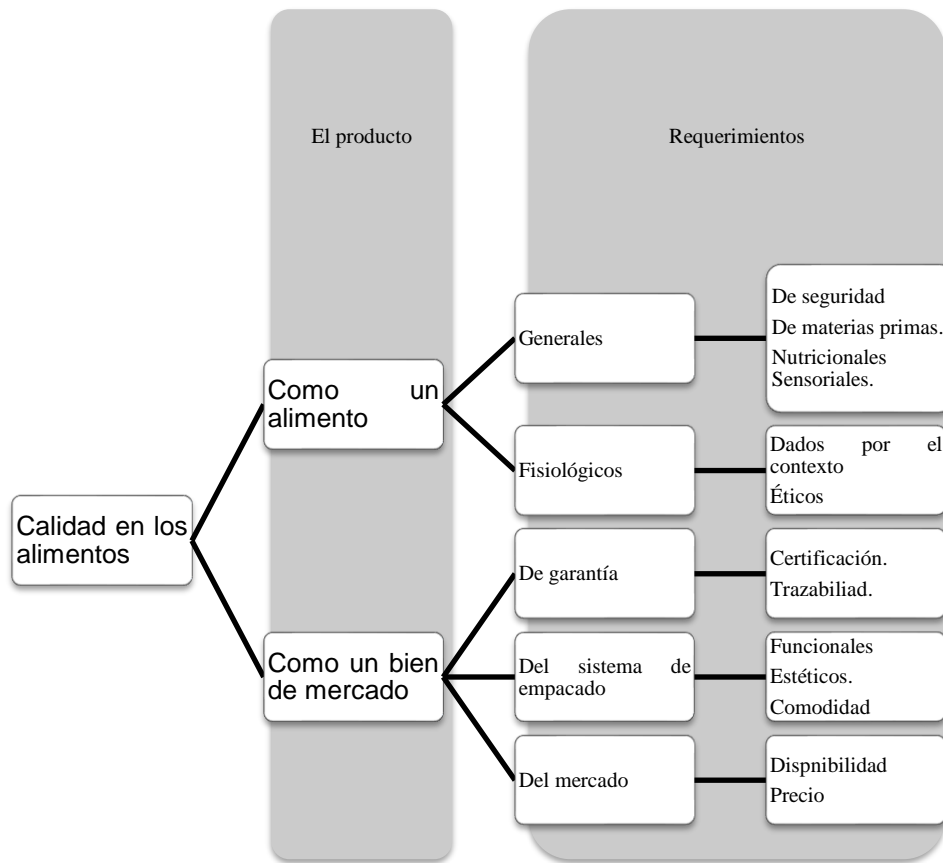
En términos generales, la calidad de un producto se puede definir como la aptitud para el uso y en el caso de los alimentos como la aptitud para el consumo, es decir que la

calidad se expresa como el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los consumidores, cumpliendo con la normatividad vigente. Es por esto que algunos autores definen la calidad de los alimentos como el cumplimiento de un conjunto de requerimientos, de mercado, de producción y de consumo [38][39].

El modelo que define la calidad en los alimentos como un conjunto de requerimientos es mostrado en la ilustración 1-6, estos requerimientos incluyen:

- **Requerimientos de seguridad:** Expresados como la ausencia de factores de riesgo asociados a la salud del consumidor
- **Requerimientos de materias primas:** Expresados como la conformidad en el producto con las leyes nacionales e internacionales.
- **Requerimientos nutricionales:** Expresados como la capacidad de satisfacción de las necesidades nutricionales y la ausencia de riesgos asociados a la salud. de los consumidores.
- **Requisitos sensoriales:** Expresados como la aceptación del cliente hacia las propiedades organolépticas del producto.
- **Requerimientos dados por contexto:** Expresados como la capacidad del producto para satisfacer las necesidades culturales del mercado.
- **Requerimientos éticos:** Expresados como el uso de tecnologías verdes, agricultura orgánica, la conservación del medio ambiente, la conservación de la biodiversidad, etc.
- **Requerimientos de garantía:** Expresados como la trazabilidad del producto (capacidad para identificar el origen de cada uno de los componentes del bien final) y la certificación del proceso (cumplimiento de los estándares nacionales o internacionales para la producción de un bien determinado).
- **Requerimientos del empaque:** Expresados como la facilidad del producto para ser identificado, transportado y conservado, por el diseño de su empaque.
- **Requerimientos del mercado:** Expresados como la disponibilidad del producto en el tiempo justo, la capacidad de producción necesaria, la flexibilidad en los pedidos y la estabilidad del precio en el mercado.

Ilustración 1- 6: Dimensiones de la calidad de alimentos



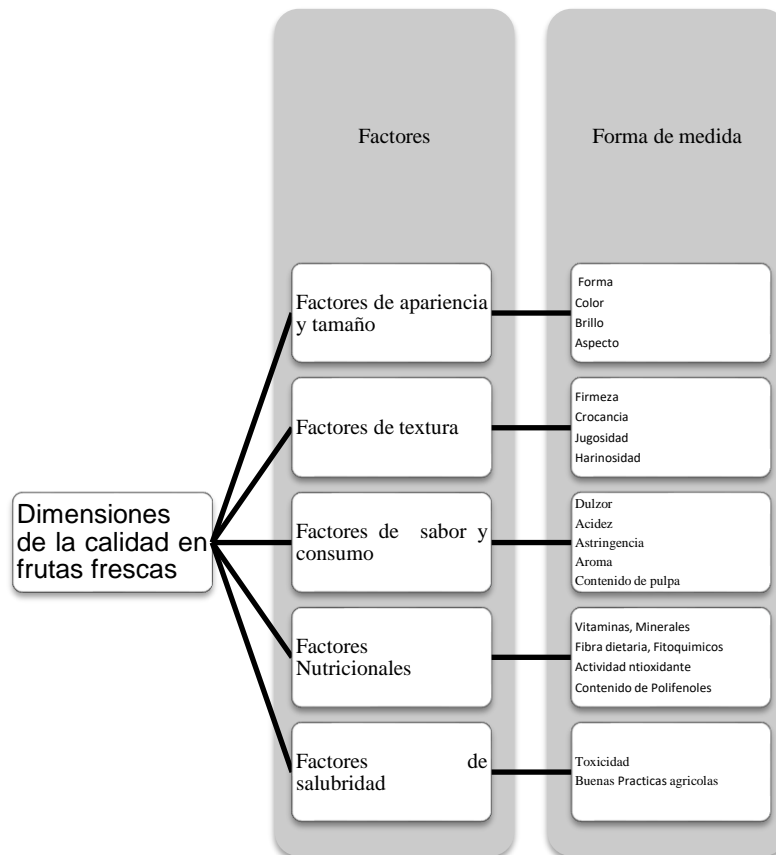
Fuente: Tomado y adaptado de [38]

1.6 Calidad en frutas frescas

Las dimensiones de la calidad de las frutas incluyen factores de apariencia como el tamaño, la forma, el color, el brillo, la ausencia de defectos en la piel (originados luego de la cosecha como resultado del daño de insectos, aves, granizo, lluvia ácida, etc.). Los factores texturales incluyen la firmeza, la crocancia, la jugosidad y la harinosidad. Los factores de sabor y consumo dependen del dulzor (tipos y cantidad de azúcares), acidez (tipos y contenido de ácidos), astringencia (compuestos fenólicos) y aroma (concentración de compuestos volátiles). Los factores nutricionales incluyen el contenido de vitaminas, minerales, fibra dietética y fitoquímicos. Por último, los factores de salubridad, incluyen toxicidad, contaminantes, microorganismos y buenas prácticas

agrícolas [9][10]–[12]. En la ilustración 1-7 se resumen las dimensiones de la calidad en las frutas frescas.

Ilustración 1- 7: Dimensiones de la calidad en Frutas Frescas (adaptado de [48])



Fuente: Realización propia de la información reportada en [10]

Los consumidores consideran que una fruta de alta calidad es aquella que tiene una buena presentación, es firme, presenta un buen sabor y alto valor nutricional, es por esto que, inicialmente los clientes compran las frutas basados en factores de apariencia y textura al tacto, pero las compras posteriores dependen de la satisfacción posconsumo.

En contraste los productores y comercializadores basan la calidad de las frutas en su capacidad de conservación de las propiedades texturales y visuales durante el almacenamiento. No existe un consenso universal que defina la calidad de una fruta dado que la elección de qué medir, cómo medirlo, y qué valores son aceptables, están determinados por el consumidor, la tecnología disponible, la economía y, a menudo, la tradición [50].

1.6.1 Madurez e índices de madurez

La madurez puede definirse como la etapa en la cual la fruta ha alcanzado un estado final de desarrollo apropiado para el consumo. Debido a la ambigüedad del término se han propuesto dos tipos de madurez, la fisiológica y la hortícola [12].

La madurez fisiológica es la etapa en la que una fruta o un vegetal alcanza su máximo desarrollo físico y metabólico, ya sea antes o después de la cosecha, mientras que la madurez hortícola es la etapa de desarrollo en la que una parte de la planta o fruto posee los requisitos mínimos para su uso por los consumidores para un propósito particular. Un producto dado puede considerarse maduro en cualquier etapa de desarrollo desde el punto de vista hortícola [12].

Comercialmente se utiliza la madurez hortícola para evaluar la calidad de un fruto, ésta a su vez es medida a través de índices de madurez, los cuales son propiedades medibles utilizadas para determinar si un fruto está maduro. Estos índices son importantes para el comercio de frutas y verduras frescas, puesto que facilitan la comunicación entre productores, transformadores y comercializadores, estableciendo parámetros cuantitativos, fácilmente medibles que garantizan que las frutas son cosechadas, procesadas y vendidas en el grado de madurez óptimo para cada una de estas operaciones [10], [11], [51].

El grado de madurez de las frutas cosechadas influye sobre el periodo máximo de conservación, sobre la calidad de la fruta, el manejo, el transporte y la comercialización. La comprensión del significado y la medición de la madurez, resulta fundamental para conservación de la calidad del producto [10]–[12], [52].

1.6.2 Características de un índice de madurez

El índice de madurez es una propiedad fácilmente cuantificable mediante técnicas rápidas, económicas y con niveles de capacitación básicos para su manejo. En la tabla 1-16 se muestran los índices utilizados para algunas frutas y verduras comerciales.

El desarrollo de los índices se realiza mediante la siguiente estrategia.

- Identificar los cambios que sufre el fruto durante su desarrollo, cosecha y poscosecha.
- Determinar una característica (tamaño, forma, color, acidez, etc.) que cambie en relación al desarrollo del fruto.
- Definir con la ayuda de paneles sensoriales el valor máximo o mínimo de la propiedad seleccionada en el cual el fruto es aceptado por los consumidores.
- Establecer una relación medible entre la propiedad seleccionada, la calidad y la vida útil del producto. Esta relación es el índice de madurez.
- Probar el índice en cosechas, años o mercados diferentes al cual fue desarrollado y comprobar su consistencia con los resultados iniciales.

Una vez completos los pasos anteriores, se obtiene un índice confiable que relacione una propiedad física, química o microbiológica con el grado de madurez y la calidad de un fruto.

Dada la comercialización de nuevas frutas y verduras en el mercado mundial, ha sido necesaria la creación de índices de madurez diferentes a los clásicos, los cuales se enuncian en la tabla 1-16.

Tabla 1- 16: Índices de madurez para algunas frutas

Índice	Usado en
Días transcurridos desde la plena floración hasta la cosecha	Manzanas y peras
Estructura y morfología de la superficie	Uvas, tomates
Tamaño	Todas las Frutas
Gravedad específica	Cerezas, sandías, patatas
Forma	Bananas, mangos, brócoli, coliflor
Solidez	Lechuga, coles de brúcelas, repollo
Firmeza	Manzanas, peras, drupas.
Ternura	Arvejas
Tenacidad	Asparagus
Color de la piel	Todas las frutas
Contenido de almidón	Manzanas, peras, patatas
Sólidos solubles totales (SST)	Manzanas, peras, drupas
Contenido de ácidos titulables (CAT)	Uvas, granadillas, cítricos, passiforas, melones
Relación SST/CAT	Uvas, granadillas, cítricos, passiforas, melones
Contenido de Pulpa	Todas las frutas
Contenido de jugo	Cítricos
Contenido Graso	Aguacates

Astringencia

Caqui

Concentración interna de Etileno

Manzanas

Fuente: Tomado y adaptado de [51], [53]

1.6.3 Índices de madurez comunes

Los índices de madurez presentados en la tabla 1-16 se definen como:

- **Color de piel:** El color es la respuesta visual que se genera en el cerebro de algunos seres vivos al estímulo a diferentes longitudes de onda de luz [54]. Este factor se aplica comúnmente a las frutas para establecer el momento de cosecha o consumo, luego de la cosecha solamente para frutas climatéricas.
- **Métodos ópticos:** Las propiedades de transmisión de luz se pueden utilizar para medir el grado de madurez de las frutas, puesto que está relacionado directamente con el contenido de clorofila, carotenoides y otras sustancias de importancia en las frutas y vegetales.
- **Forma:** Es la configuración externa de la fruta [54], permite identificarla y diferenciarla. La forma de las frutas y vegetales cambia durante la maduración (pre y poscosecha) y se utiliza comúnmente como una característica para determinar la madurez de un cultivo.
- **Tamaño:** Es la propiedad que define que tan grande o pequeña es una fruta. Los cambios en el tamaño de un cultivo (fruta o vegetal) en crecimiento se utilizan con frecuencia para determinar el tiempo óptimo para iniciar la recolecta.
- **Aroma:** Es la sensación o impresión que los efluvios de las frutas o vegetales producen en el olfato. La mayoría de las frutas sintetizan sustancias químicas volátiles a medida que maduran, los productos químicos generados dan a la fruta su olor característico y son empleados como parámetros para determinar si está madura. Esta propiedad puede ser detectada por los consumidores, y por lo tanto tiene un uso limitado en situaciones comerciales.
- **Cambios de la hoja:** La calidad de la hoja a menudo determina cuando las frutas y verduras deben ser cosechadas. En los cultivos de raíces, la condición de las hojas puede indicar asimismo la condición del cultivo por debajo del suelo.
- **Abscisión (separación de la planta):** Como parte del desarrollo natural de una fruta se forma una capa de abscisión en el pedicelo, el grado de separación se utiliza para establecer un tiempo viable de cosecha.

- **Firmeza:** Se define como la fuerza que se debe realizar para penetrar en la piel de un fruto. La textura de una fruta puede cambiar durante la maduración, especialmente luego de la cosecha, en donde esta tiende a ser más suave por la pérdida excesiva de agua.
- **Contenido de Pulpa:** Es la relación de masa total de pulpa consumible sobre la masa total del fruto, se utiliza para evaluar la madurez durante el desarrollo de la planta [55].
- **Contenido de Jugo:** Se define como el volumen de zumo que puede ser obtenido de 100g de fruta. El contenido de jugo de muchas frutas aumenta a medida que el fruto madura en el árbol, una fruta puede considerarse madura al superar un valor específico de contenido de zumo.
- **Porcentaje de materia seca:** Se define como cantidad de material sólido presente en 100g de fruta. Una fruta puede considerarse madura al superar un porcentaje específico de materia seca.
- **Contenido de aceite:** Es la cantidad de aceites en una muestra de 100g de fruta o vegetal. Se utiliza para evaluar el grado de madurez en frutos con alto contenido graso, como el aguacate y los frutos secos.
- **Humedad:** Es la relación de agua en una fruta o vegetal con respecto a la masa total de esta, es complementaria con el contenido de material seco y se utiliza para evaluar la madurez antes y después de la cosecha.
- **Azúcares:** Corresponde a la cantidad de carbohidratos de cadena corta o azúcares reductores (sacarosa, fructosa, glucosa) por cada 100g de fruta. Es un parámetro que varía a través de la vida en cultivo y poscosecha de los frutos y vegetales y está asociado a la aceptación de diferentes frutos por los consumidores.
- **Contenido de almidón:** Equivale a la masa de almidón en una muestra de 100g de fruta o vegetal, la medición del contenido de esta macromolécula es una técnica fiable utilizada para determinar la madurez de frutos con alto contenidos de almidón como lo son la pera, la papa, la yuca, etc.
- **Acidez:** Este índice representa la cantidad de ácido, expresado normalmente en el ácido mayoritario de la fruta en 100g de muestra. En muchos frutos, existen cambios de acidez durante la maduración, en el caso de los cítricos, disminuye en el tiempo.

- **Gravedad específica:** La gravedad específica es la gravedad relativa, equivale al peso de sólidos o líquidos, en comparación con agua destilada pura a 62 ° F (16,7 °C), que se considera la unidad. Se espera que una fruta madura presente una gravedad específica a la del agua menor a la unidad. Es empleado normalmente en la definición del grado de madurez de una fruta luego de su cosecha.
- **Actividad enzimática:** Este parámetro es la concentración efectiva de enzimas por unidad de volumen o masa de fruta, usualmente disminuye en el tiempo y es causante del deterioro enzimático y el metabolismo de la fruta.
- **Contenido de polifenoles:** Los polifenoles son compuestos producidos por el metabolismo secundario de las plantas, estos se relacionan directamente con algunas características de los alimentos como son el sabor, color, la palatabilidad y el valor nutricional, se reportan en equivalentes de ácido gálico por 100g de muestra [56].
- **Capacidad antioxidante:** Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la capacidad de óxidos y radicales libres en el organismo, se cuantifican en equivalentes de ácido ascórbico en 100g de muestra [57].

1.6.4 Factores que afectan la calidad de las frutas frescas

La calidad de la fruta luego de su cosecha depende de la naturaleza genética, de las buenas prácticas agrícolas, de las condiciones climáticas, del nivel de madurez al momento de la cosecha, de la metodología de colecta, de las condiciones y el tiempo de almacenamiento hasta su consumo; así mismo, la calidad de las frutas está directamente relacionada con el empaque empleado (si existe alguno), la humedad relativa, la temperatura, la luminosidad y la calidad microbiológica del ambiente de almacenamiento o transporte [51],[52].

En la tabla 1-17 se describe cómo las condiciones de cultivo y las prácticas durante la cosecha afectan la calidad final de las frutas.

Tabla 1- 17: Factores que afectan la calidad de las frutas

Factores	Efecto
<i>Genéticos</i>	La naturaleza del fruto y su perfil genético definen la forma de maduración y la velocidad de desarrollo o maduración a condiciones normales, la utilización de cepas mejoradas ofrece un mejoramiento en la calidad esperada de una fruta.
<i>Del cultivo</i>	Luminiscencia: La baja intensidad de la luz durante el crecimiento del fruto

produce bajos contenidos de ácido ascórbico y azúcares.

Temperatura: Los cambios en este parámetro afectan el metabolismo de la planta, haciendo que la concentración de minerales varíe en gran medida entre cosechas.

Lluvias: La ausencia de lluvias puede causar deficiencias de agua en la planta, generando el desarrollo inadecuado e incompleto del fruto, mientras que el exceso de estas provoca rompimiento de la piel del producto, aumento de la turgencia, la susceptibilidad a daños físicos, disminución en la firmeza y contenido de sólidos.

Contenido de minerales en el suelo: la ausencia o el exceso de minerales en el suelo puede generar diferentes cambios en la calidad del producto cosechado, algunos ejemplos son:

El alto contenido de calcio genera un aumento de la vida de anaquel de la fruta o el alto contenido de nitrógeno en el suelo produce disminución en la vida de anaquel del fruto.

Condiciones de la poda: Las prácticas culturales (tiempo entre la siembra y la cosecha) afectan el tamaño, peso y valor nutricional del producto.

De igual manera, el método de cosecha afecta la vida media del producto, los daños físicos y las propiedades texturales del fruto.

*De
almacenamiento*

Daños en la manipulación: Los cortes, agrietamientos, abolladuras, generan un aumento en la pérdida de agua, vitamina C, en la posibilidad de infestación de microorganismos o parásitos

Condiciones de almacenamiento: La temperatura, humedad relativa, y condiciones atmosféricas de almacenamiento desempeñan un factor decisivo en la pérdida de propiedades nutricionales, organolépticas y texturales.

1.6.5 Cambios en la calidad poscosecha (Deterioro)

Las pérdidas de calidad durante la poscosecha de las frutas están asociadas a cambios metabólicos y reacciones con el medio de almacenamiento, los cuales son acelerados o inhibidos por los factores descritos en la tabla 1-17.

A continuación, se enlistan los principales procesos metabólicos que se llevan a cabo durante la poscosecha y almacenamiento y que son causantes de deterioro de frutas y verduras.

- **Respiración:** Es el proceso por el cual los compuestos orgánicos como carbohidratos, proteínas, grasas, etc. presentes en la fruta, se descomponen en sustancias más simples liberando energía y gases de respiración, comúnmente dióxido de carbono (CO₂). La velocidad de deterioro de una fruta es proporcional a su velocidad de respiración. En la tabla 1-18 se muestra la clasificación de las frutas basadas en su razón de respiración en miligramos de dióxido de carbono producidos

en una hora por unidad de masa, clasificándolas en cinco clases. Este proceso metabólico reduce el valor energético, el sabor, el aroma y especialmente la firmeza y el peso.

Tabla 1- 18: Clasificación de las frutas en base a su producción de dióxido de carbono

Clase	Rango a 5°C (mg CO ₂ /kg-hr)	Ejemplos
<i>Muy baja</i>	<5	Nueces y otros frutos secos.
<i>Baja</i>	5-10	Manzana, cítricos, arándanos rojos, uvas, melón, kiwi, calabaza, piña, sandía.
<i>Moderada</i>	10-20	Albaricoque, banana, arándanos, durazno, rábano, tomate, cereza, pera, pepino.
<i>Alta</i>	20-40	Aguacate, mora, zanahoria, frambuesa, fresa.
<i>Muy alta</i>	40-60	Maracuyá, chirimoya,
<i>Extremadamente alta</i>	>60	Espárragos, setas, maíz dulce, arvejas.

Fuente: Tomado y adaptado de [58]

- **Producción de etileno:** El Etileno (C₂H₄) es producido en el metabolismo de la fruta. Como hormona es la encargada de regular diferentes aspectos metabólicos de la maduración y la senescencia de la fruta luego de la cosecha. Las frutas pueden ser clasificadas en función de su producción de etileno; en climatéricas y no climatéricas. En la tabla 1-19 se muestra la clasificación de las frutas basados en su razón de respiración en microlitros de etileno, producidos en una hora por unidad de masa, clasificándolas en cinco clases.

Tabla 1- 19: Clasificación de las frutas en base a la producción de etileno

Clase	Rango a 20°C (µL C ₂ H ₄ /kg-hr)	Ejemplos	Clasificación
<i>Muy baja</i>	<5	Nueces y otros frutos secos.	No climatéricas
<i>Baja</i>	5-10	Manzana, cítricos, arándanos rojos, uvas, melón, kiwi, calabaza, piña, sandía.	No climatéricas
<i>Moderada</i>	10-20	Albaricoque, banana, arándanos, durazno, rábano, tomate, cereza, pera, pepino.	Climatéricas
<i>Alta</i>	20-40	Aguacate, mora, zanahoria, frambuesa, fresa.	Climatéricas
<i>Muy alta</i>	40-60	Maracuyá, chirimoya,	Climatéricas
<i>Extremadamente alta</i>	>60	Espárragos, setas, maíz dulce, arvejas.	Climatéricas

Fuente: Tomado y adaptado de [58]

- **Cambios de coloración:** Gran cantidad de cambios en los pigmentos de la fruta ocurren durante su desarrollo y maduración. Algunos cambios ocurren en la etapa poscosecha.

A continuación, se enlistan los cambios de composición que pueden evidenciar las frutas durante su almacenamiento.

- Descomposición de la clorofila asociada a la pérdida de color verde.
 - Desarrollo de carotenoides (colores amarillo, naranja y rojo).
 - Aparición de antocianinas (colores azul y rojo).
 - Electrólisis de los compuestos fenólicos (aparición de colores marrones).
 - Transformación del almidón en monómeros de azúcares reductores y posterior transformación a CO₂ y agua a través de la respiración.
 - Rompimiento de las pectinas y otros polisacáridos, disminuyendo la firmeza de la estructura de la fruta.
 - Disminución en la concentración de ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos y lípidos, favoreciendo la aparición o desaparición de sabores y aromas propios de la fruta.
- **Pérdida de agua:** Es la causa principal de deterioro de las frutas. Está relacionada con la respiración y la descomposición de macromoléculas en el interior del fruto. Tiene un alto impacto en la textura, generando arrugamiento, encogimiento y pérdida de la firmeza.
 - **Daños fisiológicos:** La exposición de la fruta a temperaturas indeseables puede generar daños irreparables. A bajas temperaturas se producen daños por congelamiento o frío los cuales afectan el fruto por la generación de cristales, provocando pérdida de aromas, sabores, y propiedades texturales. A altas temperaturas conducen a daños por calentamiento, los cuales producen pardeamiento, pérdida de volátiles y aceleran el metabolismo de la fruta.
 - **Daños físicos:** algunos daños como impactos, vibraciones, roces, etc., son producidos después de la cosecha, pueden ocasionar cambios en las propiedades organolépticas y un aumento general de la velocidad de deterioro del alimento en el punto de impacto.
 - **Daño patológico:** Ocurre cuando el producto es contaminado o infestado por macro o microorganismos, haciendo que el alimento no sea apto para el consumo o transformación. Es una pérdida total de la calidad.

1.7 Medición de la calidad en frutas fresca: Vida de anaquel

En el anexo A se encuentran resumidas los principales métodos para la cuantificación de la calidad en frutas frescas, en esta sección se hablará únicamente de la medición de la vida útil de las frutas.

El periodo de tiempo en el cual la calidad del producto disminuye por debajo de los valores mínimos requeridos por el mercado se conoce como vida útil o vida de anaquel en el caso de los alimentos.

La definición de vida de anaquel no es universal, existen diferentes interpretaciones que dependen de la aproximación e interpretación que se haga, algunas de las definiciones más utilizadas para este parámetro comercial son:

- Periodo de tiempo durante el cual la fruta almacenada no se percibe significativamente distinta al producto inicial o recién cosechado [59].
- El tiempo ocurrido entre la fecha de la cosecha y la venta al por menor, durante el cual la fruta mantiene una calidad aceptable, o como el período de tiempo en el que la fruta se conserva óptima para el consumidor en términos de calidad nutricional, textura y apariencia [60].
- El periodo de tiempo en el cual la fruta se mantiene apta para el consumo, conserva sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales y funcionales, y cumple con los datos nutricionales declarados en la etiqueta cuando se almacena bajo las condiciones recomendadas [60].

La cuantificación de la vida de anaquel de una fruta da a conocer el tiempo en el que [61]:

- I. La fruta es seguro para el consumo.
- II. Las propiedades organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas permanecen dentro de los rangos aceptables.
- III. El producto cumple con los requisitos de ley.

En el tiempo de almacenamiento de las frutas ocurren cambios químicos, físicos, microbiológicos y bioquímicos que se derivan de la composición y de los factores ambientales externos [62].

Para determinar la vida útil de una fruta, es fundamental identificar las reacciones de deterioro las cuales están influenciadas por la naturaleza del producto y por factores ambientales externos, posteriormente es necesario seleccionar dos o más indicadores de la calidad del producto que sean de fácil medición, que varíen en el tiempo y que su ausencia o presencia indiquen que la fruta no es apta para su comercialización o consumo, estos indicadores reciben el nombre de índices de fallo o indicadores de deterioro[63].

La determinación de la vida útil de una fruta implica un conocimiento amplio del producto, de sus características químicas, físicas, microbiológicas, así como de las condiciones de procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización, esto ayuda a la identificación de los factores críticos e índices de fallo.

1.7.1 Modelos matemáticos de la vida de anaquel

La velocidad de cambio en la calidad de los alimentos puede expresarse en forma general como una función de la composición y los factores ambientales, como se muestra en la ecuación 1-1[64]..

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_i, E_j) \quad \text{Ec. 1- 1}$$

Donde C_i , son factores de composición, tales como los componentes, los catalizadores inorgánicos, las enzimas, las reacciones de inhibición, el pH, la actividad del agua o la población microbiana; y E_j son factores ambientales tales como, la temperatura, la humedad relativa, la presión total y parcial de los diferentes gases o luz [60],[65]. En la ecuación 1-2 se muestra la forma general diferencial de la variación de la calidad en el tiempo[64].

$$\pm \frac{dQ}{dt} = kQ^n \quad \text{Ec. 1- 2}$$

Donde n es un orden de reacción aparente de la propiedad que denota calidad (Q) y k es una constante de velocidad aparente de deterioro, normalmente el orden de las

reacciones de deterioro varía entre cero y dos, donde los órdenes mayores a 2 son poco comunes[64].

1.7.2 Efecto de la temperatura en la cinética de deterioro.

El efecto de la temperatura en la expresión de velocidad de reacción está incluido en la constante específica k [66]. Generalmente las velocidades de reacción se incrementan con la temperatura; el modelo más utilizado para explicar este fenómeno es el de Arrhenius (ecuación 1-3)[63], [64].

$$\frac{\partial(\ln k_{eq})}{\partial(1/T)} = -\frac{\Delta E_0}{R} \quad \text{Ec. 1- 3}$$

La relación de Arrhenius ha sido teóricamente desarrollada para reacciones moleculares reversibles y experimentalmente estudiada para un gran número de fenómenos químicos y físicos complejos, como la viscosidad, la difusión, la sorción, etc. [67][59]. La ecuación muestra una solución a la ecuación 1-3[63], [64].

$$k_T = k_A e^{-\left(\frac{E_A}{RT}\right)} \quad \text{Ec. 1- 4}$$

Donde k_T es la constante de velocidad de reacción a la temperatura T , k_A es la constante pre-exponencial de Arrhenius, E_A es la energía de activación (en cal/mol), que es la energía necesaria para que la reacción de deterioro ocurra, R es la constante de los gases (1.986 cal/mol- K) y T es la temperatura absoluta (en K). En términos prácticos esta relación muestra que si el valor del logaritmo natural de la constante de reacción determinado a diferentes temperaturas se grafica contra el recíproco de la temperatura absoluta ($1/T$), se obtiene una línea recta y de su pendiente se determina la energía de activación.

1.7.3 Procedimiento general para la determinación de la vida útil de un alimento

Existen dos tipos de metodologías para la determinación de la vida de anaquel de un producto alimenticio, las directas y las predictivas. Las primeras son aquellas que basan su resultado en la medición periódica de los índices de fallo mediante métodos analíticos durante todo el tiempo de vida útil del alimento, las segundas por el contrario, utilizan modelos estocásticos robustos basados en pocas mediciones de un índice de fallo para

establecer el comportamiento de estos en diferentes tiempos de almacenamiento. Estas metodologías pueden usarse por separado o en conjunto sin interferir una con la otra, y su eficiencia dependerá de la correcta identificación y medición de los índices de fallo del alimento[63] [68].

Una vez establecidos los factores críticos y sus límites permisibles, es necesario realizar un modelo de diseño experimental, en el cual se establezcan los métodos de cuantificación, los tiempos de medición y las condiciones de almacenamiento del alimento. Posteriormente se debe completar el plan de experimentación y con los datos obtenidos de éste se deben modelar los cambios de los factores críticos en el tiempo, con el fin de obtener las cinéticas de estos [69]. En algunos casos es necesario comparar los resultados experimentales e instrumentales con paneles de percepción hedónica, con el fin de verificar la veracidad de estos resultados.

1.7.4 Métodos de determinación directa de la vida de anaquel

La determinación de la vida útil por método directo se utiliza para productos de corta duración; en este caso, el producto se almacena bajo condiciones controladas hasta alcanzar el deterioro. Se recomienda almacenar a condiciones fijas bajo las cuales se considere que el producto se conserva, los factores principales son: temperatura, humedad y luz. Este tipo de estudios se llevan a cabo especialmente en productos perecederos tales como frutas, vegetales, cárnicos, etc. [69].

- **Procedimiento general para medir la vida de anaquel por determinación directa**

Existe un número determinado de pasos que deben seguirse en orden cuando se realiza un estudio de vida de anaquel por medición directa.

1. Identificar cuál o cuáles son las causas que hacen que el alimento se descomponga o pase a ser no apto para el consumo, con ayuda de la literatura o conocimiento propio se debe conocer el contexto fisicoquímico del producto, el éxito del procedimiento depende en gran parte de este paso.
2. Seleccionar las pruebas instrumentales, analíticas o sensoriales que se llevarán a cabo con el fin de medir los parámetros seleccionados en el inciso anterior, estos métodos dependerán de la naturaleza del alimento.

3. Planificar la experimentación, para este paso es indispensable establecer la periodicidad de las pruebas, el tiempo total del experimento, el número de muestras por prueba, las condiciones de almacenamiento de las muestras (temperatura, humedad, tipo de empaque, etc.), los equipos requeridos y el número de personas que realizarán el seguimiento de las propiedades del alimento.
4. Realizar la experimentación, las muestras deben almacenarse bajo las mismas condiciones establecidas en el inciso anterior durante el tiempo de experimentación, las muestras deben ser analizadas según los procedimientos establecidos en el inciso 2, y los resultados deben ser analizados instantáneamente con el fin de encontrar datos atípicos o errores de medición que puedan ser descartados con facilidad.
5. Calcular el tiempo de vida útil del alimento, los datos obtenidos deben ser ajustados a un modelo cinético, con este se debe calcular el tiempo máximo de almacenamiento para que el producto permanezca seguro y con aceptación del público.

1.7.5 Métodos de determinación indirecta de la vida de anaquel

Los métodos indirectos son aquellos que predicen la vida de anaquel de un producto sin el desarrollo de un experimento completo, es decir, que tome muestras hasta el completo deterioro del producto. Los métodos más comunes son los métodos acelerados de vida de anaquel y el de estimación probabilística. Este tipo de metodologías se utiliza cuando la validación y/o el estudio completo son muy costosos o pueden retrasar la salida de un producto al mercado[64], [65].

- **Procedimiento general para medir la vida de anaquel bajo condiciones aceleradas**

El procedimiento de los métodos acelerados es similar al de los métodos directos, en este caso se deben incluir por lo menos dos condiciones de almacenamiento con temperaturas diferentes, comúnmente separadas 10°C entre sí, para calcular el factor de aceleración (factor de deterioro (Q_{10})), el cual indica el número de veces que se modifica la velocidad de deterioro de un alimento por una variación de temperatura de 10°C. El Q_{10} está definido por la ecuación (1-5), se deriva de la ecuación (1-4) al dividirse por sí misma:

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T}$$

Ec. 1- 5

1.7.6 Métodos de estimación probabilísticos (Métodos de Monte Carlo)

Estos métodos establecen que las propiedades de los alimentos, incluidos los factores críticos de deterioro no son puntuales, vienen dados por distribuciones de probabilidad: Se utilizan para predecir el deterioro causado por microorganismos o reacciones enzimáticas. El método más común es la microbiología predictiva, en esta se establece una concentración inicial de microorganismos (dada por una distribución probabilística) y una concentración puntual máxima (establecida por ley), se analiza el tiempo en el que el microorganismo alcanza el nivel máximo permitido y como resultado se obtiene la vida útil del producto, es importante resaltar que se obtiene una distribución probabilística de tiempos de vida de anaquel. El tiempo real equivale al tiempo en el que existe una probabilidad mayor al 5% de que el alimento este deteriorado [71].

1.7.7 Métodos multivariados

Las técnicas de análisis multivariado ofrecen un conjunto de herramientas útiles para estudios de vida de anaquel en los cuales se requiere monitorear varios parámetros. Una de las técnicas más aplicadas es el análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), es una técnica descriptiva que permite estudiar las relaciones existentes entre las variables cuantitativas, sin considerar a priori ninguna estructura, ni de variables, ni de individuos [72]. El PCA tiene por objetivo reducir la dimensión de un conjunto de variables y conservar la mayor cantidad de información que sea posible. Esto se logra mediante la transformación a un nuevo conjunto de variables, las cuales no son correlacionadas y se ordenan de modo tal que unas pocas (las primeras) retengan la mayor cantidad de variación presente en el conjunto original de variables.

Lo anterior facilita el trabajo para la clasificación o análisis posterior de los datos [73].

1.7.8 Metodología: análisis multivariado de la vida de anaquel

Siguiendo la convención tradicional en álgebra lineal, en esta sección los vectores están representados por letras minúsculas en negrita, las matrices por mayúsculas en negrita, los escalares por letras en minúscula cursiva y las secuencias por subíndices en cursiva. Se debe seguir el siguiente procedimiento para realizar un análisis multivariado de la vida de anaquel [73]:

1. Para cada condición de almacenamiento, las variables instrumentales deben ser medidas y organizadas en una matriz $\mathbf{X}_T \in \mathbb{R}^{N \times K}$, donde N es el número de puntos en el tiempo donde se realizarán las evaluaciones de los parámetros y K es el número de variables incluidas en el estudio.
2. Las matrices \mathbf{X}_T deben apilarse con las matrices de otras condiciones de estudio, formando una única matriz $\mathbf{X}_T \in \mathbb{R}^{cN \times K}$ donde c denota el número de condiciones de almacenamiento. Esta estructura ascendente de la matriz \mathbf{X} se hace con el fin de mantener las muestras de propagación en un solo espacio multivariable dado que de otra forma se revelarían dependencias de tiempo y de temperatura en el PCA.
3. Dado que las variables medidas se encontrarán en escalas diferentes es necesario realizar la normalización de estas. En una matriz \mathbf{X}_a con columnas de media cero (0) y desviación estándar uno (1). La ecuación 1-6 debe ser usada para realizar este proceso.

$$x_a = \frac{x - \bar{x}_T}{s_K} \quad \text{Ec. 1- 6}$$

Donde x_T es el promedio de valores en la columna y s_k es la desviación estándar de esta.

4. Se debe realizar un PCA en la matriz de X_a , donde se obtendrán las matrices de puntuaciones (T) y de los pesos (L), así como la tabla de varianzas para cada componente principal (PC). Se seleccionará el primer PC que tenga las variaciones más altas y en este se evaluarán las propiedades medidas por el método de pesos y puntuaciones.
5. Se debe crear la matriz $\mathbf{X} \in \mathbb{R}^{cN \times K}$ con las nuevas puntuaciones y debe ser dividida en n matrices $\mathbf{X} \in \mathbb{R}^{N \times K}$.
6. Es necesario construir una tabla de vida útil (resultados PC vs tiempo) para el primer PC, así mismo deben identificar si estos valores están relacionados con el tiempo.

7. Para cada uno de los PC relacionados con el tiempo, se debe identificar su orden de reacción y los parámetros cinéticos multivariantes (ecuación, constantes específica de deterioro (k), etc.) usando las puntuaciones de PC como propiedades y las ecuaciones (1-1) a (1-5).

Las cargas del PCA deben utilizarse para calcular simultáneamente los criterios de corte para la vida de anaquel multivariada y esta puede determinarse de forma convencional (corte de gráficas).

2. Capítulo 2: Justificación

Colombia es un país con una ubicación mundial privilegiada, con un alto potencial para la producción, transformación y exportación de frutas y productos derivados de fruta, puesto que se encuentra en la zona ecuatorial, entre los trópicos de cáncer y capricornio, bañado por dos océanos cálidos, con corrientes de viento que la transitan de norte a sur y de este a oeste, de forma que presenta condiciones climatológicas aproximadamente constantes durante todo el año, clima que solo es regido por la altura sobre el nivel del mar [13]. Estas condiciones han hecho de Colombia un país favorecido para la siembra de cultivos frutales, los cuales han adquirido relevancia entre los diferentes sectores de la economía local, generando un aumento de las áreas destinadas a su siembra. Estas actividades agrícolas se perfilan como una importante alternativa económica dada la creciente demanda de frutas frescas y procesadas en los mercados nacionales e internacionales, por lo que las preferencias se dirigen actualmente hacia el consumo de alimentos frescos, sanos e inocuos, y que tengan un alto contenido de vitaminas y fibra. Aunque los frutos exóticos colombianos se encuentran dentro de las nuevas tendencias del mercado por sus particulares características sensoriales y nutricionales, el posicionamiento de estos alimentos en el comercio internacional se ha visto obstaculizado por la discontinuidad y bajos volúmenes de producción, por la invasión de patógenos y la heterogeneidad de los productos [74].

Los cultivos de maracuyá, lulo, mora, guayaba y tomate de árbol están catalogados como frutales promisorios [75][76], es decir, que tienen alto potencial de mercado, puesto que cuentan con facilidades de cultivo, buenos rendimientos de producción, y alta aceptación entre los consumidores locales e internacionales, sin embargo su corta vida útil después de la cosecha, la infraestructura de cadenas de frío deficiente, la alta variabilidad de las propiedades, etc., generan dificultades para la exportación, altos costos de producción, gran cantidad de desechos, altos tiempos de procesamiento, cambios abruptos en los cronogramas de producción, cambios en la formulación de productos, etc. El análisis de la variación de la calidad ofrece información indispensable para la solución a estos

problemas, ya que a partir de él se pueden establecer además de los modelos de variación de la calidad, los tiempos óptimos entre la cosecha y el procesamiento y/o consumo.

3. Capítulo 3: Objetivos

3.1 Objetivo Principal

Generar modelos que representen la variación de los parámetros que denotan calidad comercial y nutricional para mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), lulo (*Solanum quitoense Lam*), maracuyá (*Passiflora edulis Sims*), guayaba (*Psidium guajava L*) y tomate de árbol (*Cyphomandia betacea Cavendt*) y crear un modelo multivariado que describa el comportamiento general de la calidad para cada fruta.

3.2 Objetivos específicos

- Fundamentar una línea base que soporte la definición de calidad en frutas frescas y que establezca las principales metodologías de análisis de la calidad comercial y nutricional para alimentos.
- Identificar y comparar los principales parámetros de calidad comercial y nutricional para frutas en fresco, expuestos en la literatura, la norma técnica colombiana y los obtenidos de la encuesta a comercializadores.
- Realizar el seguimiento de la evolución de determinadas propiedades físico-químicas de las frutas (color, textura, acidez titulable, sólidos solubles, contenido de polifenoles, contenido de antioxidantes, peso del fruto), en condiciones de conservación específicas.
- Obtener los modelos de variación de las propiedades y características seleccionadas para cada uno de los frutales mencionados.

4. Capítulo 4: Materiales y métodos

4.1 Materiales

4.1.1 Frutas

Las frutas fueron compradas en mercados locales y seleccionadas manualmente de acuerdo a los criterios mostrados en la tabla 4-1.

Tabla 4- 1: Características de las frutas usadas en la experimentación

Fruta	Requerimientos mínimos	Color	Referencia
Guayaba	NTC 1291 (<i>Frutas y hortalizas frescas. Generalidades</i>)[77]	Color 0 : fruto verde oscuro, maduro fisiológicamente	NTC 1263[78] NTC 5093[79] NTC 1267[80]
Lulo			
Maracuyá	- Las frutas deberán ser de la misma variedad.	Color 0 : fruto de color morado con tonalidades verdes hacia la zona central, completamente desarrollado	NTC 4105[81]
Tomate de árbol	-Deberán presentarse frescas y limpias. -Libres de impurezas o cuerpos extraños. -Libres de humedad externa anormal.		
Mora	-Exentas de sabores o aromas extraños -Sin presencia de deshidratación	Color 4: rojo más intenso	NTC 4106[82]

Los frutos seleccionados fueron lavados con una solución de hipoclorito de sodio al 5% con el fin de eliminar levaduras, mohos y otros microorganismos endémicos de la fruta, posteriormente el material fue secado y organizado en estantes para su posterior análisis.

En el anexo B se muestran los resultados de la búsqueda de requerimientos mínimos para frutas frescas según las normas técnicas colombianas y algunos supermercados de la ciudad de Manizales-Colombia.

4.1.2 Reactivos y material químico

En la tabla 4-2 se reportan los reactivos y solventes, los cuales fueron grado HPLC o grado analítico y adquiridos a través de diferentes casas comerciales.

Tabla 4- 2: Reactivos y solventes usados

Reactivos	Casa productora
Hidróxido de sodio	Merck KGaA, Darmstadt, Germany.
Fenoltaleína	Merck KGaA, Darmstadt, Germany.
Reactivo Folin & Ciocalteu's	Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178, EE.UU.
Carbonato de sodio	Merck KGaA, Darmstadt, Germany.
DPPH [•] (α , α -difeníl- β -picrilhidracilo)	Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178, EE.UU.
ABTS ^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico)	Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178, EE.UU.
PDS (Persulfato de potasio)	Merck KGaA, Darmstadt, Germany.
Acetato de sodio	Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178, EE.UU.
Trolox® (Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico)	Sigma Chemical Co., St. Louis, MO 63178, EE.UU.

4.2 Métodos

4.2.1 Vida de anaquel

Los estudios de vida de anaquel fueron desarrollados a 95% de humedad relativa y a una temperatura de 10°C para maracuyá [83], lulo [84], tomate de árbol [85] y guayaba [86], y de 5°C para mora [87], en un cuarto frío ubicado en el instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Para cada día de medición se seleccionaron y analizaron 10 muestras del lote inicial. Los días de análisis y el tiempo del experimento para cada fruta se muestran en la tabla 4-3.

Tabla 4- 3: Días de medición de la vida de anaquel

Fruta	Días de medición	Tiempo total (días)
Guayaba	0, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
Lulo	0, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
Maracuyá	0, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
Tomate de árbol	0, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20	20
Mora	0,1, 2, 3, 4, 5, 6	6

4.2.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso se expresó como un porcentaje de reducción de acuerdo con la metodología desarrollada por Maniwaru *et al* 2015 [88]. Diez muestras de cada una de

las frutas estudiadas fueron separadas del lote inicial; se pesaron al inicio de cada ensayo utilizando una balanza digital (AX324, Parsippany, EE.UU.) para determinar el porcentaje de pérdida de peso. La ecuación (4-1) muestra cómo se calculó este valor; en ella %Pp, P_o y P_i, son el porcentaje de pérdida de peso, el peso inicial y el peso final, respectivamente, para cada uno de los días presentados en la Tabla 4-3.

$$\%Pp = \frac{(P_o - P_i)}{P_o} * 100\% \quad \text{Ec.4- 1}$$

4.2.3 Firmeza

La firmeza se midió por medio de un ensayo de compresión no invasiva con una deformación fija en 2 mm y una probeta 75mm sobre una placa plana, usando un texturómetro Stable MicroSystem (TX.XT.Plus, Godalming, Reino Unido). La prueba se llevó a cabo con una velocidad de test de 1 mm / s, una velocidad post test de 5 mm / s, y una fuerza de compresión de 1 N, de acuerdo con la metodología propuesta por Hertog *et al.* [89]. Dos pruebas separadas 180° una de otra, fueron realizadas en la zona ecuatorial de cada fruta. El valor de firmeza se estimó como el promedio de las dos mediciones. Los resultados obtenidos fueron expresados en Newton (N).

4.2.4 Acidez titulable

La acidez se midió siguiendo la metodología propuesta por la norma técnica colombiana NTC 4623 de 1999 [90]. 10 ml de zumo filtrado de fruta se mezclaron con 10 ml de agua destilada (pH=7.0), posteriormente fueron valorados hasta pH 8.1 (viraje fenolftaleína) con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. Las titulaciones se realizaron por triplicado a cada una de las muestras de fruta fresca. Los resultados se expresaron considerando el ácido mayoritario de cada fruta, ácido cítrico (Ac) para maracuyá [91], lulo [92], tomate de árbol [93] y guayaba [86], y ácido málico (Am) para la mora [94], [95]

4.2.5 Sólidos solubles totales

El contenido total de sólidos solubles (TSS por sus siglas en inglés) fue medido utilizando un refractómetro digital de Brixco (ABBE 3030, Medellín, Colombia), de acuerdo con la metodología sugerida por la norma técnica colombiana NTC 5146 de 2003 [96]. Una gota de zumo de fruta previamente filtrado fue puesta sobre el lente del refractómetro, se midió

el total de g de sólidos solubles por 100 g muestra, las mediciones se realizaron por triplicado. Los resultados fueron expresados en °Brix. Los TSS fueron calculados como el promedio de tres mediciones.

4.2.6 Color de la cáscara

El color de la corteza se midió usando un espectrofotómetro portátil (colorímetro) Konica Minolta (CR-700, Tokio, Japón) en el espacio de color CIELab. Los parámetros de dimensión de color a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul) y L^* (luminosidad) fueron determinados. El ángulo de tono (h^*) se calculó empleando la ecuación 4-2. Se realizaron dos pruebas en lados opuestos en la zona ecuatorial de la fruta, tomando el promedio de los resultados como el valor real [97].

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Ec.4- 2}$$

4.2.7 Medición del contenido de polifenoles totales (CPT)

El contenido de polifenoles totales del extracto se midió utilizando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu de Singleton (1999) con modificaciones [57]. Se mezclaron 150 μ L de extracto con 2,4 mL de agua destilada, 150 μ L de solución de Folin-Ciocalteu (1N) y 300 μ L de carbonato de sodio (20%, w/v). Después de 2 horas de reacción en ausencia de luz, la absorbancia de la muestra fue medida a una longitud de onda de 765 nm empleando un espectrofotómetro (UV/Visible Modelo 6405, Jenway, Felsted, Reino Unido). El contenido de polifenoles totales fue calculado en mg de equivalentes de ácido gálico/ 100 g de muestra (mg GAE/ 100 g fruta).

4.2.8 Determinación de Actividad Antioxidante mediante la inhibición del radical DPPH (α , α -Difenil- β -picrilhidracilo)

El ensayo de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) se llevó a cabo usando el método descrito por Morinova *et al.* (2011), Molyneux *et al.* (2004) y Brand-Williams *et al.* (1995) [98][99][100], en combinación y con algunas modificaciones. Para cada muestra, se preparó una serie de diluciones (3 en total). La reacción se llevó a cabo en cubetas para espectrofotómetro que contenían 150 μ L de extracto y 3 mL de solución 60 μ M de DPPH (Radical α , α -difenil- β -picrilhidracilo disuelto en etanol al 96%, a un valor de absorbancia de 0.700 ± 0.001 a 517 nm). Las soluciones se dejaron reaccionar durante 1 h en

ausencia de luz. A continuación, la absorbancia se midió a 517 nm empleando un espectrofotómetro (UV/Visible Modelo 6405, Jenway, Felsted, Reino Unido), se usó etanol como blanco.

La solución de control se preparó empleando etanol en lugar de la muestra de extracto. La inhibición del radical se calculó empleando la Ecuación (4-3), donde A_o es la absorbancia de la solución control y A_f es la absorbancia de la muestra luego de 60 min de reacción. Se preparó una curva de calibración con solución estándar de Trolox® diluido en etanol (100, 200, 250, 300, 350, 400 y 430 μ M). Los datos del porcentaje de inhibición del radical DPPH· se representaron gráficamente como función de la concentración de antioxidante para obtener la concentración de inhibición de DPPH· en 50% (IC50). Los valores de IC50 se expresaron como μ mol de Trolox ® / 100 g de muestra fresca (TAA - μ mol de Trolox ® / 100 g de fruta).

$$\text{Inhibición de la absorbancia } \lambda_{517} = \left(1 - \frac{A_f}{A_o}\right) \times 100 \quad \text{Ec.4- 3}$$

4.2.9 Determinación de Actividad Antioxidante mediante el ensayo de decoloración del catión-radical ABTS⁺.

El ensayo de decoloración del catión-radical ABTS⁺ de las frutas frescas se determinó con base en el método descrito por Re *et al.* (1999) y Ozgen *et al.* (2006) [101][102], con algunas modificaciones. Cada muestra se diluyó a tres concentraciones diferentes, de tal manera que el porcentaje de inhibición estuviera entre 20-80%. Los ensayos se llevaron a cabo mediante la combinación de 130 μ L de muestra con 3 mL de solución de catión-radical ABTS⁺. Las soluciones resultantes se mantuvieron durante 30 min en ausencia de luz, y luego se midió la absorbancia a 734 nm usando un espectrofotómetro (UV/Visible Modelo 6405, Jenway, Felsted, Reino Unido), se empleó agua tipo I, como solución control. El catión-radical ABTS⁺ se preparó mezclando una solución 7 mM de ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS⁺) con solución 2,45 mM de persulfato de potasio (PDS). Esta mezcla se agitó en un vortex durante 2 min y se dejó en baño de ultrasonido a temperatura ambiente (22 ± 2 °C) durante 20 min, luego se reservó durante 24 h a 4°C en ausencia de luz para alcanzar un estado oxidativo estable. Después de este tiempo, la solución se diluyó con una solución 20 mM de buffer acetato (pH 4,5) hasta una absorbancia de $0,700 \pm 0,01$ a 734 nm.

Se preparó una curva de calibración con solución estándar de Trolox® diluido en etanol (50, 100, 200, 250, 300, 400 y 500 µM). El porcentaje de inhibición del catión-radical ABTS⁺ se calculó usando la misma ecuación empleada en el método de inhibición del radical DPPH. Los valores de IC50 se expresaron como µmol de Trolox® / 100 g de muestra seca (TAA - µmol de Trolox® / 100 g de fruta)

4.2.10 Cálculo del parámetro de calidad adimensional

El parámetro de calidad adimensional (DPQ por sus siglas en inglés) se calculó por medio de un análisis de componentes principales con la ayuda del software Excel® 2015, en conjunto con el complemento XLSTAT® 2016, siguiendo la metodología propuesta por Ferreira *et al* 2006 [73]. Los valores medios obtenidos de las mediciones periódicas de las propiedades físicas químicas de las frutas y los valores límites de dichas propiedades fueron normalizados (con media cero y desviación estándar de la unidad), mediante la ecuación 4-4 se calculó el parámetro de calidad adimensional:

$$x_a = \frac{x - \bar{x}_T}{s_k} \quad \text{Ec.4- 4}$$

Donde x_T es el promedio y s_k es la desviación estándar de una propiedad durante el tiempo de almacenamiento. Los valores normalizados se utilizaron para desarrollar un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) del cual se obtuvieron las matrices de puntuaciones (T) y de los pesos (L), así como una tabla de varianzas para cada componente principal (PC). Se seleccionó el primer PC con las variaciones más altas, obteniéndose de esta forma la participación porcentual de cada propiedad en el DPQ de cada fruta.

5. Capítulo 5: Resultados y Análisis

5.1 Pérdida de peso

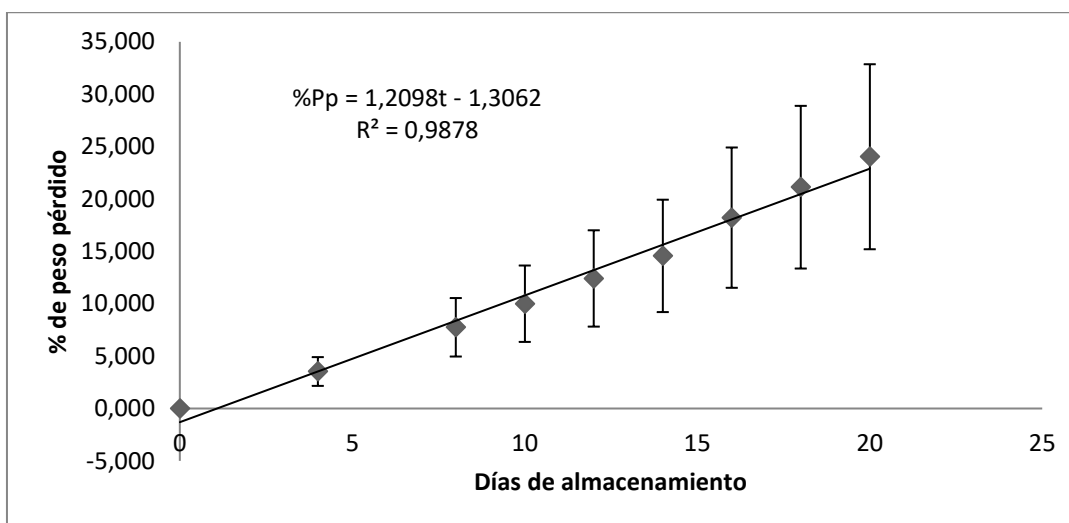
En la tabla 5-1 se muestra el porcentaje promedio (n=10) de peso perdido para los frutos de guayaba, lulo, maracuyá y tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C, y para mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C.

Tabla 5- 1: Pérdida de peso total de los frutales andinos

Fruto	Pérdida de peso promedio (%)
Guayaba ^a	10,410 ± 0,53
Lulo ^a	17,772 ± 5,375
Maracuyá ^a	24,031 ± 8,31
Tomate de árbol ^a	3,63 ± 0,25
Mora ^b	10,131 ± 2,554

Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

La pérdida de masa mostró un comportamiento lineal para las cinco frutas estudiadas. En la ilustración 5-1 se muestra la pérdida de peso promedio (n=10), para el maracuyá durante su tiempo de almacenamiento, en esta se puede apreciar el comportamiento lineal de la evolución de este parámetro.

Ilustración 5- 1: Pérdida de peso del Maracuyá durante su almacenamiento

Como se puede ver en la tabla 5-1, el peso de las frutas disminuyó durante el almacenamiento. Este comportamiento es atribuido normalmente a la pérdida de agua y otros materiales volátiles (aromas y gases de respiración) a través de las membranas más externas de la fruta, cambio influenciado por la diferencia de humedades al interior y al exterior de la fruta, por lo que la temperatura, composición de la atmosfera y método de almacenamiento son factores que influyen en gran medida este parámetro de calidad de las frutas.

Algunos autores han reportado resultados similares para el comportamiento del peso durante el almacenamiento a diferentes condiciones para frutas como tomate [103], bananas [104][105], maracuyá [88], arándanos [106]. En la tabla 5-2 se muestran las ecuaciones que describen el comportamiento de la pérdida de peso en el tiempo y el coeficiente de correlación el cual muestra la bondad del ajuste del modelo.

Tabla 5- 2: Modelos de la pérdida de peso de los frutales andinos

Fruta	Modelo de la pérdida de peso	r^2
Guayaba ^a	$P_p = 0,5552t - 0,8886$	0,9794
Lulo ^a	$P_p = 0,929t - 1,5718$	0,9817
Maracuyá ^a	$P_p = 1,2098t - 1,3062$	0,9878
Tomate de árbol ^a	$P_p = 0,1984t - 0,1454$	0,9804
Mora ^b	$P_p = 1,6903t - 0,5417$	0,9814

^a: 20 días 10°C,HR:95% ^b: 6 días, 10°C HR:95%

Todos los modelos mostrados en la tabla 5-2 presentaron una forma general de función lineal, como se muestra en la ecuación 5-1.

$$Pp = mt - Pp_o$$

Ec. 5- 1:

En donde m es la pendiente, la cual equivale el porcentaje de peso perdido en un día, mientras que Pp_o es el intercepto representando el porcentaje de peso perdido inicial, por lo que su valor es cercano al cero (0%) La variable Pp es el porcentaje de peso perdido en el tiempo y la variable t es el tiempo de almacenamiento en días.

En el anexo C se muestran los valores promedio de la pérdida de peso para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.2 Firmeza

En la tabla 5-3 se muestra el valor inicial y final promedio ($n=10$) de la firmeza en Newtons (N) para guayaba, lulo, maracuyá y tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C, y para mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C.

Tabla 5- 3: Cambio neto de la firmeza durante el almacenamiento de frutales andinos

Fruto	Firmeza (N)	
	Inicial	Final
Guayaba ^a	55,36 ± 2,29	12,522 ± 0,765
Lulo ^a	10,684 ± 1,347	3,862 ± 0,940
Maracuyá ^a	24,67 ± 0,68	2,762 ± 0,388
Tomate de árbol ^a	47,69 ± 1,35	12,21 ± 0,82
Mora ^b	35,80 ± 1,412	12,56 ± 0,544

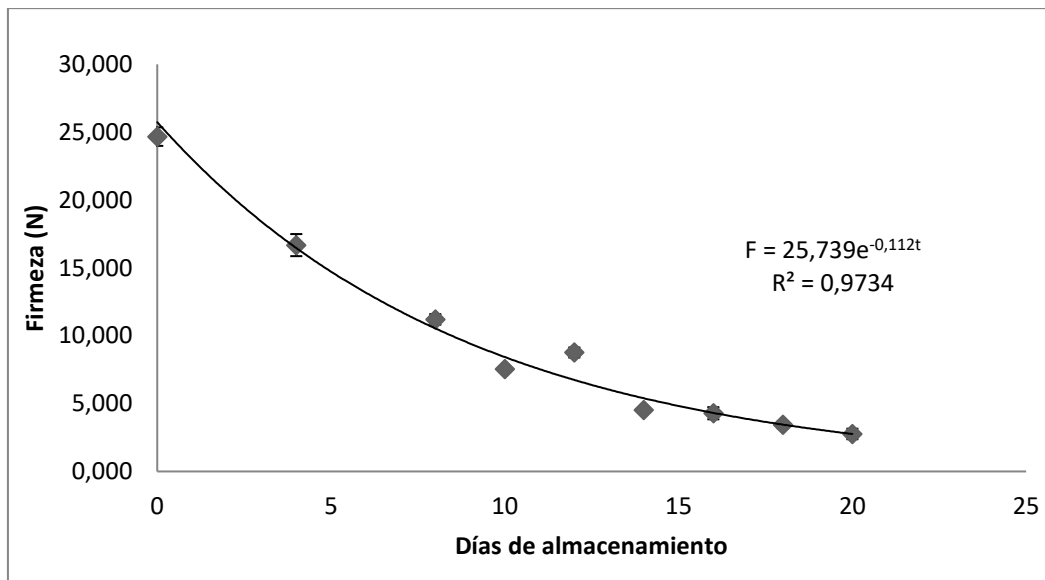
Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Además del color, la firmeza es uno de los factores que más influencia la decisión de compra de los consumidores dado que estos tienden a analizar la frescura y calidad de la fruta mediante la vista y el tacto [107]. En la tabla 5-3 se observa que la firmeza en el eje ecuatorial de las frutas estudiadas disminuyó durante su almacenamiento, esto se podría deber a que en la poscosecha las moléculas que componen la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas) de las frutas se solubilizan, depolimerizan y/o reordenan en moléculas más pequeñas, provocando cambios directos en la rigidez de la pared celular, provocando cambios en la firmeza de las frutas [108][109]. Además, el cambio de ésta propiedad se puede ver afectado por la temperatura y composición de la atmosfera de almacenamiento, así como del nivel de manejo manual que se haga de la fruta durante su cadena de valor, ya que el contacto prologando o los impactos fuertes pueden generar

rompimiento mecánico de la estructura que conforma la pared celular de los tejidos de la cáscara y pulpa, provocando la pérdida de rigidez en la cáscara de la fruta [110].

La firmeza disminuyó exponencialmente durante el tiempo de almacenamiento en frío de las frutas estudiadas. En la ilustración 5-2 se muestra la firmeza promedio (n=10), del maracuyá para cada día de pruebas durante su almacenamiento, se puede apreciar la tendencia exponencial de la disminución.

Ilustración 5- 2: Cambio de la firmeza del Maracuyá



Algunos autores han presentado cinéticas de tipo exponencial para predecir el cambio en la firmeza durante el almacenamiento de frutas frescas como cerezas [111], manzanas [112], bananas [105], entre otras. En la tabla 5-4 se muestran las ecuaciones que describen el comportamiento de esta propiedad durante el almacenamiento a condiciones determinadas de temperatura.

Tabla 5- 4: Modelos de la evolución de la firmeza de los frutales andinos

Fruta	Modelo de la pérdida de firmeza	r^2
Guayaba ^a	$F = 53,365e^{-0,072t}$	0,9879
Lulo ^a	$F = 10,555e^{-0,047t}$	0,9703
Maracuyá ^a	$F = 25,739e^{-0,112t}$	0,9734
Tomate de árbol ^a	$F = 43,159e^{-0,067t}$	0,9783
Mora ^b	$F = 36,11e^{-0,199t}$	0,984

^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Todos los modelos mostrados en la tabla 5-4 presentan una forma general de función lineal descrita por la ecuación 5-2.

$$F = F_0 e^{bt}$$

Ec. 5- 2:

El coeficiente F_0 representa la firmeza inicial promedio de la fruta, el coeficiente b equivale al logaritmo natural de la disminución promedio de la firmeza en newton (N) por día y la constante e equivale a la base de los logaritmos naturales. La variable t es el tiempo de almacenamiento, mientras que F representa la firmeza promedio para t días de almacenamiento.

En el anexo C se muestran los valores promedio de la firmeza para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.3 Color de la cáscara

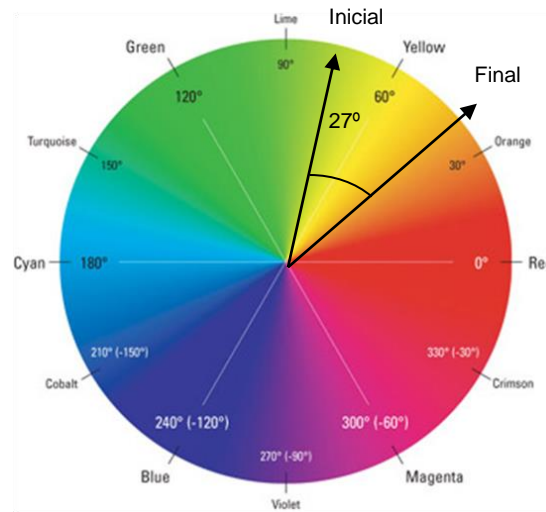
En la tabla 5-5 se muestra el ángulo de tono inicial y final promedio ($n=10$) para Guayaba, Lulo, Maracuyá y Tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C, y para mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C.

Tabla 5- 5: Variación total del ángulo de tono de la cascara de los frutales andinos

Fruto	Angulo de tono(°)	
	Inicial	Final*
Guayaba ^a	89,27±2,0	52,91±7,5
Lulo ^a	85,7±6,5	39,63±2,9
Maracuyá ^a	83,3±5,3	56,6±3,1
Tomate de árbol ^a	85,5±2,8	66,9±4,6
Mora ^b	299,4±6,4	285,1±5,1

Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

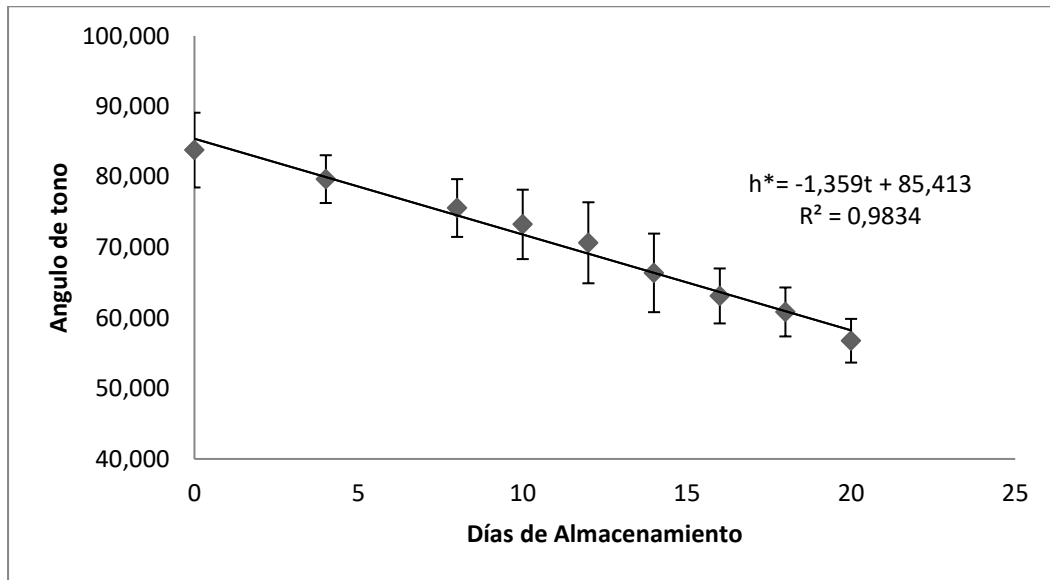
Para todas las frutas se puede apreciar una disminución en el valor del ángulo de tono del color de la cascara, para el caso de la guayaba, el maracuyá y el lulo, el color cambió de tonos verdes a tonos amarillos-naranjas; para el tomate de árbol cambió de tonos verdes a tonos rojos, mientras que para la mora los cambios fueron de tonos violetas a tonos azules. En la ilustración 5-3 se muestra un círculo cromático en el cual se muestra el cambio total en el ángulo de tono para el maracuyá luego de 20 días de almacenamiento refrigerado.

Ilustración 5- 3: Cambio del ángulo de tono del maracuyá

Los cambios en el color de las frutas se deben generalmente a las reacciones metabólicas que ocurren durante el proceso de maduración poscosecha, en donde comúnmente compuestos que otorgan tonos verdes como la clorofila se degradan, haciendo que los compuestos de tonos amarillos (flavonoides), rojos o morados (antocianinas) puedan sintetizarse y/o hacerse visibles [113][114]. La velocidad del cambio de color durante el almacenamiento de frutas se ve afectada principalmente por la temperatura, ya que esta acelera, inhibe o retarda las reacciones metabólicas [105][115]. De la misma forma la composición de atmósfera afecta este parámetro dado que está ligada al metabolismo de la fruta, modificando en algunos casos las rutas metabólicas normales en la fruta como en el caso de atmósferas inertes o modificadas [114]. La presencia de microorganismos, enfermedades durante la cosecha o daños físicos, son factores igualmente importantes que pueden afectar la evolución del color de los frutos durante su almacenamiento, ya que estos fenómenos generan áreas de coloración diferente [51].

El ángulo de tono de las frutas estudiadas disminuyó de forma lineal durante el tiempo de almacenamiento. En la Ilustración 5-4 se muestra el ángulo de tono promedio ($n=10$), del maracuyá para cada día de pruebas durante su almacenamiento, donde se puede apreciar una tendencia lineal de la disminución de este parámetro.

Ilustración 5- 4: Cambio en el ángulo del tono del Maracuyá durante su almacenamiento



Comportamientos similares para la forma en la que cambia el alguno de tono frutas frescas durante su almacenamiento han sido reportados para frutas como el zapote [116], el aguacate [117], y el lulo [92]. En la tabla 5-6 se muestran las ecuaciones que describen el comportamiento del ángulo de tono durante el almacenamiento de las frutas estudiadas en las condiciones de almacenamiento establecidas en el capítulo 3 y el coeficiente de correlación de cada modelo.

Tabla 5- 6: Modelos del cambio de color de la cáscara de frutales andinos

Fruta	Modelo del cambio de color de la cascara	r ²
Guayaba ^a	$h^* = -1,91t + 90,77$	0,9868
Lulo ^a	$h^* = -2,45t + 90,59$	0,9638
Maracuyá ^a	$h^* = -1,35t + 85,41$	0,9834
Tomate de árbol ^a	$h^* = -0,95t + 85,05$	0,9918
Mora ^b	$h^* = -2,06t + 292,69$	0,5079

^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Todos los modelos mostrados en la tabla 5-6 presentan una forma general de función lineal la cual viene definida por la ecuación 5-3.

$$h^* = mt + h_0^* \tag{Ec. 5- 3}$$

En donde m es la pendiente de la recta que representa cambio del ángulo de tono (°) en un día de almacenamiento, el parámetro h_0^* representa el valor inicial medio de esta

propiedad. La variable t es el tiempo de almacenamiento y h^* representa el ángulo de tono promedio para t días de almacenamiento.

En el anexo C se muestran los valores promedio del ángulo de tono para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.4 Acidez titulable

En la tabla 5-7 se muestran los valores iniciales y finales promedio ($n=10$) de la acidez titulable en mg del ácido mayoritario por cada 100g de fruta para Guayaba, Lulo, Maracuyá y Tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C, y para mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C.

Tabla 5- 7: Variación de la acidez titulable

Fruto	Ácido mayoritario	Acidez titulable (mg Ac / 100g)	
		Inicial	Final*
Guayaba ^a	Cítrico	0,735±0,09	0,551±0,047
Lulo ^a	Cítrico	3,450±0,166	2,51±0,109
Maracuyá ^a	Cítrico	5,60±0,451	3,58±0,261
Tomate de árbol ^a	Cítrico	3,027±0,058	2,417±0,085
Mora ^b	Málico	3,560±0,455	2,810±0,401

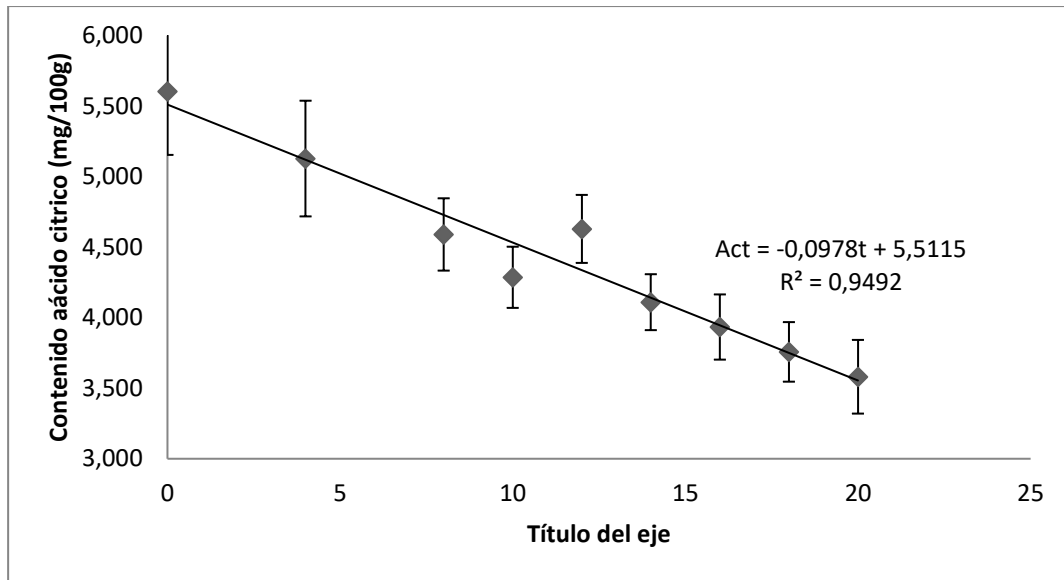
Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

La modificación del contenido de ácidos orgánicos durante el proceso de poscosecha de frutos frescos es de gran interés desde una perspectiva comercial, debido a que la relación entre el contenido de ácidos y azúcares es un parámetro importante para definir la calidad de este tipo de productos. Los cambios en la acidez titulable y pH durante el proceso de maduración son asociados principalmente al metabolismo de los ácidos orgánicos que se transforman en sustancias como azúcares, antocianinas, flavonoides, alcoholes u otros productos de rutas metabólicas como el ciclo de Krebs, ciclo respiratorio, fermentación alcohólica, interconversión de aminoácidos, entre otras [114]. Como se ha mencionado anteriormente, los parámetros como la temperatura, la composición de la atmósfera de almacenamiento o la presencia de daños mecánicos o microbiológicos afectan de manera significativa estas propiedades al estar directamente relacionados a los procesos metabólicos que ocurren durante la etapa de poscosecha.

El contenido de ácidos orgánicos titulables decreció para todas las frutas estudiadas. En la ilustración 5-5 se muestra la evolución del contenido de ácido cítrico promedio ($n=10$)

para el maracuyá almacenado a 10°C durante 15 días, se puede apreciar la tendencia lineal de la disminución de este parámetro en el intervalo de tiempo medido.

Ilustración 5- 5: Cambio de la acidez titulable del maracuyá durante su almacenamiento



Resultados similares para el cambio del contenido de ácidos orgánicos de frutas frescas durante su almacenamiento poscosecha se han reportado para guayaba [86], moras [87], gulupa [118], tomate cherry [119], entre otras. En la tabla 5-8 se muestran las ecuaciones que describen el comportamiento de esta propiedad durante su almacenamiento a condiciones determinadas de temperatura, el coeficiente de correlación y el tiempo total para el cual el modelo fue desarrollado.

Tabla 5- 8: Modelo de la variación de la acidez titulable

Fruta	Modelo de la variación de la acidez titulable	r^2
Guayaba ^a	$Ac_t = -0,0098t + 0,7577$	0,9232
Lulo ^a	$Ac_t = -0,0373t + 3,5486$	0,7653
Maracuyá ^a	$Ac_t = -0,0978t + 5,51$	0,9878
Tomate de árbol ^a	$Ac_t = -0,0305t + 3,0584$	0,9761
Mora ^b	$Ac_t = 0,0474t + 2,9898$	0,0226

^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Todos los modelos mostrados en la tabla 5-8 presentan una forma general de función lineal la cual por la ecuación 5-4.

$$Ac_t = mt + Ac_{t_0}$$

Ec. 5- 4:

En donde m es la pendiente de la recta que representa la disminución del contenido del ácido mayoritario de cada fruta ($\text{gAc}/100\text{g}$) en un día de almacenamiento, el parámetro Ac_{t_0} representa el valor inicial medio de esta propiedad. La variable t es el tiempo de almacenamiento y Act representa el contenido de ácido mayoritario promedio para los t días de almacenamiento.

En el anexo C se muestran los valores promedio de la acidez titulable para cada día de prueba, de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.5 Contenido de sólidos solubles totales

En la tabla 5-9 se muestran los valores iniciales y finales promedio del contenido de sólidos solubles totales en $^{\circ}\text{Brix}$ para Guayaba, Lulo, Maracuyá y Tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C , y para mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C .

Tabla 5- 9: Variación del contenido de los sólidos solubles

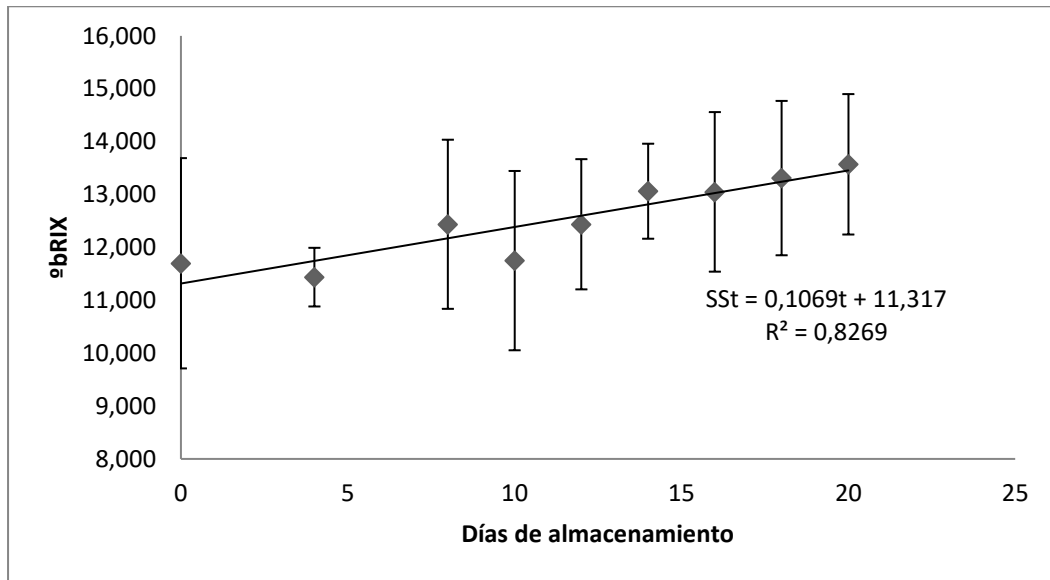
Fruto	Contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$)	
	Inicial	Final*
Guayaba ^a	6,188±0,944	7,688±0,375
Lulo ^a	11,450±0,832	12,750±0,867
Maracuyá ^a	11,700±1,988	13,571±1,328
Tomate de árbol ^a	4,375±0,315	6,125±0,392
Mora ^b	6,570±1,542	8,510±0,582

Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C , HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

El metabolismo de las sustancias que hacen parte de los sólidos solubles (p.ej. azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa) está estrechamente relacionado al procesamiento de los ácidos orgánicos como se mencionó anteriormente [114]. Su síntesis y consumo se asocia a rutas metabólicas como gluconeogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, ciclo respiratorio y fermentación alcohólica, dentro de las cuales participan un gran número de enzimas que se ven afectadas por la temperatura y la presencia de oxígeno, (p. ej. como aceptor de electrones finales en el proceso de respiración) o en donde se libera dióxido de carbono (p. ej. en el ciclo de Krebs en sus reacciones intermedias) por lo que su concentración en la atmósfera circundante cumple un papel fundamental en su comportamiento [120][121].

El contenido de sólidos solubles totales aumentó de forma lineal durante el tiempo de almacenamiento para todas las frutas estudiadas. En la ilustración 5-6 se muestran los valores promedios para 10 frutos de maracuyá durante 15 días de almacenamiento a 10°C, se observa una tendencia al aumento en el valor promedio para la fruta

Ilustración 5- 6: Evolución del contenido de sólidos solubles del maracuyá



Tendencias de incremento lineal del contenido de sólidos solubles totales de frutas frescas durante su almacenamiento poscosecha se han reportado para tomate[122], plátano[123], tomate de árbol[85], entre otras. En la tabla 5-10 se muestran las ecuaciones que describen el comportamiento del contenido de sólidos para las diferentes frutas evaluadas.

Tabla 5- 10: Modelos del cambio del contenido de sólidos solubles de frutales andinos

Fruta	Modelo del cambio de sólidos solubles	r ²
Guayaba ^a	$Sst = 0,06t + 6,1206$	0,3492
Lulo ^a	$Sst = 0,0795t + 20,805$	0,6228
Maracuyá ^a	$Sst = 0,1069t + 11,317$	0,8269
Tomate de árbol ^a	$Sst = 0,0901t + 4,1125$	0,8962
Mora ^b	$Sst = 0,2966t + 5,8971$	0,3205

^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Los modelos descritos en la tabla 5-10 presentan una forma general de función lineal la cual viene dada por la ecuación 5-5.

$$Sst = mt + Sst_0$$

Ec. 5- 5:

En donde m es la pendiente de la recta que representa el aumento del contenido sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) en un día de almacenamiento, el parámetro Sst_0 representa el valor inicial medio, a variable t es el tiempo de almacenamiento y Sst representa el contenido de ácido mayoritario promedio para los t días de almacenamiento.

En el anexo C se muestran los valores promedio del contenido de sólidos solubles totales para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.6 Contenido de polifenoles

En la tabla 5-11 se muestran los valores iniciales y finales promedio ($n=10$) del contenido de polifenoles en mg de equivalentes de ácido gálico/ 100 g de muestra (mg GAE/ 100 g fruta) para Guayaba, Lulo, Maracuyá y Tomate de árbol al ser almacenados durante 15 días a una temperatura de 10°C , y para Mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C , así como la variación neta promedio de este parámetro durante el tiempo de experimentación.

Tabla 5- 11: Variación del contenido de polifenoles

Fruto	mg de equivalentes de ácido gálico/ 100 g de muestra	
	Inicial	Final*
Guayaba ^a	95,759±4,801	101,079±6,079
Lulo ^a	55,367±6,469	58,927±4,572
Maracuyá ^a	49,145±5,699	60,024±3,546
Tomate de árbol ^a	26,244±3,441	32,409±2,606
Mora ^b	30,141±8,503	46,937±9,385

Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C , HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Los polifenoles son un grupo de compuestos que pueden ser encontrados en las plantas, caracterizados por la presencia de sustituyentes fenol [120]. Estos compuestos se subdividen en dos subgrupos, taninos hidrolizables y fenilpropanoides [124]. Los Fenilpropanoides tienen un papel importante en las características de calidad de las frutas maduras y productos de frutas, contribuyen no sólo al sabor característico y color, sino también a los rasgos desfavorables, tales como pardeamiento de los tejidos de la fruta a través de la oxidación enzimática de compuestos fenólicos por medio de enzimas como las polifenoloxidasas. Estos compuestos forman una parte importante de la dieta recomendada en humanos, ya que la actividad antioxidante neutraliza el efecto de radicales libres causantes del envejecimiento y algunos tipos de cáncer [125].

El metabolismo de los polifenoles en las frutas se compone de una serie compleja de reacciones bioquímicas de ramificación. Durante la maduración poscosecha algunos ácidos orgánicos de características fenólicas como el ácido cinámico, el ácido caféico, el ácido felúrico, el ácido clorogénico, entre otros, se entrelazan entre sí formando compuestos polifenólicos, lo cual genera un aumento de estos compuestos en la fruta durante el almacenamiento. De la misma forma, el contenido de polifenoles aumenta ya que la degradación de la clorofila en las frutas con coloración verdes produce flavonoides y carotenoides compuestos de la familia de polifenoles [109], [120], [121].

Para esta propiedad no fue posible desarrollar modelos de variación en el tiempo, debido a que los datos obtenidos no mostraron una tendencia en el tiempo, aunque el valor promedio siempre fue en aumento. Algunos autores han encontrado un aumento lineal en el contenido de polifenoles durante el almacenamiento de frutas frescas como fresa [120], lichí [127], kiwi [128], algunas bayas como mora, fresa, frambuesa [129], etc., entre otras, tendencia que no fue encontrada en este trabajo.

En el anexo C se muestran los valores promedio del contenido de polifenoles para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.7 Capacidad antioxidante

En la tabla 5-12 se muestran los valores iniciales y finales promedio (n=10) de la capacidad antioxidante de las muestras en $\mu\text{mol Trolox } \text{\textcircled{R}} / 100 \text{ g}$ de muestra seca para Guayaba, Lulo, Maracuyá y Tomate de árbol al ser almacenados durante 20 días a una temperatura de 10°C, y para Mora al ser almacenada durante 6 días a 5°C,.

Tabla 5- 12: Variación capacidad antioxidante de antioxidantes totales

Fruto	$\mu\text{mol Trolox } \text{\textcircled{R}} / 100 \text{ g de fruta}$	
	Inicial	Final*
Guayaba ^a	3303,746±117,170	6019,787±246,465
Lulo ^a	1583,239±221,215	3259,451±187,353
Maracuyá ^a	619,888±52,085	1375,821±297,134
Tomate de árbol ^a	1899,788±336,369	2938,512±289,409
Mora ^b	274,992±44,422	334,233±72,619

Valor promedio para 10 frutas ^a: 20 días 10°C, HR: 95% ^b: 6 días, 10°C HR: 95%

Los antioxidantes son moléculas capaces de reducir o prevenir la oxidación de otras moléculas puesto que pueden aceptar electrones en sus estructuras sin desestabilizarse químicamente [129]. Los polifenoles son moléculas antioxidantes, su concentración aumenta luego de la poscosecha de las frutas, razón directa para que la capacidad antioxidante también aumente con el tiempo de almacenamiento [101].

Para esta propiedad no fue posible desarrollar modelos de variación en el tiempo, debido a que los datos obtenidos no mostraron una tendencia en el tiempo, aunque el valor promedio siempre fue en aumento. Algunos autores han encontrado un aumento lineal en la capacidad antioxidante durante el almacenamiento de frutas frescas como lulo [84], maracuyá [88], mora [130], guayaba [86], entre otras.

En el anexo C se muestran los valores promedio de la capacidad antioxidante para cada día de pruebas de los cuales fueron obtenidos los modelos mostrados anteriormente para las frutas estudiadas.

5.8 Parámetro adimensional de pérdida de la calidad

El parámetro adimensional de pérdida de la calidad para las frutas estudiadas fue calculado siguiendo la metodología propuesta por Ferreira *et al* 2006[73] (Capítulo 4, 4.2.11).

El cálculo del parámetro adimensional de pérdida de la calidad se basa en la compresión del espacio abarcado por las variables originales a través de un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés). Este parámetro utiliza las puntuaciones o pesos del PCA como propiedades para la posterior evaluación de la pérdida de calidad el producto en el tiempo [73].

El conjunto de datos inicial tiene que estar adecuadamente arreglado antes del PCA con el fin de retener la información relacionada con el tiempo y las condiciones de almacenamiento (en el Capítulo 4, sección 4.2.11 se establecen los manejos matemáticos necesarios para desarrollar el PCA). Puesto que el PCA puede considerarse un procedimiento de mínimos cuadrados ponderado, los parámetros multivariados pueden interpretarse como promedios ponderados de carga de los parámetros cinéticos obtenidos a partir de las propiedades originales [73].

La principal suposición del parámetro adimensional de pérdida de la calidad es que las reacciones de degradación son la principal fuente de variación en el conjunto de datos porque las muestras tienen inicialmente la misma composición y las condiciones de almacenamiento se controlan adecuadamente. Por lo tanto, el PCA debe estar impulsado por fenómenos relacionados con el tiempo. Además, como los componentes principales (CP por sus siglas en inglés) se extraen en un orden decreciente de la varianza acumulada, se espera que los primeros vectores propios contengan la variabilidad y la relación con las reacciones de degradación y que los vectores posteriores describan el ruido o procesos no relacionados con la degradación del producto [73].

Una característica importante del parámetro adimensional de la pérdida de la calidad es que los parámetros que presentan valores grandes no varían necesariamente con el tiempo: pueden presentar los mismos valores extremos durante todo el estudio. Esto es particularmente cierto si las muestras se almacenan a bajas temperaturas en las que las reacciones de degradación se detienen virtualmente [73].

El análisis de componentes principales realizado en el software Excel 2016 con el complemento XLSTAT 2016, en donde obtuvieron las relaciones de variabilidad entre todos los parámetros medidos en familias de componentes principales. Todos los parámetros se tomaron con tendencia a la disminución, por lo que los valores de los parámetros que aumentaron durante el tiempo de medición fueron recalculados con su inverso, para facilitar el manejo matemático.

Para todas las frutas estudiadas se realizó el PCA para el total de días de análisis y para las propiedades de pérdida de peso, firmeza, ángulo de tono, acidez titulable y contenido de sólidos solubles, debido a que estas mostraron un cambio dependiente del tiempo y correlacionable durante el almacenamiento.

En la tabla 5-13 se muestran los pesos obtenidos del análisis de componentes realizado a los datos obtenidos de la medición de propiedades durante el almacenamiento del maracuyá.

Tabla 5- 13: Pesos de los componentes principales obtenidos para el Maracuyá

Propiedad	Ponderación Parámetro Adimensional de la Calidad (%)				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Peso perdido	20,88	0,53	26,65	4,72	47,21

Firmeza	19,35	31,99	25,98	22,68	0,00
Angulo de tono	20,92	1,18	21,27	3,99	52,63
Acidez titulable	20,50	11,26	0,01	68,23	0,00
Contenido de sólidos solubles	18,34	55,04	26,08	0,37	0,16
Variabilidad (%)	93,92	4,45	1,22	0,36	0,04
% acumulado	93,92	98,38	99,60	99,96	100,00

En el PCA desarrollado, los Componentes principales 1 y 2 (CP1 Y CP2 respectivamente) representan el 98% de la variabilidad del conjunto original de datos, una cantidad razonable de información teniendo en cuenta la variabilidad intrínseca de las propiedades originales (esta variabilidad inicial se puede apreciar en los modelos desarrollados en las secciones anteriores de este capítulo).

El CP1 muestra una distribución uniforme de la influencia de las propiedades iniciales sobre el parámetro adimensional de calidad, numéricamente se puede apreciar un valor cercano al 20% de contribución total para cada uno de las propiedades. Esta distribución uniforme en este componente principal que es el contiene el 95,92% de la variabilidad inicial de los datos (ver tabla 5-13) demuestra que todas las propiedades seleccionadas cambiaron de forma similar durante el tiempo de almacenamiento.

El parámetro adimensional de la calidad (P_{Ac}) del maracuyá viene dado por la ecuación 5-6

$$P_{Ac} = 20,88P_p + 19,35F + 20,92h^* + 20,50Ac_t + 18,34Sst \quad \text{Ec. 5- 6:}$$

Este parámetro es válido para los rangos mostrados de pérdida de peso, firmeza, ángulo de tono, acidez titulable y contenido de sólidos solubles mostrados en el presente capítulo. Con la ecuación 5.6 puede calcularse el valor límite de la calidad de aceptación del maracuyá, tomando los valores límites individuales para cada una de las propiedades mostradas en la ecuación y normalizando sus valores con la ecuación 4-4.

En la tabla 5-14 se muestran los valores límites de calidad para el maracuyá, como un porcentaje del valor inicial promedio y el valor límite normalizado.

Tabla 5- 14: Valores Límite Maracuyá

Propiedad	Valor Inicial	Porcentaje de cambio	Valor máximo admisible	Valor límite Normaliza
-----------	---------------	----------------------	------------------------	------------------------

				do
Peso perdido (%)	100%	25%	25,000	-1,578
Firmeza (N)	24,673	25%	18,504	1,263
Angulo de tono	83,801	25%	62,850	-0,797
Acidez titulable (mgAc)	5,605	25%	4,203	-0,302
Contenido de sólidos solubles (°Brix)	11,700	15%	13,455	-1,344

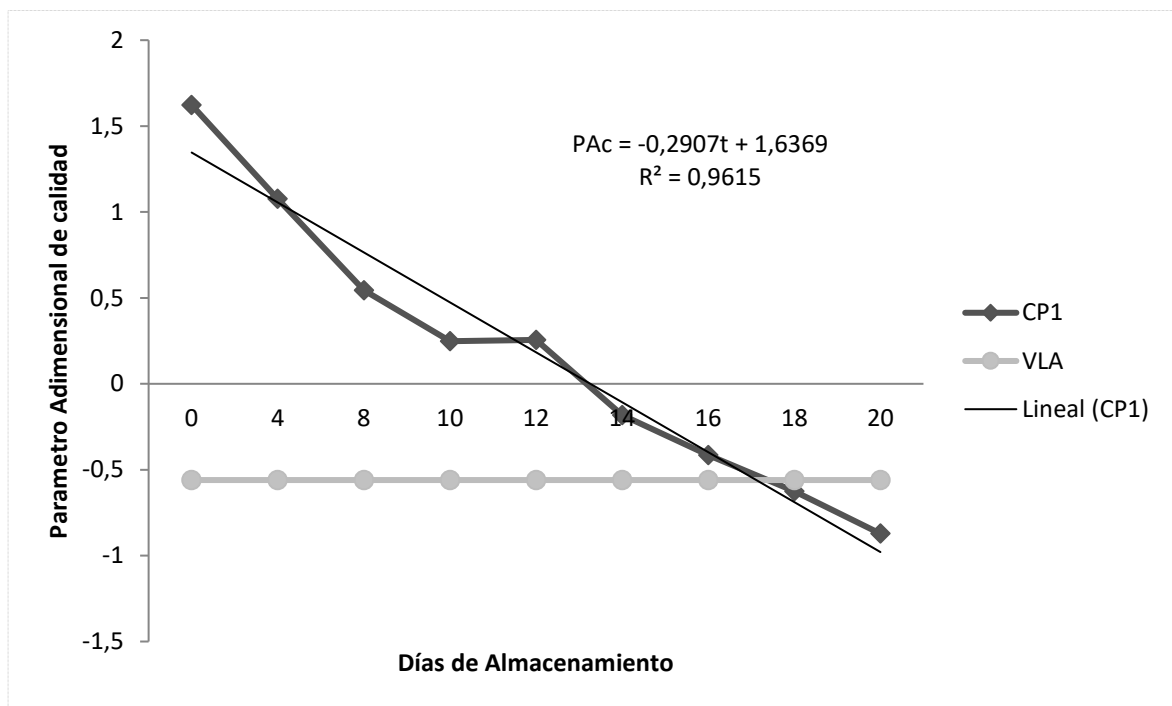
Utilizando la ecuación 5-6 y los valores límites normalizados de la tabla 5-16 se obtuvo el valor límite del parámetro adimensional de calidad del maracuyá (VLA)

$$VLA = -0,5602$$

Ec. 5- 7:

En la ilustración 5-7 se muestra el cambio del parámetro adimensional de la calidad del maracuyá, esta grafica incluye la bondad del ajuste y el valor limite adimensional.

Ilustración 5- 7: Evolución parámetro adimensional de calidad Maracuyá



El tiempo de la vida de anaquel del maracuyá fue calculado con la ecuación 5-8 la cual representa la variación del parámetro adimensional de la calidad (PAC) en el tiempo, despejando la variable tiempo (t) y tomando como valor del parámetro adimensional de calidad (PAC) el valor límite de este es decir VLA (ecuación 5-7).

$$PAC = -0,2907t + 1,6369$$

Ec. 5- 8:

La vida de anaquel de maracuyá en términos del parámetro adimensional de la calidad fue de aproximadamente dieciocho (18) días

En la Tabla 5-15 se muestran los modelos de calidad adimensional para las demás frutas, junto con su valor adimensional límite y el tiempo de vida de anaquel a las condiciones de almacenamiento establecidas en el capítulo 4.

Tabla 5- 15: Resumen Parámetro adimensional de calidad

Fruta	Modelo adimensional de calidad	Bondad de ajuste	Valor límite adimensional	Tiempo de vida de anaquel (días)
Lulo	$21,981P_p + 19,820F$ $+ 21,685h^*$ $+ 19,597Ac_t$ $+ 16,918Sst$	0,9744	0,6795	18
Tomate de Árbol	$20,59P_p + 18,57F$ $+ 20,77h^*$ $+ 20,41Ac_t$ $+ 19,63Sst$	0,9951	-4,68	52
Guayaba	$23,245P_p + 20,372F$ $+ 22,760h^*$ $+ 23,048Ac_t$ $+ 10,575Sst$	0,9962	-1,19	21
Mora	$33,936P_p + 33,760F$ $+ 20,575h^*$ $+ 1,251Ac_t$ $+ 10,479Sst$	0,9627	-1,046	6

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Se definió el concepto de calidad en frutas frescas como el conjunto de cualidades físicas, químicas, sensoriales y de mercado llamadas índices de madurez que combinadas establecen la aptitud para la comercialización, garantizando la inocuidad y seguridad del consumidor final. Con base en la búsqueda de información científica, información oficial y por medio de la realización de encuestas a almacenes de grandes superficies de la ciudad de Manizales.

Fueron identificadas, definidas y clasificadas las principales propiedades, metodologías, tecnologías y herramientas que se utilizan para cuantificar la calidad de las frutas frescas, y se seleccionaron como parámetros críticos de calidad de los frutales andinos la pérdida de peso, la firmeza, el cambio de color de la cascara, el contenido de sólidos solubles totales, la acidez titulable y la calidad nutricional (contenido de polifenoles y capacidad antioxidante).

De la medición periódica de las propiedades de las frutas frescas se generaron modelos cinéticos que describen la variación de los índices de madurez seleccionados (sin incluir al contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante) durante el almacenamiento a 10°C para maracuyá, tomate de árbol, lulo y guayaba, y para la mora cuando fue almacenada a 5°C.

Para cada una de las frutas estudiadas en esta investigación se obtuvo un modelo multivariable y un parámetro adimensional que cuantifica la calidad total del producto, como la combinación lineal ponderada de los parámetros pérdida de peso, firmeza, cambio de color de la cáscara, contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable.

La vida de anaquel promedio para maracuyá fue de dieciocho (18) días , de cincuenta y dos (52) días para el tomate de árbol, dieciocho (18) días para el lulo y veintidós (22) días

para guayaba cuando fueron almacenados a 10°C. Para la mora la vida de anaquel promedio fue de seis (6) días al ser almacenada a 5°C.

6.2 Recomendaciones

La metodología utilizada para el cálculo del parámetro adimensional de calidad mostrada en el capítulo 5 puede ser utilizada para cualquier tipo de fruta.

Los modelos de variación de los parámetros fisicoquímicos y del parámetro adimensional de calidad mostrada en el capítulo 5 puede utilizarse para describir el comportamiento poscosecha general del maracuyá, guayaba, tomate de árbol, lulo, y mora en las condiciones de almacenamiento establecidas en el capítulo 4, es decir 5°C y 95% de humedad relativa para la mora, y 10°C y 95% de humedad relativa para el resto de las frutas mencionadas.

Se invita a realizar estudios de vida de anaquel complementarios que validen los modelos obtenidos y que contribuyan a describir de forma más acertada la forma en que varía la calidad de los frutales andinos durante su almacenamiento.

En estudios próximos del mismo tipo, se recomienda utilizar técnicas no destructivas como las mostradas en el anexo C que midan los valores de los índices de calidad de las frutas sin afectar la matriz del alimento, con mayor precisión y exactitud, con el fin de disminuir la propagación del error debido a las variaciones intrínsecas de la fruta y/o por fallos humanos durante la experimentación.

6.3 Producción Científica

6.3.1 Capítulo de libro

Carlos E. Orrego, Sergio L. Parra, Erika K. Méndez. Más Allá de la Fruta Fresca. Tendencias y Oportunidades de Productos Derivados de Fruta, en: Alternativas innovadoras para la agregación de valor de las frutas colombianas. *SBN: 9789587755220 ed: Universidad Nacional De Colombia, v., p.17 - 42 ,2015*

6.3.2 Ponencias

Carlos E. Orrego, Gloria I. Giraldo, Sneyder Rodriguez, Natalia Salgado, Sergio L. Parra y Diana L. Manrique. Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos. III Congreso internacional de calidad y seguridad alimentaria ACOFESAL. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Valencia, España.

Carlos E. Orrego, Gloria I. Giraldo, Juan D. González, Juan C. Ocampo, Sergio L. Parra y Doménica Vallejo. Efecto de recubrimientos comestibles en el cambio de propiedades fisicoquímicas de guayaba (*Psidium guajava*) refrigerada. III Congreso internacional en investigación e innovación en ciencia y tecnología de alimentos –IICTA 2016. Universidad Nacional de Colombia Sede. Bogotá, Colombia.

Carlos E. Orrego, Gloria I. Giraldo, Juan D. González, Juan C. Ocampo, Sergio L. Parra y Doménica Vallejo. Efecto de atmósfera pasiva en el cambio de propiedades fisicoquímicas de tomate de árbol refrigerado (presentación oral), XIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CONACTA 2016), Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

7. Anexo A: Metodologías para la medición de la calidad de frutas frescas

7.1 Introducción

La calidad de las frutas como se describió en el capítulo I implica el grado de excelencia de un producto o su idoneidad para un uso particular. La calidad es una construcción humana que comprende muchas propiedades o características, abarcando propiedades organolépticas (aspecto, textura, sabor y aroma), valores nutritivos, constituyentes químicos, propiedades mecánicas, propiedades funcionales y defectos [9][10]–[12].

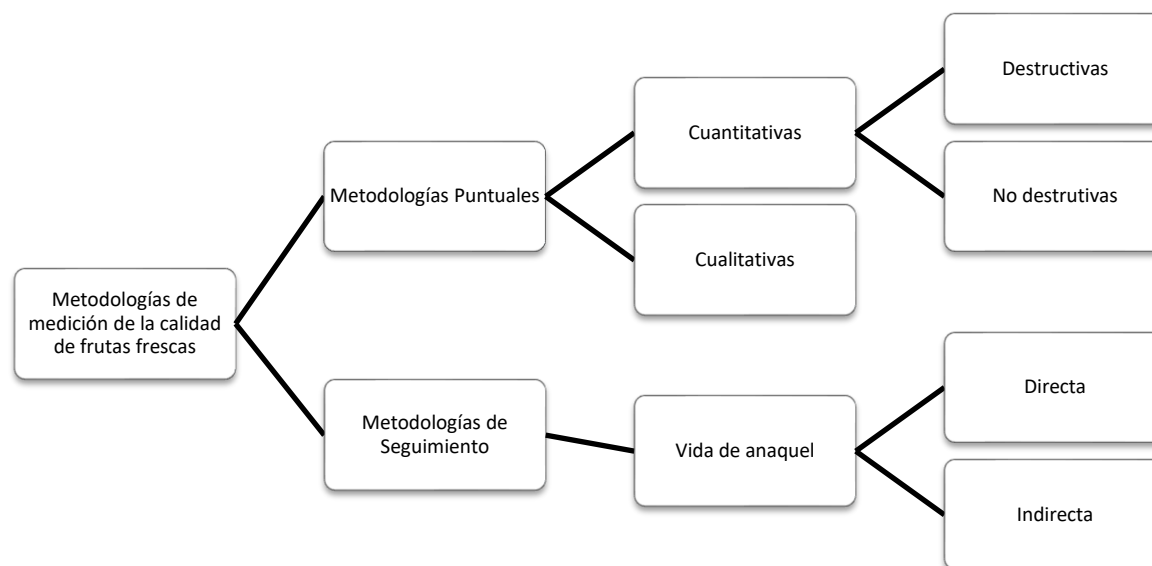
Las frutas son tejidos vivos y cada producto es único de acuerdo a su genética, su etapa de desarrollo, las situaciones de pre y poscosecha, por lo que la calidad inicial de cada producto es diferente, tener un conocimiento del estado de la calidad o de los índices de madurez de la fruta antes o después de su cosecha es esencial para quienes manejan la cadena de productos desde el productor hasta el consumidor final[131], [132], puesto establece si una fruta es apta para ser comercializada, procesada o consumida, es por esto que se han desarrollado metodologías diversas para la cuantificación e interpretación de los índices de madurez de las frutas.

Este Anexo presenta una visión general de las principales metodologías y tecnologías utilizadas para la medición de la calidad de frutas frescas, estas son clasificadas basadas en su uso, definidas y ejemplificadas, finalmente se realizan algunas recomendaciones de selección de una metodología de medición de calidad de una fruta fresca.

7.2 Clasificación de las metodologías de medición de la calidad de frutas frescas

Algunos autores clasifican las técnicas y metodologías para la medición de la calidad de frutas frescas en dos tipos, metodologías puntuales y de seguimiento, así mismo estas

pueden ser de tres tipos, metodologías cualitativas, cuantitativas y conjuntas[133]. Las metodologías cuantitativas son aquellas en la que se miden la calidad de la fruta de forma indirecta ya sea por comparación con estándares o por medio de paneles sensoriales en los cuales personas entrenadas o no, evalúan la calidad de las frutas basadas en juicios organolépticos, es decir, aroma, sabor, sensación en la mano y boca, apariencia física, entre otras[39]; generalmente estas metodologías dan como respuesta un grado o nivel de aceptación de la calidad de la fruta y se usan comúnmente a nivel industrial e académico para identificar el nivel de cumplimiento de la calidad de una fruta. Las metodologías cuantitativas son aquellas que utilizan equipos especializados para la medición de alguna propiedad específica de la fruta, pueden ser destructivas o no destructivas, son precisas, reproducibles y comúnmente usadas con aplicaciones, investigativas y comerciales[38]. Finalmente las metodologías conjuntas son aquellas en las que se relacionan las mediciones instrumentales con atributos sensoriales, obteniéndose un juicio amplio del estado de la calidad en el momento de la medición[41]. En la figura A-1 se muestra una forma de clasificación de las metodologías de la cuantificación de la calidad de las frutas, en la que se reúnen los pensamientos de algunos expertos. Cada una de estas clasificaciones es definida en los incisos subsecuentes.

Ilustración A- 1: Clasificación de las metodologías de medición de la calidad de frutas frescas

7.3 Metodologías Puntuales

Este tipo de metodologías son aquellas que cuantifican la calidad de la fruta en un punto exacto de su madurez fisiológica u hortícola, se utilizan comúnmente para establecer el nivel de aceptación de una fruta a nivel comercial, industrial o para determinar si el producto cumple con los requerimientos mínimos de calidad comercial al momento de realización de las pruebas, se subdividen en metodologías cualitativas y cuantitativas.

7.4 Metodologías Cualitativas

Las metodologías cualitativas puntuales que tienen como resultado de sus pruebas apreciaciones, niveles de aceptación o respuestas objetivas, se denominan cualitativas, éstas se basan en la comparación de las propiedades organolépticas de la fruta con referentes estandarizadas de frutas del mismo tipo. Las comparaciones generalmente son llevadas por personas y pueden realizarse por comparación directa (como una carta de color) o por comparación indirecta basado en la percepción sensorial del panelista y su criterio propio de calidad.

7.4.1 Metodologías cualitativas comparativas

Las metodologías comparativas son aquellas en las que se utiliza un estándar que se considera aceptable o con un nivel alto de calidad el cual es un referente para clasificar y contrastar las frutas. En la tabla A-1 se enlistan las principales técnicas comparativas.

Tabla A- 1: Técnicas comparativas para la medición de la calidad de las frutas

Técnica	Descripción
Comparación con tablas de color	Las tablas de color son herramientas en las que se muestran una secuencia de entre seis y siete de fotografías de un mismo fruto, en donde se pueden apreciar a gran escala los cambios de color de esta a través de sus etapas de maduración, se utilizan para dar veredictos de calidad rápidos, se utiliza comúnmente a nivel industrial en donde lotes grandes son clasificados[113].
Comparación con tablas de tamaño y forma.	Las tablas de tamaño y forma enseñan por medio de una serie de entre seis a siete fotografías el cambio de tamaño y de forma de la fruta a través de su madurez fisiológica y hortícola, se utilizan para establecer que los frutos cumplen con los requerimientos mínimos de calidad cuando son cosechados, o comprados[113].

7.4.2 Metodologías sensoriales

La evaluación sensorial involucra el uso de principios y métodos para medir las respuestas humanas ante una gran variedad de productos e ingredientes. Estos métodos tienen gran aplicación, como por ejemplo: medir diferencias entre productos, características percibidas, calidad y aceptabilidad del mismo. Así mismo, se diseñan metodologías sensoriales para cada producto sobre el cual se desea obtener la información, tomando en cuenta que cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas, sin embargo, entre todas ellas existe un elemento común que es el empleo de seres

humanos como jueces[43]. En la tabla A-2 se enlistan las principales técnicas comparativas.

Tabla A- 2: Técnicas sensoriales para la medición de la calidad de las frutas

Técnicas	Descripción
Paneles entrenados	El panel de catadores entrenados es un grupo de personas que han sido seleccionadas por tener una mayor sensibilidad olfato gustativa y que están formadas específicamente para desarrollar sus habilidades sensoriales para la evaluación de productos. La labor del panel de catadores expertos es crucial para conocer porque unos productos tienen mayor aceptación que otros y cuáles son las características sensoriales que ejercen una mayor influencia en las preferencias del consumidor[134].
Paneles no entrenados	Los paneles con catadores no entrenados son aquellos en los que se usan personas del común que no han recibido preparación en la evaluación sensorial de un alimento, para evaluar la calidad de una fruta al momento de su consumo a través de sus sentidos, generalmente se utilizan entre 40 y 50 panelistas para desarrollar este tipo de pruebas[135].

7.5 Metodologías Cuantitativas

Las metodologías cuantitativas son aquellas que tienen como resultado de sus pruebas valores fijos y reproducibles en unidades de medida físicas, estas metodologías se llevan a cabo con la ayuda de equipos o procedimientos especializados.

7.6 Metodologías destructivas

Las metodologías de este tipo son aquellas que destruyen físicamente la fruta de forma parcial o total, y que utilizan alguna de las partes de la fruta para evaluar los índices de madurez en el momento de la prueba, tiene un alto rango de aplicación y son usadas

generalmente para fines industriales dado que realizan medidas directas, rápidas, y de bajo costo, se subdividen en técnicas de medición físicas y químicas, en la tabla 2-3 se muestran las principales técnicas de cuantificación de la calidad en fruta del tipo destructivas, en esta tabla se especifica la técnica, una breve descripción, el índice de madurez objetivo y su clasificación[133].

7.6.1 Métodos físicos

- **Medición del contenido de pulpa:** En este método la fruta fresca es pesada, pelada y separada de su cascara, la pulpa y la cascara son pesadas por separado, obteniéndose la relación porcentual de estas dos partes de la fruta. En algunos casos la pulpa es exprimida con ayuda de licuadoras comerciales para extraer el jugo, el cual es filtrado y medido al final de la operación.
- **Extracción en fase sólida:** Este método comprende las operaciones en las cuales se separan, purifican y cuantifican aceites y otro tipo de sustancias de la fruta (generalmente de las semillas), con la ayuda de prensas mecánicas, solventes, o vapor de agua[136].
- **Penetrometría:** Son el conjunto de pruebas en las que por medio de la perforación de la cascara y la pulpa de la fruta se miden las propiedades texturales de estas, generalmente la firmeza, dureza y masticabilidad[136].
- **Refractometría:** La refractometría es un método óptico que permite determinar el cambio de la velocidad de propagación de la luz en un medio cualquiera con respecto al vacío (índice de refracción), este método analítico permite medir el contenido de sólidos solubles, la densidad específica, el contenido alcohólico, entre otros índices de madurez de los zumos de fruta[96].

7.6.2 Métodos químicos

- **Métodos gravimétricos:** Son todos los métodos de análisis basados en la medida de la masa, son de dos tipos fundamentales, de precipitación y de volatilización. En los primeros el analito (sustancia medida) se convierte en un

precipitado poco soluble, que se filtra, se purifica, se convierte en un producto de composición conocida, mediante el tratamiento térmico adecuado, y finalmente se pesa; mientras que en los métodos de volatilización se el analito o los productos de su descomposición, se volatilizan a una temperatura adecuada. A continuación, el producto volatilizado se recoge y pesa, o bien se puede determinar el peso del producto indirectamente de la pérdida de peso de la muestra; por métodos gravimétricos pueden calcular el contenido de grasas y fibra de una fruta[137].

- **Métodos volumétricos:** Se denominan métodos volumétricos aquellos en los que el análisis se termina con la medición del volumen de una solución de un reactivo de concentración conocida, necesario para reaccionar cuantitativamente con la sustancia a determinar. Los métodos volumétricos tienen una exactitud equivalente a los procedimientos gravimétricos y son más rápidos y sencillos. El contenido de vitamina C, de ácidos, nitrógeno, proteínas, pectinas, calcio de las frutas se mide por métodos volumétricos[137].

- **Métodos espectrométricos:** son métodos instrumentales basados en la medición de la interacción de la radiación ultravioleta visible e infrarroja con un analito para identificarlo o determinar su concentración. En las frutas, el contenido de polifenoles, de antioxidantes, de vitamina B1 y B2, la actividad enzimática y la presencia de algunos metales como fósforo, sodio, magnesio, entre otros, son medidos por métodos espectrométricos de diferentes tipos[138].

- **Métodos cromatográficos:** Son métodos en los cuales se separan los componentes o solutos de una mezcla en un equipo llamado cromatografo el cual basa su funcionamiento en la diferencia de pesos moleculares y tiempo de retención de cada de cada soluto en la mezcla (fase móvil) al ser transportados por una corriente de fluido en movimiento (fase estacionaria). La composición de una fruta o su contenido de aromas puede ser cuantificada métodos cromatográficos[139].

7.7 Metodologías no destructivas

Se denomina metodologías no destructivas a cualquier tipo de prueba practicada a una frutal que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, dimensionales u organolépticas. Durante las últimas décadas se han desarrollado tecnologías no destructivas para la cuantificación de los índices de madurez de la fruta tanto para características externas como el color, la textura, etc., como para propiedades internas como el contenido de ácidos, sólidos, aromas, etc., basadas principalmente en mediciones indirectas, aunque existe metodologías de cuantificación no destructiva directas[133], [138], [140]–[142].

7.7.1 Técnicas indirectas

- **Métodos electromagnéticos y ópticos:** Son los métodos basados en la medición de la interacción del espectro electromagnético con la materia; el espectro electromagnético abarca, todas las longitudes de onda existentes de la luz es decir ondas de radio, microondas, ultravioleta, luz visible, infrarroja, radiografías y la radiación de rayos gamma. Entre los métodos electromagnéticos y ópticos de medición de la calidad de las frutas destacan la espectroscopía del infrarrojo cercano, la fluorescencia y la emisión de luz retardada, la colorimetría, el uso de rayos x, la resonancia magnética, resonancia magnética nuclear y el análisis del espectro visible. Los métodos electromagnéticos permiten la cuantificación de una gran cantidad de índices de madurez de las frutas, entre estos, la composición, el color, el contenido de pulpa, cascara y semillas[115], [133], [140], [143].
- **Métodos acústicos:** Son aquellos métodos en los que se utilizan vibraciones que abarcan las frecuencias audibles y ultrasónicas, es decir entre los 15Hz y los 45kHz; las ondas ultrasónicas pueden ser transmitidas, reflejadas, refractadas o difractadas a medida que interactúan con un material. La velocidad de propagación de la onda, la atenuación y reflexión son parámetros importantes que se utilizan para evaluar las propiedades de los tejidos de los productos hortícolas. Estos métodos se utilizan para evaluar las propiedades mecánicas de las frutas como lo son la forma, tamaño y textura[112], [120], [139], [144], [145].

- **Métodos mecánicos:** Son los métodos basados en la medición de la deformación elástica de la corteza y pulpa de la fruta, bajo la aplicación de una fuerza constante o variable. La textura, las deformaciones, y las propiedades viscoelásticas pueden ser medidas por este tipo de metodologías[106], [140], [146].

7.7.2 Técnicas indirectas:

Medición del tamaño del fruto: Consiste en medición de la circunferencia de la fruta con la ayuda de un pie de rey, flexómetro, metro o cualquier otro tipo de aparato de medida, se usa para clasificar las frutas en diferentes calibres (rangos de tamaño).

Peso del fruto: Medición de la masa total del fruto con la ayuda de una balanza de cualquier tipo, esta técnica se utiliza generalmente para establecer si la fruta se encuentra lista para ser cosechada.

Medición gravedad específica: es el método por el cual se cuantifica la densidad y gravedad específica de una fruta, este método consiste en sumergir una fruta previamente pesada en una solución de densidad conocida observándose el cambio de nivel en la solución, la densidad es calculada en base al principio de Arquímedes. Anexo

8.B: Requerimientos mínimos para fruta fresca

8.1 Norma técnica colombiana 1291 (frutas y hortalizas generalidades)

La norma técnica colombiana 1291 (NTC 1291) es un conjunto de requisitos mínimos que se deben cumplir todos de los actores de la cadena de suministro de frutas y verduras, la cual establece las condiciones de almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de frutas y hortalizas frescas, esta norma fue creada por el El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Adicional a esta norma general existen normas específicas para cada fruta, entre estas destacan la NTC 1267 (Maracuyá), NTC 5093 (Lulo), NTC 4106 (Mora de castilla), NTC , NTC 4105 (Tomate de árbol) y la NTC 1263 (Guayaba), las cuales fueron motivo de estudio y resumen. A continuación en las tablas B-1 a la B-5 se muestran las normas mencionadas en resumen.

Tabla B- 1: Resumen NTC 1267: Maracuyá

MARACUYÁ		NTC 1267
CALIDAD	Primera	Segunda
	Deberá cumplir con los requisitos generales	Deberá cumplir con los requisitos generales
	Se aceptan	Se aceptan
	- Fruto con manchas, decoloraciones y heridas superficiales cicatrizadas, que no supere el 5% en peso por unidad de empaque	- Fruto con manchas, decoloraciones y heridas superficiales cicatrizadas, que no supere el 10% en peso por unidad de empaque
CALIBRE	Diámetro (mm)	Calibre
	> 60	Grande
	50 - 59	Mediano
	40 - 49	Pequeño
REQUISITOS	Generales	
	- Debe ser de una misma variedad y tamaño uniforme	- Debe comercializarse en estado de maduración que garantice conservación de características en transporte y manipulación
	- Fruto entero, forma y color típicos de la variedad	- Exento de olores y sabores extraños
	- Coloración homogénea	- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
	- Aspecto fresco y consistencia firme	- Los residuos de plaguicidas no deben exceder Los límites máximos establecidos en el

	Codex Alimentarius	
	- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto	
TOLERANCIA	Primera	Segunda
	Hasta el 5% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría I	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría II
	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque	

Tabla B- 2: Resumen NTC 5093: Lulo

LULO DE CASTILLA		NTC 5093		
CLASIFICACIÓN	Extra	I	II	
	Deberá cumplir los requisitos generales y estar exento de todo defecto que cause demérito en la calidad interna del fruto		Frutos que no pueden clasificarse en las categorías anteriores, pero cumplen los requisitos generales	
	Puede presentar manchas superficiales ocasionadas por:	Se aceptan manchas superficiales ocasionadas por:	Se admiten:	
	- Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros	- Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros	- Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros	
	- Golpe de sol	- Golpe de sol	- Golpe de sol	
	- Quemaduras (efecto lupa)	- Quemaduras (efecto lupa)	- Quemaduras (efecto lupa)	
	- Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta	- Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta	- Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta	
	Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto en más del 5%	Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto en más del 10%	Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto en más del 15%	
	Además se admiten ligeras deformaciones del fruto tales como achatamiento	Se admiten deformaciones del fruto tales como achatamiento y frutos con fisuras superficiales de la epidermis en la zona cercana al cáliz y que no excedan el 5% del área total		
CALIBRE	Diámetro (mm)	Calibre	Peso promedio (g)	
	≤ 40	70	30	
	41 - 45	63	43	
	46-50	48	58	
	51-55	35	77	
	56-60	30	98	
	≥ 61	26	125	
	Valores establecidos en la columna de calibre, indican el número de frutos que ocupan un área de 400 x 300 mm, por cada rango de diámetro			
REQUISITOS	Generales	Madurez	Sólidos Solubles totales	Específicos
	- Fruto entero	Se aprecia visualmente por el cambio de color externo y puede confirmarse determinando sólidos solubles totales	Valores mínimos y máximos para cada estado de madurez	Consistencia
	- Forma esférica			El valor máximo en la pulpa, independiente del estado de madurez es de 6 Kgf/cm ²
	- Coloración homogénea	Color 0 : fruto verde oscuro, maduro fisiológicamente	7 - 7,3	Contenido de pulpa
	- Aspecto fresco y consistencia firme			Independiente del estado de madurez 68%
	- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto	Color 1: Fruto verde oscuro con tonalidades verde claro	7,7 - 7,9	Variación del pH
- Libre de humedad externa y daños mecánicos	Color 2: Fruto verde oscuro con algunas tonalidades anaranjadas	8,2 - 8,5	Independiente del estado de madurez, 3,20	

	- No deberá presentar indicios de deshidratación			Acidez titulable
	- Exento de olores y sabores extraños	Color 3: Fruto anaranjado con visos verdes hacia el centro del fruto	8,6 - 8,8	Contenido máximo de ácido cítrico, independiente del estado de madurez, 3,23%
	- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque	Color 4: fruto anaranjado con pocos visos verdes	9,2 - 9,5	
	- Libre de la pelusa propia del lulo	Color 5: Fruto anaranjado	9,9 - 10,1	Fruto Climaterico, el estado de madurez debe permitir manipulación y transporte sin deterioro
	- Los residuos de plaguicidas no deben exceder Los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius			

TOLERANCIA	Categoría Extra	Categoría I	Categoría II
	Hasta el 5% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría I	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría II	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría, ni los requisitos generales. Con excepción de frutos con magulladuras severas. Se admite máximo 20% de frutos con fisuras superficiales en la epidermis, en la zona cercana al cáliz, con un área igual o inferior al 10%
	CALIBRE	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.	
	COLOR	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al color inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.	

DEFINICIONES	Cáliz	Conjunto de sépalos ubicados en la parte superior del fruto	Fisura	Rompimiento superficial de la epidermis en la zona cercana al cáliz.
	Golpe de sol	Efecto producido por exceso de sol sobre la cáscara de la fruta, manifestado como una mancha de color amarillo, café o negra.	Efecto lupa	Quemaduras en la cáscara en forma de puntos negros causadas por la incidencia de rayos solares al atravesar gotas de agua presentes en los frutos.

Tabla B- 3: Resumen NTC 4106: Mora de Castilla

MORA DE CASTILLA			NTC 4106		
CLASIFICACIÓN	Extra		I	II	
	Deberá cumplir los requisitos generales y estar exenta de todo defecto		Deberá cumplir los requisitos generales	Deberá cumplir los requisitos generales	
			Se aceptan: - Deformación del ápice	Se admiten: - Deformación del fruto - Estar sin cáliz	
CALIBRE	Diámetro (mm)		Calibre	Peso promedio (g)	
	≥ 27		A	9,2	
	26-23		B	8,8	
	22-19		C	6,2	
	18-14		D	4,2	
≤ 13		E	3,2		
REQUISITOS	Generales	Madurez	Sólidos Solubles Totales	Acidez Titulable	Índice de Madurez
	- Fruto entero.	Se aprecia	Valores mínimos y	Valor máximo del %	°Brix / %Ácido Málico

	visualmente por el cambio de color externo y puede confirmarse determinando sólidos solubles totales, acidez titulable y el índice de madurez	máximos para cada estado de madurez °Brix	de ácido málico (predomina en el fruto) para cada estado de maduración	
- Forma elipsoidal	Color 0 : fruto amarillo verdoso con drúpilas bien formadas	5,4 - 5,7	3,3	1,6
- Coloración homogénea	Color 1: Fruto amarillo verdoso con algunas drúpilas rosadas	5,7 6,1	3,4	1,7
- Aspecto fresco y consistencia firme	Color 2: Se incrementa el área de color rosado	5,9 - 6,4	3,5	1,7
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto	Color 3: Fruto rojo claro	6,3 - 6,9	3,4	1,9
- Libre de humedad externa y daños mecánicos	Color 4: rojo más intenso	6,7 - 7,3	3,1	2,2
- Drúpilas bien formadas, llenas y bien adheridas	Color 5: Fruto color rojo intenso, con algunas drúpilas moradas	7,2 - 7,9	2,8	2,6
- Exento de olores y sabores extraños.	Color 6: fruto color morado oscuro	7,7 - 8,5	2,5	3,1
- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque				Fruto No climatérico
- Para mercadeo fresco los frutos deben tener cáliz				
- Los residuos de plaguicidas no deben exceder Los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius				El grado de madurez debe permitir manipulación y transporte

TOLERANCIA	Categoría extra	Categoría I	Categoría II
	Hasta el 5% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría I	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría II	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no cumplan los requisitos de esta categoría, ni los requisitos generales. Con excepción de frutos con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas
	CALIBRE	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.	
	COLOR	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al color inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.	
DEFINICIONES	Cáliz	Conjunto de sépalos ubicados en la parte superior del fruto	Fruto No climatérico
	Ápice	Parte inferior del fruto	Drúpilas
			Productos que al ser cosechados presentan una disminución de la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios en contenido de azúcares y ácidos
			Pequeños frutos de forma esférica que conforman la mora

Tabla B- 4: Resumen NTC 1263: Guayaba

GUAYABA		NTC 1263
CALIDAD	Primera	Segunda
	Deberá cumplir con los requisitos generales	Deberá cumplir con los requisitos generales
	Se aceptan	Se aceptan
	- Fruto con puntos alterados, manchados o afectados por insectos, que no supere el 20% en peso por unidad de empaque	- Fruto con puntos alterados, manchados o afectados por insectos, que no supere el 50% en peso por unidad de empaque
	- Fruto con heridas o lesiones superficiales cicatrizadas que no superen el 10% en peso por unidad de empaque	- Fruto con heridas o lesiones superficiales cicatrizadas que no superen el 25% en peso por unidad de empaque
Las deformaciones no influirán la determinación de la calidad		
CALIBRE	Diámetro (mm)	Calibre
	> 50	Grande
	40 - 50	Mediano
	30 - 39	Pequeño
REQUISITOS	Generales	
	- Frutos de una misma variedad y tamaño uniforme	- Debe comercializarse en estado de maduración medio para garantizar conservación de características en transporte y manipulación
	- Fruto entero	- Exento de olores y sabores extraños
	- Coloración homogénea	- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
	- Aspecto fresco y consistencia firme	- Los residuos de plaguicidas no deben exceder Los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto	- Libre de humedad externa y daños mecánicos	
TOLERANCIA	Primera	Segunda
	Hasta el 5% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría I	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría II
	CALIBRE Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.	

Tabla B- 5: Resumen NTC 4105: Tomate de Árbol

TOMATE DE ÁRBOL		NTC 4105	
CLASIFICACIÓN	Extra	I	II
	Deberá cumplir los requisitos generales y estar exenta de todo defecto	Deberá cumplir los requisitos generales	Deberá cumplir los requisitos generales
		Se aceptan:	Se admiten:
		- Manchas ocasionadas por el golpe de granizo.	- Manchas causadas por el Sombreamiento que se produce por contacto entre los frutos en el árbol.
		- Manchas causadas por el Sombreamiento que se produce por contacto entre los frutos en el árbol	- Manchas superficiales o raspaduras cicatrizadas
		- Pedúnculo curvo	- Deformación del fruto, alargamiento o achatamiento del ápice
Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto en más del 10%	Estos defectos no deberán cubrir la superficie del fruto en más del 20%		
CALIBRE	Diámetro (mm)	Calibre	Peso promedio (g)
	>= 61	A	129
	60 - 55	B	118
	54 - 51	C	99
	50 - 46	D	83

	<= 45	E		66	
REQUISITOS	Generales	Madurez	Sólidos Solubles Totales	Consistencia	Contenido de pulpa
	- Fruto entero	Se aprecia visualmente por el cambio de color externo, puede confirmarse en la determinación de yodo, consistencia, contenido de pulpa y sólidos totales	Valores mínimos y máximos para cada estado de madurez °Brix	Valor máximo Kg/cm ²	Valor mínimo %
	- Forma ovoidal	Color 0 : fruto de color morado con tonalidades verdes hacia la zona central, completamente desarrollado	5,7 - 6,3	> 24,0	52
	- Coloración homogénea	Color 1: morado intenso en toda la superficie	6,4 - 6,8	21,7	56
	- Aspecto fresco y consistencia firme	Color 2: aparece una coloración roja en el centro y presentan visos morados	7,3 - 7,9	17,6	57
	- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto	Color 3: rojo intenso con ligeros visos morados hacia las zonas del péndulo y ápice	8,0 - 8,5	11,6	69
	- Libre de humedad externa y daños mecánicos	Color 4: toda la superficie se torna de color rojo y aparecen visos anaranjados	8,6 - 9,3	7,9	73
	- El fruto debe presentar pedúnculo, cuyo corte debe hacerse a la altura del primer nudo	Color 5: fruto color rojo con tonos anaranjados en la zona central	9,1 - 9,9	5,9	78
	- Exento de olores y sabores extraños	Color 6: completamente anaranjado	9,3 - 10,3	3,6	75
	- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque				Fruto No climatérico
	- Los residuos de plaguicidas no deben exceder Los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius				El grado de madurez debe permitir manipulación y transporte
TOLERANCIA	Categoría extra	Categoría I		Categoría II	
	Hasta el 5% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría I	Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no correspondan a los requisitos de esta categoría pero cumplan los de la categoría II		Hasta el 10% en número o peso de frutos, que no cumplan los requisitos de esta categoría, ni los requisitos generales. Con excepción de frutos con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas	
	CALIBRE	Hasta el 10% en número o peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque			
DEFINICIONES	Pedúnculo	Tallo del fruto	Fruto No climatérico	Productos que al ser cosechados presentan una disminución de la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios en contenido de azúcares y ácidos	
	Ápice	Parte inferior del fruto	Nudo	Primer ensanchamiento del pedúnculo	

En general la NTC clasifica los frutos en tres niveles Extra primera clase, y segunda clase. Los frutos de clase Extra son aquellos que cumplen con todas las disposiciones generales (NTC 1291) y no presentan ningún defecto. Las dos clases subsecuentes admiten un nivel de defecto pero deben ser exigidos frutos enteros y uniformes, que

presenten la forma característica de su especie, adicionalmente NO admite frutos con señales podredumbres, deterioro, manchas solares, quemaduras, presencia de plagas (insectos, aves, parásitos, etc.), olores extraños, residuos de barro, metales u otro contaminante externo.

8.2 Encuestas realizadas a supermercados de la ciudad de Manizales

8.2.1 Objetivo

Generación de bases de datos con criterios requeridos para evaluar la calidad de los frutales andinos (Mora, Lulo, Maracuyá, Tomate de árbol y Guayaba).

8.2.2 Metodología

Se diseñó un modelo de encuesta dirigida a los supermercados de la ciudad de Manizales-Caldas, basada en la Norma técnica colombiana NTC, con el fin de conformar una base de datos, donde se tuviera en cuenta los criterios de calidad de fruta, para algunos frutos de interés comercial, en el anexo B se muestran los modelos de encuesta aplicados.

La encuesta realizada se subdivide en cinco partes para cada una de las frutas, la primera indaga sobre la existencia o no de criterios mínimos de aceptación de material por parte de la empresa, enseguida se examinan las dimensiones de dichos criterios en cuanto a calidad visual, grado de madurez y propiedades físicas medibles del fruto, para finalizar la encuesta demanda información sobre criterios de calidad en la fuente de las frutas investigadas, como lo son tiempos de rotación, tiempos de pedido y cantidad mínima de pedido.

La encuesta se realizó en seis (6) establecimientos comerciales Mercaldas, Olimpica, Supermercado Confamiliares, Carulla, Supermercado del Centro, y MercaFruver, en donde la persona encargada del área de frutas y verduras respondió a cabalidad las preguntas.

Los resultados obtenidos fueron tabulados y graficados con la ayuda del software Excel 2015, los resultados y conclusiones obtenidos de la realización de la encuesta se muestran a continuación.

8.2.3 Resultados

Dada la cantidad de datos obtenidos los resultados se clasificaran para cada una de las frutas y cada una de las dimensiones encuestadas, mostrando las tendencias en cada una de estas.

8.2.4 Encuesta Mora de Castilla

Criterios de aceptación de Mora de castilla

SI NO

1. Existen criterios de aceptación para la mora 6 0

De las empresas encuestadas el 100% de estas tienen criterios de aceptación para la mora de castilla, entre los criterios que exigen se encuentran:

- Fruto entero.
- Forma elipsoidal
- Coloración homogénea
- Aspecto fresco y consistencia firme
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto
- Libre de humedad externa y daños mecánicos
- Drúpilas bien formadas, llenas y bien adheridas
- Exento de olores y sabores extraños.
- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
- Para mercadeo fresco los frutos deben tener cáliz

Características de la mora aceptada

	Pregunta	Nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
Criterios de Aceptación de Mora	2. Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros u otros insectos	5	1	0	0
	3. Golpes de sol.	3	3	0	0
	4. Quemaduras.	5	1	0	0
	5. Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta.	4	2	0	0
	6. Deformaciones físicas.	1	5	0	0

7. Fisuras (sanadas).	4	2	0	0
8. Ausencia de cáliz.	3	3	0	0
9. Deformaciones en el ápice.	3	3	0	0

Las moras aceptadas en las empresas encuestadas se clasifican en los rangos Extra y I según la NTC 4106.

Grado de madurez del fruto.

Grado de Madurez

10. El grado de madurez de la mora requerido (aceptado) por la empresa se asemeja más a la imagen:



0 0 0 3 2 1 0

El 50% de las empresas encuestadas respondieron que aceptan moras con un grado de maduración 3 con respecto a las tablas de color de la NTC, el 33% respondieron que aceptan mora con grado 4 de madura con y el porcentaje restante la aceptan en grado 5. Las características de cada uno de los grados de color de muestran a continuación.

Color 0: fruto amarillo verdoso con drúpilas bien formadas

Color 1: Fruto amarillo verdoso con algunas drúpilas rosadas

Color 2: Se incrementa el área de color rosado

Color 3: Fruto rojo claro

Color 4: rojo más intenso

Color 5: Fruto color rojo intenso, con algunas drúpilas moradas

Color 6: fruto color morado oscuro

Calidad en la fuente

en la Fuente	1	2	3	4	días
--------------	---	---	---	---	------

11. Cuanto tiempo permanecen la mora en exposición	2	2	2	0	
	1 a 10	11 a 20	21 a 30	30 ó más	Kg
12.Cuál es la cantidad mínima de pedido para la mora	3	1	1	1	
	1	2	3	4	días
13. Cuanto es el tiempo de arribo aceptado para los pedidos	5	1	0	0	

Se observa que la mora tiene un tiempo aproximado de permanencia en exposición entre 1 y 3 días en todos los sitios. La cantidad mínima que se recibe en 50% de los sitios está entre 1-10 kg además esta fruta debe llegar al sitio en un día.

8.2.5 Encuesta Maracuyá

Criterios de aceptación de Maracuyá

Pregunta	Respuestas	
	SI	NO
1. Existen criterios de aceptación para el maracuyá	6	0

De las empresas encuestadas el 100% de estas tienen criterios de aceptación para el maracuyá, entre los criterios que exigen se encuentran:

- Debe ser de una misma variedad y tamaño uniforme
- Debe comercializarse en estado de maduración que garantice conservación de características en transporte y manipulación
- Fruto entero, forma y color típicos de la variedad
- Exento de olores y sabores extraños
- Coloración homogénea
- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
- Aspecto fresco y consistencia firme
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto.

Características del maracuyá aceptado

Preguntas	Nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre	
Criterios de Aceptación de Mora	2. Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros u otros insectos	6	0	0	0
	3. Golpes de sol.	5	1	0	0
	4. Quemaduras.	4	2	0	0
	5. Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta.	2	4	0	0
	6. Deformaciones físicas.	4	2	0	0
	7. Fisuras (sanadas).	3	3	0	0

8. Ausencia de pedúnculo.	0	4	0	2
9. Deformaciones en el pedúnculo.	4	2	0	0

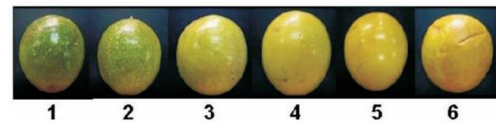
Los maracuyás aceptadas en las empresas encuestadas se clasifican en los rangos de calidad de primera y segunda según la NTC 1267.

Grado de madurez del fruto.

de

Grado
Madurez

10. El grado de madurez del maracuyá requerido (aceptado) por la empresa se asemeja más a la imagen:



1 1 1 2 1 0

Calidad en la fuente

Para las empresas encuestadas el maracuyá es aceptado en todas las etapas de su maduración exceptuando el grado de color 6.

		1	2	3	4	días
	11. Cuanto tiempo permanecen el Maracuyá en exposición	0	2	3	1	
		1 a 10	11 a 20	21 a 30	30 más	ó Kg
	12. Cuál es la cantidad mínima de pedido para el maracuyá	1	3	0	2	
		1	2	3	4	días
	13. Cuanto es el tiempo de arribo aceptado para los pedidos	5	1	0	0	
Calidad en la Fuente						

El maracuyá presenta un tiempo de exposición de 3 días 50% y de 2 días 33%. El 50 % de los sitios reciben una cantidad mínima de maracuyá entre 11 y 20 Kg. El tiempo mínimo para el arribo del pedido de fruta realizado es de 1 día.

8.2.6 En cuenta Lulo

Criterios de aceptación de lulo

Pregunta	Respuestas	
	SI	NO
1. Existen criterios de aceptación para el lulo	6	0

De las empresas encuestadas el 100% de estas tienen criterios de aceptación para el lulo, entre los criterios que exigen se encuentran:

- Fruto entero
- Forma esférica
- Coloración homogénea
- Aspecto fresco y consistencia firme
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto
- Libre de humedad externa y daños mecánicos
- No deberá presentar indicios de deshidratación
- Exento de olores y sabores extraños
- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
- Libre de la pelusa propia del lulo

Características del lulo aceptado







Preguntas	Nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre	
Criterios de Aceptación de Lulo	2. Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros u otros insectos	4	2	0	0
	3. Golpes de sol.	6	0	0	0
	4. Quemaduras.	5	1	0	0
	5. Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta.	3	3	0	0
	6. Deformaciones físicas.	5	1	0	0

7. Fisuras (sanadas).	4	2	0	0
-----------------------	---	---	---	---

Los lulos aceptados en las empresas encuestadas se clasifican en los rangos de calidad extra y de primera según la NTC 5093

Grado de madurez del fruto.

de

Grado Madurez	10. El grado de madurez lulo requerido (aceptado) por la empresa se asemeja más a la imagen:						
		1	1	1	2	1	0

Calidad en la fuente

Para las empresas encuestadas el lulo es aceptado en todas las etapas de su maduración exceptuando el grado de color 6.

Calidad en la Fuente		1	2	3	4	días
	11. Cuanto tiempo permanecen el lulo en exposición	0	6	0	0	
		1 a 10	11 a 20	21 a 30	30 más	ó Kg
	12. Cuál es la cantidad mínima de pedido para el lulo	1	4	0	1	0
		1	2	3	4	días
	13. Cuanto es el tiempo de arribo aceptado para los pedidos	6	0	0	0	0

El lulo presenta un tiempo de exposición según el 100 de sitios encuestados de 2 días. El 66 % de los sitios reciben una cantidad mínima de lulo entre 11 y 20 Kg. El tiempo mínimo para el arribo del pedido de fruta realizado es de 1 día.

8.2.7 Encuesta Tomate de Árbol

Criterios de aceptación de tomate de árbol

Pregunta	Respuestas	
	SI	NO
1. Existen criterios de aceptación para el tomate de árbol	6	0

De las empresas encuestadas el 100% de estas tienen criterios de aceptación para el tomate de árbol, entre los criterios que exigen se encuentran:

- Fruto entero
- Forma ovoidal
- Coloración homogénea
- Aspecto fresco y consistencia firme
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto
- Libre de humedad externa y daños mecánicos
- El fruto debe presentar pedúnculo, cuyo corte debe hacerse a la altura del primer nudo
- Exento de olores y sabores extraños
- Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque

Características del tomate del árbol aceptado

		Nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
Criterios de Aceptación de Tomate de Arbol	2. Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros u otros insectos	6	0	0	0
	3. Golpes de sol.	5	1	0	0
	4. Quemaduras.	5	1	0	0
	5. Sombreamiento causado por el contacto entre frutos en la planta.	4	2	0	0
	6. Deformaciones físicas.	5	1	0	0
	7. Fisuras (sanadas).	5	1	0	0

8. Ausencia de pedúnculo.	4	2	0	0
9. Deformaciones en el pedúnculo.	4	2	0	0

Los tomates de árbol aceptados en las empresas encuestadas se clasifican en los rangos de calidad extra y de primera según la NTC 4105

Grado de madurez del fruto.

Grado de Madurez

9. El grado de madurez de la mora requerido (aceptado) por la empresa se asemeja más a la imagen:



0 1 2 1 1 1 0

Color 0: fruto de color morado con tonalidades verdes hacia la zona central, completamente desarrollado

Color 1: morado intenso en toda la superficie

Color 2: aparece una coloración roja en el centro y presentan visos morados

Color 3: rojo intenso con ligeros visos morados hacia las zonas del péndulo y ápice

Color 4: toda la superficie se torna de color rojo y aparecen visos anaranjados

Color 5: fruto color rojo con tonos anaranjados en la zona central

Color 6: completamente anaranjado

Calidad en la fuente

Para las empresas encuestadas el lulo es aceptado en todas las etapas de su maduración exceptuando el grado de color 6.

	1	2	3	4 o más días
11. Cuanto tiempo permanecen el Tomate de árbol en exposición en exposición	0	2	3	1
	1 a 10	11 a 20	21 a 30	30 ó más Kg
12. Cuál es la cantidad mínima de pedido para el tomate de árbol	1	2	0	3
	1	2	3	4 días

13. Cuanto es el tiempo de arribo aceptado para los pedidos 5 1 0 0

El tomate de árbol presenta un tiempo de exposición según el 50% de sitios encuestados de 3 días. El 50% de los sitios reciben una cantidad mínima de tomate de árbol de 30 Kg o más. El tiempo mínimo para el arribo del pedido de fruta realizado es de 1 día.

8.2.8 Encuesta Guayaba

Criterios de aceptación de guayaba

Pregunta	Respuestas	
	SI	NO
1. Existen criterios de aceptación para la guayaba	6	0

De las empresas encuestadas el 100% de estas tienen criterios de aceptación para la guayaba, entre los criterios que exigen se encuentran:

- Frutos de una misma variedad y tamaño uniforme
- Debe comercializarse en estado de maduración medio para garantizar conservación de características en transporte y manipulación
- Fruto entero
- Exento de olores y sabores extraños
- Coloración homogénea - Exento de materiales extraños visibles en el producto o empaque
- Aspecto fresco y consistencia firme
- Fruto sano, libre de ataques de insectos y enfermedades, que cause demérito en la calidad interna del fruto
- Libre de humedad externa y daños mecánicos

Características de la guayaba aceptada

	Pregunta	Respuestas			
		SI	NO		
	1. Existen criterios de aceptación para la mora	6	0		
Criterios de Aceptación de Mora	2. Raspaduras cicatrizadas causadas por ácaros u otros insectos	6	0	0	0
	3. Golpes de sol.	5	1	0	0
	4. Quemaduras.	5	1	0	0
	5. Sombreamiento causado por el contacto	3	3	0	0

entre frutos en la planta.

6. Deformaciones físicas.	5	1	0	0
7. Fisuras (sanadas).	4	2	0	0

Las guayabas aceptadas en las empresas encuestadas se clasifican en los rangos de calidad extra y de primera según la NTC 1263

Grado de madurez del fruto.

de

Grado Madurez	9. El grado de madurez de la guayaba requerido (aceptado) por la empresa se asemeja más a la imagen:	3	0	0	3	0	0
------------------	--	---	---	---	---	---	---



Calidad en la fuente

Para las empresas encuestadas la guayaba es aceptada en los grados 1 y 6 de su maduración

Calidad en la Fuente		1	2	3	4 ó más días
	11. Cuanto tiempo guayaba en exposición en exposición	0	3	1	2
		1 a 10	11 a 20	21 a 30	30 más ó Kg
	12. Cuál es la cantidad mínima de pedido para la guayaba	1	3	0	2
		1	2	3	4 días
	13. Cuanto es el tiempo de arribo aceptado para los pedidos	6	0	0	0

La guayaba presenta un tiempo de exposición según el 50% de sitios encuestados de 3 días. El 50% de los sitios reciben una cantidad mínima de guayaba de 30 Kg o más. El tiempo mínimo para el arribo del pedido de fruta realizado es de 1 día.

8.3 Observaciones

Algunas de las observaciones dadas por las personas entrevistadas acerca de los frutos evaluados son:

Dependiendo del grado de maduración recibido el fruto se deteriora muy rápido en condiciones normales de almacenamiento.

Son productos delicados, altamente perecederos de alta rotación en los sitios encuestados. Deben ser tratados y darles una rotación adecuada para evitar daños por manipulación inadecuada.

Los productos deben ser orgánicos, no presentar golpes, estar sanos.

Hacen falta mejores prácticas de transporte y poscosecha por parte de los productores.

En pocos casos se realiza la comparación con la NTC.

9. Anexo C: Tablas de resultados experimentales

En esta sección se muestran las tablas de resultados de la parte experimental realizada durante el desarrollo de este trabajo.

Tabla C- 1: Promedios de los parámetros medidos para el maracuyá

Día	Peso perdido (%)		Firmeza (N)		Angulo de tono (°)		Act (mg/L)		SST (°Brix)		Contenido de polifenoles		Capacidad antioxidante	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
0	0,000	0,000	24,673	0,681	83,801	5,300	5,605	0,451	11,700	1,988	49,145	5,699	619,888	52,085
4	3,532	1,373	16,679	0,813	79,684	3,389	5,129	0,410	11,438	0,554	50,211	6,643	1284,215	287,767
8	7,751	2,792	11,205	0,389	75,588	4,098	4,630	0,256	12,438	1,599	52,120	2,002	1358,042	81,738
10	10,002	3,647	7,538	0,215	73,264	4,924	4,590	0,217	11,750	1,696	53,124	3,213	1305,237	147,642
12	12,414	4,598	8,765	0,370	70,658	5,744	4,287	0,241	12,438	1,231	54,868	5,715	1245,758	279,977
14	14,568	5,364	4,535	0,097	66,387	5,570	4,110	0,198	13,063	0,898	52,118	2,945	1357,809	280,403
16	18,218	6,697	4,289	0,447	63,116	3,898	3,934	0,231	13,050	1,509	51,431	7,477	1323,121	310,511
18	21,124	7,764	3,442	0,268	60,846	3,471	3,758	0,211	13,311	1,459	51,882	4,157	1342,667	232,916
20	24,031	8,831	2,762	0,388	56,763	3,100	3,581	0,261	13,571	1,328	60,024	3,546	1375,821	297,134

\bar{x} : Promedio; n=10

σ : Desviación estándar ; n=10

Tabla C- 2: Promedios de los parámetros medidos para la Guayaba

Día	Peso perdido (%)		Firmeza (N)		Angulo de tono (°)		Act (mg/L)		SST (°Brix)		Contenido de polifenoles		Capacidad antioxidante	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
0	0,000	0,000	55,363	2,296	89,279	3,636	0,735	0,090	6,188	0,944	95,759	34,801	6019,787	117,170
3	1,056	0,096	41,755	0,833	83,805	3,966	0,711	0,042	6,938	0,718	108,003	7,998	4990,362	196,070
7	2,936	0,270	26,884	0,912	78,614	6,227	0,691	0,06835	6,938	0,718	90,650	11,296	3050,529	184,760
10	4,420	0,416	23,751	0,470	71,303	5,301	0,693	0,022	6,000	0,612	89,282	3,334	1890,017	63,445
12	5,434	0,521	22,904	0,492	67,385	3,830	0,654	0,035	5,813	0,718	78,798	8,540	1605,606	128,131
14	6,374	0,540	19,878	0,473	62,069	2,431	0,630	0,048	6,938	0,718	97,123	6,848	2783,222	183,402
16	8,219	0,512	16,701	0,561	60,154	4,806	0,600	0,06697	7,125	0,433	95,053	6,086	1475,586	148,112
18	9,781	0,571	14,462	0,249	56,437	3,166	0,558	0,043	7,575	0,087	92,705	5,580	2889,666	190,650
20	10,410	0,478	12,522	0,765	52,919	2,598	0,550	0,047	7,6875	0,375	101,358	6,079	3303,746	246,465

 \bar{x} : Promedio; n=10 σ : Desviación estándar ; n=10**Tabla C- 3:** Promedios de los parámetros medidos para el Tomate de Árbol

Día	Peso perdido (%)		Firmeza (N)		Angulo de tono (°)		Act (mg/L)		SST (°Brix)		Contenido de polifenoles		Capacidad antioxidante	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
0	0,000	0,000	47,693	1,354	85,516	2,878	3,027	0,058	4,375	0,314	26,244	3,441	2938,512	336,396
3	0,483	0,059	33,193	1,193	80,736	0,759	2,904	0,549	4,500	0,250	26,145	2,898	2178,694	419,423
7	1,309	0,123	23,758	0,883	78,147	4,251	2,865	0,097	4,702	0,426	26,468	2,055	2804,860	507,060
10	1,906	0,184	20,641	0,151	75,559	3,11	2,79	0,528	4,750	0,577	27,821	3,392	2279,493	537,740
12	2,139	0,180	18,154	0,453	72,969	0,852	2,715	0,035	4,875	0,375	28,834	2,079	2239,672	343,120
14	2,877	0,243	15,978	0,771	71,243	5,22	2,64	0,499	5,500	0,322	30,542	2,490	2000,584	149,829
16	2,885	0,209	14,766	0,891	69,518	2,535	2,57	0,485	5,625	0,314	31,191	2,726	1718,963	398,662
18	3,696	0,273	13,661	0,243	67,792	0,579	2,4916	0,471	5,75	0,426	31,171	2,549	2191,240	235,746
20	3,632	0,251	12,211	0,820	66,929	4,704	2,42	0,085	6,125	0,392	32,409	2,606	1899,788	289,409

 \bar{x} : Promedio; n=10 σ : Desviación estándar ; n=10

Tabla C- 4: Promedios de los parámetros medidos para el Lulo

Día	Peso perdido (%)		Firmeza (N)		Angulo de tono (°)		Act (mg/L)		SST (°Brix)		Contenido de polifenoles		Capacidad antioxidante	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
0	0,000	0,000	10,684	1,347	85,739	4,973	3,450	0,166	11,450	0,832	55,367	6,469	2515,355	221,215
4	1,662	0,305	8,130	1,575	83,500	3,871	3,332	0,278	10,650	1,081	57,854	4,079	1663,582	472,573
8	4,836	1,409	7,258	1,347	76,047	8,975	2,903	0,117	11,350	0,851	57,981	7,761	3215,982	276,634
10	6,942	2,116	6,588	1,575	66,770	3,028	3,219	0,213	11,45	0,421	58,356	4,874	2282,528	351,882
12	8,970	2,949	6,265	1,737	59,669	3,401	3,151	0,086	11,15	0,599	54,136	5,501	1371,858	461,004
14	11,376	4,147	5,707	1,741	55,583	2,509	3,269	0,207	12,300	1,081	58,356	7,129	1719,430	490,861
16	13,443	3,610	5,383	0,830	54,819	6,455	3,059	0,218	12,050	0,783	58,767	7,459	2275,295	278,375
18	15,607	4,956	4,251	0,843	45,226	3,027	3,239	0,202	12,2	0,788	59,368	3,970	3259,451	237,913
20	17,772	5,375	3,862	0,940	39,632	2,901	2,010	0,109	12,750	0,867	62,927	4,572	583,239	337,355

\bar{x} : Promedio; n=10

σ : Desviación estándar ; n=10

Tabla C- 5: Promedios de los parámetros medidos para la Mora de Castilla

Día	Peso perdido (%)		Firmeza (N)		Angulo de tono (°)		Act (mg/L)		SST (°Brix)		Contenido de polifenoles		Capacidad antioxidante	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
0	0,000	0,044	35,800	1,412	299,410	6,385	3,560	0,455	6,570	1,542	30,141	8,503	334,233	44,422
1	1,452	0,912	31,400	1,315	298,925	6,246	4,207	0,756	7,040	0,573	32,913	4,954	308,760	64,514
2	2,168	1,223	24,671	1,603	282,802	6,528	3,579	0,465	5,321	0,724	30,638	2,773	300,666	49,849
3	3,918	1,054	19,816	1,365	283,867	5,644	3,432	0,753	6,140	0,581	33,614	3,141	318,061	10,553
4	6,064	1,624	17,001	0,874	284,970	5,062	3,789	0,481	5,969	0,734	43,967	7,057	295,332	56,979
5	7,972	2,289	12,941	1,769	280,266	6,832	3,816	0,476	7,958	0,515	42,675	4,346	302,141	38,770
6	10,131	2,554	12,560	0,544	285,141	5,021	2,810	0,401	8,510	0,582	46,937	9,385	274,992	72,619

\bar{x} : Promedio; n=10

σ : Desviación estándar ; n=10

10. Bibliografía

- 1] A. Chaudhuri And I. Dukovska-Popovska, "Supply Uncertainty In Food Processing Supply Chain: Sources And Coping Strategies," *International Federation For Information Processing*, Pp. 183–191, 2014.
- [2] P. E. Miller, J. Reedy, S. I. Kirkpatrick, And S. M. Krebs-Smith, "The United States Food Supply Is Not Consistent With Dietary Guidance: Evidence From An Evaluation Using The Healthy Eating Index-2010," *Journal Of The Academy Of Nutrition And Dietetics*, Vol. 115, No. 1, Pp. 95–100, 2015.
- [3] OMS And FAO, "Un Marco Para La Promoción De Frutas Y Verduras A Nivel Nacional," *OMS*, P. 28, 2005.
- [4] A. M. Thow And S. Priyadarshi, "Aid For Trade: An Opportunity To Increase Fruit And Vegetable Supply.," *Bulletin Of The World Health Organization*, Vol. 91, No. 1, Pp. 57–63, 2013.
- [5] Camara De Comercio De Cali, "Enfoque Competitivo, Gerencia De Desarrollo Regional Y De Competitividad," 2014.
- [6] Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, *Anuario Estadístico De Frutas Y Hortalizas 2007-2011 Y Sus Calendarios De Siembras Y Cosechas Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2011*. 2012.
- [7] M. I. Gil, E. Aguayo, And A. A. Kader, "Quality Changes And Nutrient Retention In Fresh-Cut Versus Whole Fruits During Storage," *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 54, No. 12, Pp. 4284–4296, 2006.
- [8] J. Gustavsson, C. Cederberg, And U. Sonesson, "Global Food Losses And Food Waste," Rome, 2011.
- [9] O. Lamikanra, *Fresh-Cut Fruits And Vegetables: Science, Technology, And Market*. Crc Press, 2002.
- [10] A. A. Kader, *Postharvest Technology Of Horticultural Crops*. Ucanr Publications, 2002.
- [11] A. A. Kader, "Flavor Quality Of Fruits And Vegetables," *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, Vol. 88, No. 11, Pp. 1863–1868, Aug. 2008.

- [12] M. Knee, *Fruit Quality And Its Biological Basis*. Crc Press, 2002.
- [13] “Análisis Del Mercado De Frutas De Colombia, Ecuador Y Venezuela Y Presentación De Opciones De Complementación Con Países De Clima Templado.” 1985.
- [14] Sociedad Colombiana De Ciencias Hortícolas, *Cultivo, Poscosecha Y Comercialización De Las Pasifloráceas En Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa Y Curuba*. 2009.
- [15] “Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras.” [Online]. Available:
[Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=127&Tipocons=In](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=127&Tipocons=In)
.
- [16] “Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras.” [Online]. Available:
[Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=127&Tipocons=Mp](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=127&Tipocons=Mp)
- [17] C. Tabares Arboleda And J. Velásquez Riascos, “Estudio De La Vida De Anaquel Del Tomate De Árbol (Cyphomandra Betacea)-Osmodeshidratado Empacado En Atmósferas Modificadas,” Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales, 2003.
- [18] “Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras.”
- [19] Ecograins C. De Productos Organicos, “Características Del Tomate De Arbol,” *Características Del Tomate De Arbol*, 2014. [Online]. Available:
[Https://Ecograins.Wordpress.Com/2014/05/02/Caracteristicas-Del-Tomate-De-Arbol/](https://Ecograins.Wordpress.Com/2014/05/02/Caracteristicas-Del-Tomate-De-Arbol/).
- [20] “Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras.” [Online]. Available:
[Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=166&Tipocons=In](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Slfrutas=166&Tipocons=In)
.
- [21] R. A. Carmona, *Lulo: El Cultivo*, Primera Ed. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lazano Bogotá, 2006.
- [22] “Naranja (Lulo) Pulp, Unsweetened, Frozen: Nutritional Value And Analysis.” [Online]. Available:
[Http://Www.Nutritionvalue.Org/Naranja_\(Lulo\)_Pulp,_Unsweetened,_Frozen_Nutritional_Value.Html](http://Www.Nutritionvalue.Org/Naranja_(Lulo)_Pulp,_Unsweetened,_Frozen_Nutritional_Value.Html). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [23] “Nutritional Info: Naranja (Lulo) Pulp, Frozen, Unsweetened.” [Online]. Available:

- [Http://Skipthepie.Org/Fruits-And-Fruit-Juices/Naranjilla-Lulo-Pulp-Frozen-Unsweetened/](http://Skipthepie.Org/Fruits-And-Fruit-Juices/Naranjilla-Lulo-Pulp-Frozen-Unsweetened/). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [24] Diego Fernando Marmolejo Cortes, "Evaluación De Apomixis En Germoplasma Seleccionado De Mora De Castilla *Rubus Glaucus Benth*," Universidad Nacional De Colombia Sede Palmira, 2010.
- [25] "Mora De Castilla." [Online]. Available: [Http://Luirig.Altervista.Org/Pics/Index3.Php?Search=Mora+De+Castilla&Page=1](http://Luirig.Altervista.Org/Pics/Index3.Php?Search=Mora+De+Castilla&Page=1). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [26] "Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras." [Online]. Available: [Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=29&Tipocons=In](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=29&Tipocons=In). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [27] G. J. Amador, "Psidium Guajava," *Species Plantarum*, No. 1991, Pp. 201–204.
- [28] "Guayaba | Propiedades | Frutas | Consumer Eroski." [Online]. Available: [Http://Frutas.Consumer.Es/Guayaba/Propiedades](http://Frutas.Consumer.Es/Guayaba/Propiedades). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [29] "Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras." [Online]. Available: [Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=86&Tipocons=Mp](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=86&Tipocons=Mp). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [30] "Consulta De Información Nutricional Y Manejo De Frutas Y Verduras." [Online]. Available: [Http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=86&Tipocons=In](http://Abcdefrutasyverduras.Com/Curso/Consulta.Php?Sltrfrutas=86&Tipocons=In). [Accessed: 01-Jan-2017].
- [31] D. A. Garvin, "What Does 'Product Quality' Really Mean?," *Sloan Management Review*, Vol. 26, No. 1. Pp. 25–43, 1984.
- [32] C. Tapiero, *The Management Of Quality And Its Control*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [33] J. J. Dahlgaard, G. K. Khanji, And K. Kristensen, *Fundamentals Of Total Quality Management*. 2008.
- [34] J. S. Oakland, *Total Quality Management: Text With Cases*. 2003.
- [35] R. Sebastianelli And N. Tamimi, "How Product Quality Dimensions Relate To Defining Quality," *International Journal Of Quality & Reliability Management*, Vol. 19, No. 4, Pp. 442–453, 2002.
- [36] D. A. Garvin, "Competing On The Eight Dimensions Of Quality," Nov. 1987.
- [37] K. G. Grunert, "Food Quality And Safety: Consumer Perception And Demand," *European Review Of Agricultural Economics*, Vol. 32, No. 3, Pp. 369–391, 2005.

- [38] C. Peri, "The Universe Of Food Quality," *Food Quality And Preference*, Vol. 17, No. 1–2, Pp. 3–8, 2006.
- [39] H. Lawless, "Dimensions Of Sensory Quality: A Critique," *Food Quality And Preference*, Vol. 6, Pp. 191–199, 1995.
- [40] J. Trienekens And P. Zuurbier, "Quality And Safety Standards In The Food Industry, Developments And Challenges," *International Journal Of Production Economics*, Vol. 113, No. 1, Pp. 107–122, 2008.
- [41] R. Lasztity, "Food Quality And Standards," *Encyclopedia Of Life Supports Systems*, Vol. Volume li. Budapest, 2002.
- [42] H. Lawless, "Dimensions Of Sensory Quality: A Critique," *Food Quality And Preference*, Vol. 6, No. 3, Pp. 191–199, Jan. 1995.
- [43] D. Bourn And J. Prescott, "A Comparison Of The Nutritional Value, Sensory Qualities, And Food Safety Of Organically And Conventionally Produced Foods," *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, Jun. 2010.
- [44] P. Pinstруп-Andersen, "Food Security: Definition And Measurement," *Food Security*, Vol. 1, No. 1, Pp. 5–7, 2009.
- [45] U. Nations, "Safety And Quality Of Fresh Fruit And Vegetables : A Training Manual For Trainers," *New York*, Pp. 1–124, 2007.
- [46] I. Goldberg, *Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [47] K. Menrad, "Market And Marketing Of Functional Food In Europe," *Journal Of Food Engineering*, Vol. 56, No. 2–3, Pp. 181–188, 2003.
- [48] V.B.Tolstoguzov, "Functional Properties Of Food Proteins And Role Of Protein-Polysaccharide Interaction," *Food Hydrocolloids*, Vol. 4, No. 6, Pp. 429–468, 1991.
- [49] L. Holm And H. Kildevang, "Consumers' Views On Food Quality. A Qualitative Interview Study.," *Appetite*, Vol. 27, No. 1, Pp. 1–14, Aug. 1996.
- [50] D. Rico, A. B. Martín-Diana, J. M. Barat, And C. Barry-Ryan, "Extending And Measuring The Quality Of Fresh-Cut Fruit And Vegetables: A Review," *Trends In Food Science And Technology*, Vol. 18, No. 7, Pp. 373–386, 2007.
- [51] A. A. Kader, R. S. Rolle, And F. And A. O. Of The U. Nations, *The Role Of Post-Harvest Management In Assuring The Quality And Safety Of Horticultural Produce*, No. N.º 152. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2004.
- [52] M. Lieberman, *Post-Harvest Physiology And Crop Preservation*. Springer Science & Business Media, 2012.

- [53] A. A. Kader., *Postharvest Biology And Technology Of Horticultural Crops: Principles And Practices For Quality Maintenance*. Apple Academic Press, 2002.
- [54] Real Academia Española, *Diccionario De La Lengua Española*. 2014.
- [55] V. Falguera, F. Gatus, M. Pascual, J. M. Villar, M. Á. Cubero, A. Ibarz, And J. Rufat, "Influence Of Fresh And Processed Fruit Quality Attributes On Peach Purée Consistency Index," *Lwt - Food Science And Technology*, Vol. 45, No. 2, Pp. 123–131, Mar. 2012.
- [56] F. C. Padilla, A. M. Rincón, And L. Bou-Rached, "Contenido De Polifenoles Y Actividad Antioxidante De Varias Semillas Y Nueces," *Archivos Latinoamericanos De Nutricion*, Vol. 58, No. 3, Pp. 303–308, 2008.
- [57] V. L. Singleton, R. Orthofer, And R. M. Lamuela-Raventós, "Analysis Of Total Phenols And Other Oxidation Substrates And Antioxidants By Means Of Folin-Ciocalteu Reagent," *Methods In Enzymology*, Vol. 299, No. 1974, Pp. 152–178, 1998.
- [58] A. A. Kader, "Respiration And Gas Exchange Of Vegetables." M. Dekker, 1987.
- [59] T. P. Labuza And M. K. Schmidl, "Accelerated Shelf-Life Testing Of Foods," *Food Technology (Usa)*, 1985.
- [60] G. L. Robertson, *Food Packaging And Shelf Life: A Practical Guide*. 2009.
- [61] D. K. And P. Subramaniam, *The Stability And Shelf-Life Of Food*. 2000.
- [62] "Shelf Life Evaluation Of Foods | C.M.D. Man | Springer." [Online]. Available: [Http://Www.Springer.Com/Us/Book/9780834217829](http://www.springer.com/us/book/9780834217829). [Accessed: 19-Apr-2016].
- [63] Gloria Inés Giraldo Gómez, "Metodos De Estudio De Vida De Anaquel De Los Alimentos," Primera Ed., Carlos E. Orrego Alzate, Ed. Manizales, Caldas, 1999, P. 100.
- [64] Gloria Inés Giraldo Gómez, "Estudio De La Vida De Anaquel De Frutas Y Productos Derivados," In *Alternativas Innovadoras Para La Agregación De Valor De Las Frutas Colombianas*, 1st Ed., Carlos E Orrego Alzate, Ed. Manizales, Caldas, 2015, Pp. 261–289.
- [65] "Handbook Of Food Engineering Practice - Crc Press Book." [Online]. Available: [Https://Www.Crcpress.Com/Handbook-Of-Food-Engineering-Practice/Valentas-Rotstein-Singh/9780849386947](https://www.crcpress.com/Handbook-Of-Food-Engineering-Practice/Valentas-Rotstein-Singh/9780849386947). [Accessed: 19-Apr-2016].
- [66] J. And C. F. Cantillo, "Durabilidad De Los Alimentos. Métodos De Estimación.," *Instituto De Investigaciones Para La Industria Alimenticia.*, 1994.
- [67] M. A. J. S. Van Boekel, "Kinetic Modeling Of Food Quality: A Critical Review," *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, Vol. 7, No. 1, Pp. 144–158, Jan. 2008.

- [68] C. M. D. Man And A. A. Jones, Eds., *Shelf Life Evaluation Of Foods*. Boston, Ma: Springer Us, 1994.
- [69] E. C. And R. M. G.-G. Antonio Valero, *Trends In Vital Food And Control Engineering*. Intech, 2012.
- [70] D. W. Schaffner, J. Mcentire, S. Duffy, R. Montville, And S. Smith, "Monte Carlo Simulation Of The Shelf Life Of Pasteurized Milk As Affected By Temperature And Initial Concentration Of Spoilage Organisms," *Food Protection Trends*, 2003.
- [71] W.-J. Kong, Y.-L. Zhao, X.-H. Xiao, C. Jin, And Z.-L. Li, "Quantitative And Chemical Fingerprint Analysis For Quality Control Of Rhizoma Coptidischinensis Based On Uplc-Pad Combined With Chemometrics Methods.," *Phytomedicine : International Journal Of Phytotherapy And Phytopharmacology*, Vol. 16, No. 10, Pp. 950–9, Oct. 2009.
- [72] R. A. Johnson And D. W. Wichern, "Applied Multivariate Statistical Analysis," Jan. 1988.
- [73] A. M. K. Pedro And M. M. C. Ferreira, "Multivariate Accelerated Shelf-Life Testing: A Novel Approach For Determining The Shelf-Life Of Foods," *Journal Of Chemometrics*, Vol. 20, No. 1–2, Pp. 76–83, Jan. 2006.
- [74] D. S. Sora, G. Fischer, And Florez.R., "Refrigerated Storage Of Mora De Castilla (Rubus Glaucus) Fruits In Modified Atmosphere Packaging," *Agronomia Colombiana*, Vol. 24 (2), Pp. 306–316, 2006.
- [75] N. Meza And J. Manzano Méndez, "Características Del Fruto De Tomate De Árbol (Cyphomandra Betaceae [Cav.] Sendtn) Basadas En La Coloración Del Arilo, En La Zona Andina Venezolana," *Revista Científica Udo Agrícola*, Vol. 9, No. 2, Pp. 289–294, 2009.
- [76] O. C. O And M. S. Ciencias-Bioquímica, "(Solanum Quitoense) Como Respuesta A La Infección Con Colletotrichum Acutatum Polyphenol Oxidase Induction In Lulo Fruits (Solanum Quitoense) Infected By Colletotrichum Acutatum," Vol. 12, No. 1, Pp. 41–54, 2007.
- [77] Icontec, *Frutas Y Hortalizas Frescas. Generalidades*. 1977.
- [78] Icontec, *Guayaba*. Colombia, 1970.
- [79] Icontec, *Lulo De Castilla. Especificaciones*. Colombia, 2002.
- [80] Icontec, *Maracuyá*. Colombia, 1979.
- [81] Icontec, *Frutas Frescas. Tomate De Arbol*. Colombia, 1997.
- [82] Icontec, *Frutas Frescas. Mora De Castilla*. Colombia, 1997.

- [83] C. Mai, C. Mai, And C. Mai, "Changes Of Postharvest Quality In Passion Fruit (*Passiflora Edulis Sims*) Under Modified Atmosphere Packaging Conditions," Vol. 22, No. 4, Pp. 1596–1606, 2015.
- [84] Moreno Guerrero; Andrade Cuvi; , "Refrigerado De Naranjilla (*Solanum Quitoense*) Tratada Con Refrigerated Storage And Treated With Uv- - - C Radiation .," 2013.
- [85] L. P. Pinzón-Gómez, Y. A. Deaquiz, And J. G. Álvarez-Herrera, "Postharvest Behavior Of Tamarillo (*Solanum Betaceum Cav.*) Treated With CaCl₂ Under Different Storage Temperatures," *Agronomía Colombiana*, Vol. 32, No. 2, Pp. 238–245, Aug. 2014.
- [86] K. Hong, J. Xie, L. Zhang, D. Sun, And D. Gong, "Effects Of Chitosan Coating On Postharvest Life And Quality Of Guava (*Psidium Guajava L.*) Fruit During Cold Storage," *Scientia Horticulturae*, Vol. 144, Pp. 172–178, 2012.
- [87] M. Joo, N. Lewandowski, R. Auras, J. Harte, And E. Almenar, "Comparative Shelf Life Study Of Blackberry Fruit In Bio-Based And Petroleum-Based Containers Under Retail Storage Conditions," *Food Chemistry*, Vol. 126, No. 4, Pp. 1734–1740, 2011.
- [88] P. Maniwara, D. Boonyakiat, P. B. Poonlarp, J. Natwichai, And K. Nakano, "Changes Of Postharvest Quality In Passion Fruit (*Passiflora Edulis Sims*) Under Modified Atmosphere Packaging Conditions," Vol. 22, No. 4, Pp. 1596–1606, 2015.
- [89] M. L. A. T. M. Hertog, R. Ben-Arie, E. Róth, And B. M. Nicola, "Humidity And Temperature Effects On Invasive And Non-Invasive Firmness Measures," Vol. 33, Pp. 79–91, 2004.
- [90] Icontec, *Productos De Frutas Y Verdurdeterminacion De La Acidez Titulable*. Colombia, 1999, P. 6.
- [91] I. F. De O. Rocha And H. M. A. Bolini, "Passion Fruit Juice With Different Sweeteners: Sensory Profile By Descriptive Analysis And Acceptance.," *Food Science & Nutrition*, Vol. 3, No. 2, Pp. 129–39, 2015.
- [92] C. Mejía, D. Gaviria, A. Duque, L. Rengifo, E. Aguilar, And A. Alegría, "Physicochemical Characterization Of The Lulo (*Solanum Quitoense Lam.*) Castilla Variety In Six Ripening Stages," *Vitae*, Vol. 19, No. 2, Pp. 157–165, 2012.
- [93] D. A. I-leatherbell, "The Tamarillo: Chemical Composition During Growth And Maturation," *New Zealand Journal Of Science*, Vol. 25, Pp. 239–243, 1982.
- [94] B. Galvis, "Estudio De Durabilidad De La Pulpa De Mora De Castilla Y Mora San Antonio (*Rubus-Glaucus*)," P. 79, 2003.
- [95] L. C. Ayala, C. P. Valenzuela, And Yanneth Bohorquez, "Caracterización Físicoquímica De Mora De Castilla (*Rubus Glaucus Benth*) En Seis Estados De Madurez.," *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, Vol. 11, No.

- 2, Pp. 10–18, 2013.
- [96] Icontec, *Método Para Determinar El Contenido De Azúcar*. Colombia, 2003, P. 10.
- [97] J. Giné, C. M. Cantin, C. Larrigaudière, L. López, R. López, And G. Echeverria, “Postharvest Biology And Technology Suitability Of Nectarine Cultivars For Minimal Processing : The Role Of Genotype , Harvest Season And Maturity At Harvest On Quality And Sensory Attributes,” *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 93, Pp. 49–60, 2014.
- [98] G. Marinova And V. Batchvarov, “Evaluation Of The Methods For Determination Of The Free Radical Scavenging Activity By DPPH,” Vol. 17, No. 1, Pp. 11–24, 2011.
- [99] P. Molyneux, “The Use Of The Stable Free Radical Diphenylpicryl-Hydrazyl (DPPH) For Estimating Antioxidant Activity,” *Songklanakarin Journal Of Science And Technology*, Vol. 26, No. December 2003, Pp. 211–219, 2004.
- [100] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, And C. Berset, “Use Of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity,” *Lwt - Food Science And Technology*, Vol. 28, No. 1, Pp. 25–30, 1995.
- [101] A. A. R. M. Mustafa Ozgen, R. Neil Reese, Artemio Z. Tulio Jr., Joseph C. Scheerens, “Modified 2,2-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid (Abts) Method To Measure Antioxidant Capacity Of Selected Small Fruits And Comparison To Ferric Reducing Antioxidant Power (Frap) And 2,2'-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) Methods,” *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 54, No. 4, Pp. 1151–1157, 2006.
- [102] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, And C. Rice-Evans, “Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay,” *Free Radical Biology And Medicine*, Vol. 26, No. 9–10, Pp. 1231–1237, 1999.
- [103] J. Javanmardi And C. Kubota, “Variation Of Lycopene, Antioxidant Activity, Total Soluble Solids And Weight Loss Of Tomato During Postharvest Storage,” *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 41, No. 2, Pp. 151–155, Aug. 2006.
- [104] V. B. Kudachikar, S. G. Kulkarni, And M. N. K. Prakash, “Effect Of Modified Atmosphere Packaging On Quality And Shelf Life Of ‘Robusta’ Banana (Musa Sp.) Stored At Low Temperature.,” *Journal Of Food Science And Technology*, Vol. 48, No. 3, Pp. 319–24, Jun. 2011.
- [105] C. R. Chen And H. S. Ramaswamy, “Color And Texture Change Kinetics In Ripening Bananas,” *Lwt - Food Science And Technology*, Vol. 35, No. 5, Pp. 415–419, Aug. 2002.

- [106] L. Abugoch, C. Tapia, D. Plasencia, A. Pastor, O. Castro-Mandujano, L. López, And V. H. Escalona, "Shelf-Life Of Fresh Blueberries Coated With Quinoa Protein/Chitosan/Sunflower Oil Edible Film," *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, Vol. 96, No. 2, Pp. 619–626, 2016.
- [107] M. R. Salazar, C. R., & Torres, "Almacenamiento De Frutos De Maracuyá (Passiflora Edulis Var. Flavicarpa, Degener) En Bolsas De Polietileno," *Revista Ica (Instituto Colombiano Agropecuario)*, Vol. 12, Pp. 1–11, 1977.
- [108] E. Hansen, "Postharvest Physiology Of Fruits," *Annual Review Of Plant Physiology*, Vol. 17, No. 1, Pp. 459–480, Jun. 1966.
- [109] N. F. Haard, "Postharvest Physiology And Biochemistry Of Fruits And Vegetables," 1984.
- [110] M. Lieberman, Ed., *Post-Harvest Physiology And Crop Preservation*. Boston, Ma: Springer Us, 1983.
- [111] P. M. A. Toivonen, F. Kappel, S. Stan, D. L. Mckenzie, And R. Hocking, "Firmness, Respiration, And Weight Loss Of 'Bing', 'Lapins' And 'Sweetheart' Cherries In Relation To Fruit Maturity And Susceptibility To Surface Pitting," *Hortscience*, Vol. 39, No. 5, Pp. 1066–1069, 2004.
- [112] D. Mitropoulos And G. Lambrinos, "Changes In Firmness Of Apples Affected By Moisture Loss During Storage," *Journal Of Horticultural Science And Biotechnology*, Vol. 80, No. 4, Pp. 421–426, 2005.
- [113] M. C. Do N. Nunes And Wiley Interscience (Online Service), *Color Atlas Of Postharvest Quality Of Fruits And Vegetables*. Blackwell Pub, 2008.
- [114] G. B. (Graham B. . Seymour, *The Molecular Biology And Biochemistry Of Fruit Ripening*. Wiley-Blackwell, 2013.
- [115] J. A. Abbott, "Quality Measurement Of Fruits And Vegetables," *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 15, No. 3, Pp. 207–225, Mar. 1999.
- [116] J. C. Diaz-Perez, S. Bautista, And R. Villanueva, "Quality Changes In Sapote Mamey Fruit During Ripening And Storage," *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 18, No. 1, Pp. 67–73, 2000.
- [117] N. Maftoonazad And H. S. Ramaswamy, "Effect Of Pectin-Based Coating On The Kinetics Of Quality Change Associated With Stored Avocados," *Journal Of Food Processing And Preservation*, Vol. 32, No. 4, Pp. 621–643, 2008.
- [118] A. Pongener, V. Sagar, R. K. Pal, R. Asrey, R. R. Sharma, And S. K. Singh, "Physiological And Quality Changes During Postharvest Ripening Of Purple Passion Fruit (Passiflora Edulis Sims)," *Fruits*, Vol. 69, No. 1, Pp. 19–30, 2014.
- [119] S. Wu, M. Lu, And S. Wang, "Effect Of Oligosaccharides Derived From Laminaria

- Japonica-Incorporated Pullulan Coatings On Preservation Of Cherry Tomatoes,” *Food Chemistry*, Vol. 199, Pp. 296–300, 2016.
- [120] G. B. Seymour, M. Poole, J. J. Giovannoni, And G. A. Tucker, “The Molecular Biology And Biochemistry Of Fruit Ripening,” 2013.
- [121] J. B. Biale, “The Postharvest Biochemistry Of Tropical And Subtropical Fruits,” 1961, Pp. 293–354.
- [122] J. Javanmardi And C. Kubota, “Variation Of Lycopene, Antioxidant Activity, Total Soluble Solids And Weight Loss Of Tomato During Postharvest Storage,” *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 41, No. 2, Pp. 151–155, 2006.
- [123] C. J. Márquez Cardozo, J. R. Palacín Beltrán, And L. Fuentes Berrio, “Effect Of Cassava-Starch Coatings With Ascorbic Acidic And N-Acetylcysteine On The Quality Of Harton Plantain (≪l≫Musa Paradisiaca≪l≫),” *Revista Facultad Nacional De Agronomía*, Vol. 68, No. 2, Pp. 7689–7701, 2015.
- [124] E. Cieřlik, A. Gręda, And W. Adamus, “Contents Of Polyphenols In Fruit And Vegetables,” *Food Chemistry*, Vol. 94, No. 1, Pp. 135–142, Jan. 2006.
- [125] G. Williamson And C. Manach, “Bioavailability And Bioefficacy Of Polyphenols In Humans. Ii. Review Of 93 Intervention Studies,” *The American Journal Of Clinical Nutrition*, Vol. 81, No. 1, P. 243s–255s, 2005.
- [126] M. Gil, D. Holcroft, And A. Kader, “Changes In Strawberry Anthocyanins And Other Polyphenols In Response To Carbon Dioxide Treatments,” *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 45, No. Model 10450, Pp. 1662–1667, 1997.
- [127] D. Zhang, P. C. Quantick, And J. M. Grigor, “Changes In Phenolic Compounds In Litchi (Litchi Chinensis Sonn.) Fruit During Postharvest Storage,” *Postharvest Biology And Technology*, Vol. 19, No. 2, Pp. 165–172, 2000.
- [128] S. Tavarini, E. Degl’innocenti, D. Remorini, R. Massai, And L. Guidi, “Antioxidant Capacity, Ascorbic Acid, Total Phenols And Carotenoids Changes During Harvest And After Storage Of Hayward Kiwifruit,” *Food Chemistry*, Vol. 107, No. 1, Pp. 282–288, 2008.
- [129] W. Kalt, C. F. Forney, A Martin, And R. L. Prior, “Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, And Anthocyanins After,” *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 47, No. 11, Pp. 4638–4644, 1999.
- [130] S. Y. Wang And H.-S. Lin, “Antioxidant Activity In Fruits And Leaves Of Blackberry, Raspberry, And Strawberry Varies With Cultivar And Developmental Stage,” *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, Vol. 48, No. 2, Pp. 140–146, 2000.
- [131] E. R. Pantastico, *Fisiología De La Postrecolección, Manejo Y Utilización De Frutas*

- Y Hortalizas Tropicales Y Suptopicales*. Mejico: Compañía Editorial Continental S. A., 1979.
- [132] C. Arias Velasquez And J. Toledo Hevia, "Manual De Manejo Postcosecha De Frutas Tropicales (Papaya, Piña, Plátano, Cítricos)," 2000. .
- [133] P. Chen And Z. Sun, "A Review Of Non-Destructive Methods For Quality Evaluation And Sorting Of Agricultural Products," *Journal Of Agricultural Engineering Research*, Vol. 49, No. C, Pp. 85–98, 1991.
- [134] D. Kilcast, "1 – Measurement Of The Sensory Quality Of Food: An Introduction," In *Instrumental Assessment Of Food Sensory Quality*, 2013, Pp. 1–26.
- [135] N. Fern??N, P. Venero, D. Conchado, J. Garc??A, And C. ??Lvarez, "Entrenamiento Sensorial Para La Evaluaci??N De La Calidad De Un Jam??N Endiablado," *Revista Científica Udo Agrícola*, Vol. 9, No. 3, Pp. 640–652, 2009.
- [136] M. Soledad Hernández, J. Barrera, And L. Marina Melgarejo, "Libro Experimentos En Fisiología Y Bioquímica Vegetal."
- [137] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, And V. Berenguer Navarro, *Fundamentos De Química Analítica*. Reverté, 1996.
- [138] A. H. Gómez, Y. He, And A. G. Pereira, "Non-Destructive Measurement Of Acidity, Soluble Solids And Firmness Of Satsuma Mandarin Using Vis/Nir-Spectroscopy Techniques," *Journal Of Food Engineering*, Vol. 77, No. 2, Pp. 313–319, 2006.
- [139] P. Barreiro, M. Ruiz-Altisent, C. Valerio, And J. García-Ramos, "Fruit Postharvest Technology : Instrumental Measurement Of Ripeness And Quality," Vol. 3, No. 3, Pp. 321–340, 2004.
- [140] S. N. Jha And T. Matsuoka, "Non-Destructive Techniques For Quality Evaluation Of Intact Fruits And Vegetables.," *Food Science And Technology Research*, Vol. 6, No. 4, Pp. 248–251, 2000.
- [141] P. E. Zerbini, "Emerging Technologies For Non- Destructive Quality Evaluation Of Fruit," *Journal Of Fruit And Ornamental Plant Research*, Vol. 14, Pp. 13–22, 2006.
- [142] H. Gao, F. Zhu, And J. Cai, "A Review Of Non-Destructive Detection For Fruit Quality," *Ifip Advances In Information And Communication Technology*, Vol. 317, Pp. 133–140, 2010.
- [143] P. Butz, C. Hofmann, And B. Tauscher, "Recent Developments In Noninvasive Techniques For Fresh Fruit And Vegetable Internal Quality Analysis," *Journal Of Food Science*, Vol. 70, No. 9, Pp. R131–R141, 2005.
- [144] G. J. C. Santulli, "Development Of A Method For Nondestructive Testing Of Fruits," Vol. 11, No. 10, 2006.
- [145] B. December, "Methodology For Assessing The Quality Of Fruit And," 2001.

- [146] D. Sivakumar, Y. Jiang, And E. M. Yahia, "Maintaining Mango (*Mangifera Indica* L.) Fruit Quality During The Export Chain," *Food Research International*, Vol. 44, No. 5, Pp. 1254–1263, 2011.