



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

#### “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ESTADOS DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DEL FRUTO DE MOTILÓN *Hyeronima macrocarpa*.”

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

**Autor:** Adriana Margarita Martínez Cadena

**Director:** Ing. Nicolás Pinto Mosquera, MSc.

Ibarra – Ecuador

2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ESTADOS DE MADUREZ  
SOBRE LAS PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DEL FRUTO DE  
MOTILÓN

*Hyeronima macrocarpa.*”

Tesis revisada por miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**APROBADA:**

Ing. Nicolás Pinto MSc

FIRMA

  
.....

**DIRECTOR DE TESIS**

Dra. Lucía Yépez MSc

  
.....

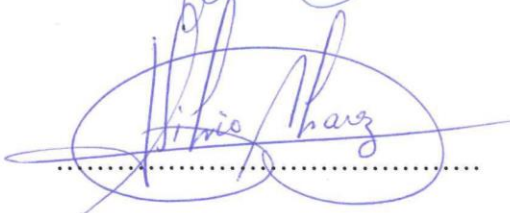
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Ángel Satama MSc

  
.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Lic. Silvio Álvarez MSc

  
.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

---

#### DATOS DE CONTACTO

---

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 100303705-6

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Martínez Cadena Adriana Margarita

**DIRECCIÓN:** Av. 17 julio 9-103

**EMAIL:** adrimjd2504@yahoo.es

**TELÉFONO MÓVIL** 0980447558

---

#### DATOS DE LA OBRA

---

**TÍTULO:** “Evaluación del efecto de los estados de madurez sobre las propiedades nutraceuticas del fruto de motilón *Hyeronima macrocarpa*”

**AUTOR:** Martínez Cadena Adriana Margarita

**FECHA:** 2019-01-22

**PROGRAMA:** X PREGRADO POSGRADO

**TÍTULO POR EL QUE OPTA:** Ingeniero Agroindustrial

**DIRECTOR:** Ing. Nicolás Pinto MSc

---

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Adriana Margarita Martínez Cadena, con cédula de identidad número 100303705-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca Universitaria con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y con apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de enero del 2019

**Autor**



Adriana Margarita Martínez Cadena

C.C. 100303705-6



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Adriana Margarita Martínez Cadena, con cédula de identidad Nro. 1003037056, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ESTADOS DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DEL FRUTO DE MOTILÓN *Hyeronima macrocarpa*”**, que ha sido desarrollado para obtener el título de: Ingeniera Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra anteriormente citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 22 días del mes de enero del 2019

**Autor**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Adriana Martínez Cadena", is written over a horizontal line.

Adriana Margarita Martínez Cadena

C.C. 100303705-6

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Adriana Margarita Martínez Cadena, con cédula de ciudadanía N° 100303705-6 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'N. Pinto Mosquera', is written over a horizontal line.

Ing. Nicolás Pinto Mosquera, MSc

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi fuerza y mi guía, nunca me dejó sola.

A mis padres Ruby Cadena y Francisco Martínez quienes han dado tanto por verme triunfante en mis metas, a mis hermanas Aracely y Erika por ser mi apoyo incondicional cada día.

A los docentes Ing. Magali Cañarejo e Ing. Pedro Sandoval por ser los precursores de esta investigación, por su visión y entrega.

Al excelente equipo de docentes que dedicaron su tiempo, conocimiento y paciencia para el desarrollo de este trabajo: Ing. Nicolás Pinto, Dra. Lucía Yépez, Ing. Ángel Satama y Lic. Silvio Álvarez.

A quienes de una u otra forma, supieron darme una mano en los momentos más críticos, Dr. José Luis Moreno, Ing. Juan De la Vega, Ing. Jorge Torres, a mis queridos amigas y amigos.

Por siempre agradecida con cada uno de ellos.

## **DEDICATORIA**

A la memoria de quien fue un buen compañero, un buen hombre, un magnífico amigo y pudo ser un gran Ingeniero Agroindustrial:

**Víctor Henry Flores Pabón.**

Querido **Pepito** para ti este logro, que también sea como tuyo, tu recuerdo siempre vive en nuestros corazones.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY .....	ix
CÁPITULO I.....	10
INTRODUCCIÓN .....	10
1.1    PROBLEMA .....	10
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	11
1.3    OBJETIVOS.....	13
1.3.1    Objetivo General.....	13
1.3.2    Objetivos Específicos.....	13
1.4    HIPÓTESIS .....	13
1.4.1    Hipótesis Nula.....	13
1.4.2    Hipótesis Alternativa.....	13
CAPÍTULO II .....	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1    MOTILÓN.....	14
2.1.1    Generalidades .....	14
2.1.2    Taxonomía.....	15
2.1.3    Botánica de la planta .....	15
2.1.4    Distribución geográfica.....	16
2.1.5    Propiedades del fruto de motilón .....	17
2.2    ESTADOS DE MADUREZ.....	18
2.2.1    Cambios Físicos .....	18
2.2.2    Cambios Metabólicos:.....	19

2.2.3	Cambios en la Expresión Génica .....	19
2.2.4	Climaterio.....	19
2.2.5	Índices de recolección. Índices de calidad .....	21
2.2.6	Momento óptimo de recolección: .....	23
2.3	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE ALIMENTOS.....	24
2.3.1	Análisis fisicoquímicos convencionales .....	25
2.3.2	Análisis de color.....	26
2.3.3	Análisis químicos específicos en alimentos.....	28
2.4	COMPUESTOS BIOACTIVOS .....	29
2.4.1	Antocianinas.....	29
2.4.2	Los compuestos fenólicos .....	31
2.4.3	Capacidad Antioxidante por antocianos en frutas.....	32
2.5	CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS .....	33
2.5.1	Análisis de Fenoles Solubles Totales.....	33
2.5.2	Determinación de la Actividad Antioxidante por el método DPPH	34
CAPÍTULO III.....		35
MATERIALES Y MÉTODOS .....		35
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	35
3.1.1	Fase del desarrollo del experimento.....	35
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS .....	36
3.2.1	Material biológico .....	36
3.2.2	Materiales de laboratorio.....	36
3.2.3	Reactivos de laboratorio.....	36
3.2.4	Equipos.....	36
3.3	MÉTODOS.....	37

3.3.1	Determinación de los estados de madurez adecuados para la cosecha del fruto de motilón en base al Índice de Madurez ( <sup>o</sup> Brix y Acidez Titulable).	37
3.3.2	Caracterización mediante análisis físicos y químicos del fruto de motilón en tres estados de madurez (fisiológico, comercial y de consumo).	37
3.3.3	Análisis del contenido de fenoles solubles totales y la capacidad antioxidante del fruto.	38
3.3.4	Desarrollo de la investigación	38
3.3.5	Factor en estudio	38
3.3.6	Diseño experimental	38
3.3.7	Unidad experimental	38
3.3.8	Tratamientos	39
3.3.9	Características del experimento	39
3.3.10	Análisis de varianza	39
3.3.11	Variables evaluadas	39
3.3.12	Manejo específico del experimento	40
CAPÍTULO IV		52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
4.1	ESTADOS DE MADUREZ ADECUADOS PARA LA COSECHA DEL FRUTO DE MOTILÓN	52
4.1.1	Clasificación por Índices de madurez	52
4.1.2	Índice de madurez	53
4.1.3	Análisis de color	54
4.1.4	Estados de madurez	57
4.2	CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DEL MOTILÓN EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICO, COMERCIAL Y DE CONSUMO	59

4.2.1	Análisis físicos: .....	59
4.2.2	Análisis químicos .....	62
4.3	ANÁLISIS DE FENOLES SOLUBLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL MOTILÓN. ....	66
4.3.1	Contenido de Fenoles Solubles Totales (FST).....	66
4.3.2	Capacidad antioxidante: .....	67
CAPÍTULO V	.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	69
5.1	CONCLUSIONES.....	69
5.2	RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	71
ANEXOS	.....	78
Anexo 1.	Árbol de problemas .....	78
Anexo 2.	Certificación del motilón como especie exenta o no del aprovechamiento sustentable o ubicación en áreas protegidas .....	79
Anexo 3.	Norma Técnica Ecuatoriana .....	82
Anexo 4.	Figura de colores establecida para 7 índices de madurez MOTILÓN .....	87
Anexo 5.	Descripción de la gama de color del motilón .....	87
Anexo 6.	Cálculo de $r^2$ en base a la curva patrón de ácido gálico .....	88
Anexo 7.	Cálculo de FST de las muestras.....	88
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto del motilón ( <i>hyeronima macrocarpa</i> ).....	14
Figura 2. Corte longitudinal del fruto de motilón ( <i>hyeronima macrocarpa</i> ).....	15
Figura 3. Árbol motilón ( <i>hyeronima macrocarpa</i> ) .....	16
Figura 4. Comportamiento de productos climatéricos y no climatéricos con relación a su tasa de respiración.....	20
Figura 5. Recolección de café .....	21
Figura 6. Calidad organoléptica de un fruto en función de su madurez .....	23
Figura 7. Sólido tridimensional con los tres atributos del color .....	27
Figura 8. Espacio de color L*C*H.....	28
Figura 9. Estructura y sustituyente de las antocianinas.....	29
Figura 10. Efecto del pH sobre la estructura química y el color de las antocianinas .....	31
Figura 11. Grupo fenol característico de la estructura de los compuestos fenólico .....	31
Figura 12. Mecanismo de acción del reactivo de folin-ciocalteu.....	33
Figura 13. Reacción del dpph con el método del 2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo ....	34
Figura 14. Flujo del proceso de desarrollo del experimento .....	40
Figura 15. Materia prima motilón .....	41
Figura 16. Selección y clasificación.....	42
Figura 17. Lavado de los frutos.....	41
Figura 18. Estados de madurez mora de castilla .....	42
Figura 19. Pesaje del fruto .....	43

Figura 20. Determinación del calibre o tamaño .....	43
Figura 21. Análisis de color del fruto .....	44
Figura 22. Análisis de textura .....	45
Figura 23. Cremogenados de las muestras.....	45
Figura 24. Análisis de pH.....	46
Figura 25. Análisis de acidez. ....	46
Figura 26. Análisis de sólidos solubles totales.....	47
Figura 27. Pulpa de motilón en 3 estados de madurez.....	49
Figura 28. Extractos de motilón en 3 estados de madurez. ....	49
Figura 29. Diluciones ácido gálico para la curva de calibración. ....	50
Figura 30. Preparación de solución dpph.....	51
Figura 31. Ensayo DPPH degradación de tonalidad. ....	51
Figura 32. Gama de color del motilón ( <i>hyeronima macrocarpa</i> ) .....	52
Figura 33. representación del ángulo de tono <sup>0</sup> Hue en la gráfica de color de las muestras en estudio. ....	56
Figura 34. Comportamiento del peso y tamaño de los frutos de motilón. ....	60
Figura 35. Comportamiento e interacción de la textura con el contenido de los sólidos solubles totales del motilón.....	61
Figura 36. Comportamiento de las propiedades químicas del motilón en tres estados de madurez. ....	62
Figura 37. Contenido de FST en los extractos de motilón en 3 estados de madurez .....	66
Figura 38. Capacidad antioxidante del motilón en 3 estados de madurez .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del motilón.....	15
Tabla 2. Índices de recolección y calidad .....	22
Tabla 3. Indicadores fisicoquímicos generales por grupo de alimentos .....	25
Tabla 4. Componentes generales de frutas y verduras.....	29
Tabla 5. Sustituyentes de las antocianinas en el anillo B.....	30
Tabla 6. Ubicación georeferencial del estudio de caracterización del motilón....	35
Tabla 7. Variables y métodos utilizados para análisis físicoquímicos de frutos... 37	
Tabla 8. Análisis fisicoquímico del fruto en tres estados de madurez.....	38
Tabla 9. Análisis de las propiedades nutraceuticas del motilón.....	38
Tabla 10. Factores en estudio.....	38
Tabla 11. Esquema del análisis de varianza para DCA .....	39
Tabla 12. Determinación del índice de madurez.....	53
Tabla 13. Valores de color del motilón según su madurez .....	54
Tabla 14. Prueba de tukey al 5% para el índice de madurez de las muestras del motilón. ....	57
Tabla 15. Prueba de tukey al 5% para <sup>0</sup> hue de las muestras de motilón.....	57
Tabla 16. Escala de color del motilón para 3 estados de madurez del motilón. ..	58
Tabla 17. Propiedades físicas del motilón.....	59
Tabla 18. Composición nutricional del motilón.....	64
Tabla 19. Composición mineral del motilón.....	65
Tabla 18. Capacidad antioxidante expresada en porcentaje de Inhibición del motilón en 3 estados de madurez.....	68

## RESUMEN

El Motilón (*Hyeronima macrocarpa*) es una baya silvestre con propiedades nutraceuticas debido a la presencia de compuestos antioxidantes naturales como las antocianinas que son pigmentos que dan los colores característicos. El contenido fenólico se encuentra en el motilón en alta concentración con un valor de 620,29mg de ácido gálico/100g de pulpa en su máxima maduración, por lo que, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de los estados de madurez sobre las propiedades nutraceuticas de este fruto. Se planteó como factor de estudio los estados de madurez: fisiológico, comercial y de consumo. Las variables evaluadas fueron Sólidos Solubles Totales (SST), Acidez Titulable (ATT), color, peso, tamaño, textura y pH, mediante métodos estandarizados. Para Fenoles Solubles Totales (FST) y Capacidad Antioxidante (AAT), se empleó el método de Folin-Ciocalteu y de DPPH respectivamente. Se caracterizó al motilón en sus tres estados de madurez, los resultados indicaron que el fruto en madurez comercial es el adecuado para la cosecha con SST 10,07°Brix, ATT 1,35%, baya ovoide de color morado, textura ligeramente dura con 2,49N, humedad 89%, fibra 0,77%, y calcio 18,9 mg/100g. El contenido de FST fue de 620,3 mg de ácido gálico/100 g pulpa en frutos maduros, consecuentemente la AAT fue directamente proporcional a éstos con un porcentaje de inhibición promedio al 70%, los frutos de madurez comercial y consumo al no presentar alta diferencia altamente significativa (5%) muestra que el motilón desarrolla sus propiedades nutraceuticas en relaciona las características fisicoquímicas conforme madura.

**Palabras clave:** propiedades nutraceuticas, compuestos antioxidantes, estados de madurez, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.



## SUMMARY

Motilón (*Hyeronima macrocarpa*) is a wild berry with nutraceutical properties due to its natural antioxidant compounds such as, anthocyanins that give its characteristic color. The Phenolic Content of this product is in high concentration with a value of 620,29mg of Gallic acid/100g of pulp at its maximum maturity, therefore, the objective of this investigation was to evaluate the effect of maturity states on the nutritional properties of motilón. The maturity stages were considered for this study factor, maturity: physiological, commercial and consumption. The variables evaluated were Total Soluble Solids (TSS), Titratable Acidity (TA), color, weight, size, texture, pH through standardized methods. For Total Soluble Phenols (TSP) and Antioxidant Activity (AAT), the Folin-Ciocalteu method and the DPPH were used respectively. The motilón was characterized in the three states of maturity, the results indicated that the fruit in commercial maturity is adequate for harvesting, with SST of 10,07°Brix, ATT 1,35%, ovoid berry of violet color, texture slightly hard with 2,49N, humidity 89%, fiber 0,77%, and calcium 18,9mg/100g. The content of FST was 620.3 mg of gallic acid / 100 g pulp in mature fruits, consequently the AAT was directly proportional to these with a percentage of average inhibition to 70%, fruits of commercial maturity and consumption to not present high The highly significant difference (5%) shows that the motilón develops its nutraceutical properties in relation to the physicochemical characteristics as it matures.

**Key words:** nutraceutical properties, antioxidant compounds, maturity states, phenolic compounds, antioxidant capacity.

# CÁPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROBLEMA

El Motilón *Hyeronima macrocarpa* es un frutal leñoso que se encuentra en diferentes bosques andinos de la sierra ecuatoriana, sus frutos son drupas silvestres poco conocidos, a pesar de que “ancestralmente” se lo emplea en la preparación de bebidas tradicionales como la colada morada, por su alto potencial como colorante de tono violeta y su agradable sabor.

Investigaciones internacionales sobre frutos silvestres, revelan que el motilón presenta un elevado contenido de antocianinas, un alto potencial y capacidad antioxidante para atrapar los radicales libres. Según Santacruz L.A (2011), los resultados del estudio indican que cada 100 gramos de motilón contienen 240 miligramos de antocianinas, valor diez veces mayor que de otras frutas estudiadas, entre ellas la mora de castilla, que contiene 18 miligramos por cada 100 gramos de fruta.

La cosecha la realizan los moradores de varias comunidades del Ecuador, quienes desde años atrás los consumen frescos. Existe poco interés en el cuidado y propagación de estas especies teniendo como consecuencia el desperdicio de los frutos de motilón como posible materia prima y la poca industrialización de las mismas.

El problema radica en el desconocimiento y la desvalorización de las características funcionales del fruto, actualmente no se cuenta con información técnica certificada sobre éste, debido a esto la inclusión al mercado es poca o nula, la población necesita que se evidencie las características y de los beneficios para la salud que poseen estos frutos para una comercialización e industrialización.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad en el Ecuador, motilón *Hyeronima macrocarpa* no está ubicado dentro de áreas protegidas, no consta en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN (Anexo 2). En la provincia de Imbabura se puede confirmar que la cosecha de frutos se realiza en dos temporadas al año, entre los meses de mayo a julio y de octubre a enero, en lo que respecta a las comunidades de Naranjito, Ibarra, Imbabura.

Villareal, Jiménez, Hurtado y Cruz, (2008), mencionan que el fruto del motilón tiene pulpa color morado debido a la presencia de antocianinas, una clase de pigmentos reconocidos por su capacidad para capturar radicales libres, que al ser comparado con otras fuentes alimenticias reconocidas por su valor nutritivo, se demostró que este fruto presenta alto contenido antioxidante.

El objetivo de este trabajo fue que los pobladores puedan contar con información validada sobre este fruto, que sea real, analítica y de fácil manejo, evaluando los estados de madurez y la relación con sus propiedades nutricionales, con visión a la exportación, ya que en el país el único uso del motilón es con fines madereros como lo reportan Prado y Valdebenito, (2000).

Además, da paso a nuevas tendencias de investigación, Garzón (2008) menciona que las antocianinas son pigmentos que representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos, cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano.

En el campo agroindustrial genera perspectivas para la obtención de productos de color natural y funcionales con valor agregado para consumo humano, y en el campo ambiental a la difusión de la información e importancia para el desarrollo

del cuidado, manejo y la propagación controlada de esta especie, alternativas que incrementarán la economía de pequeños agricultores, ya que al ser un fruto sustentable, aportará directamente a la Seguridad y Soberanía Alimentaria local y del país, siendo accesible económicamente para el mercado, otorgando beneficios sociales, medioambientales, y garantizando el derecho humano a la previsión de alimentos sanos, nutritivos, suficientes y culturalmente apropiados.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de los estados de madurez sobre las propiedades nutraceuticas del fruto del motilón *Hyeronima macrocarpa*.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los estados de madurez adecuados para la cosecha del fruto de motilón en base al Índice de Madurez (°Brix y Acidez Titulable).
- Caracterizar mediante análisis físicos y químicos el fruto de motilón en tres estados de madurez (fisiológico, comercial y de consumo).
- Analizar el contenido de Fenoles Solubles Totales y Capacidad Antioxidante del fruto en tres estados de madurez (fisiológico, comercial y de consumo).

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS NULA**

El estado de madurez no influye significativamente en las características fisicoquímicas, el contenido de Fenoles Solubles Totales y Capacidad Antioxidante del fruto de motilón *Hyeronima macrocarpa*.

### **1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

El estado de madurez influye significativamente en las características fisicoquímicas, el contenido de Fenoles Solubles Totales y Capacidad Antioxidante del fruto de motilón *Hyeronima macrocarpa*.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 MOTILÓN

##### 2.1.1 GENERALIDADES

El Motilón (*Hyeronima macrocarpa*) es un árbol con fuste o tronco es casi cilíndrico y un tanto rugoso (Mueller, 2003). Su fruto es considerado una baya o fruta silvestre, que no ha sido domesticado, crece en las zonas frías del Ecuador y de varios países de Suramérica, posee un alto contenido de Antocianinas, consideradas como sustancias antioxidantes.



**Figura 1.** Fruto del motilón (*Hyeronima macrocarpa*)

En la provincia de Imbabura, en alturas que oscilan 2 700 – 2 900 msnm, existen grandes extensiones de vegetación silvestre, entre ellas se encuentran los árboles de motilón (*Hyeronima macrocarpa*) los nativos de estas zonas cosechan los frutos de manera no tecnificada, siendo los meses de septiembre-octubre los meses de mayor

producción. Mueller (2003) afirma: “El fruto del motilón es una drupa carnosa, piriforme, negra con pulpa morada. Posee una semilla parda con testa dura”. Las características más relevantes de este fruto son el color y el sabor.



**Figura 2.** Corte longitudinal del fruto de motilón (*Hyeronima macrocarpa*)

### 2.1.2 TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica del motilón se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del motilón

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Filo:</b>	Angiospermophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Euphorbiales
<b>Familia:</b>	Euphorbiaceae
<b>Género:</b>	Hyeronima
<b>Especie:</b>	macrocarpa
<b>Nombre común:</b>	Motilón
<b>Nombre científico:</b>	<i>(Hyeronima macrocarpa)</i>

Fuente: Lozano, (2002)

### 2.1.3 BOTÁNICA DE LA PLANTA

En los pocos estudios realizados a la vegetación exótica de la región interandina, Palacios (2016) menciona: Árbol hasta 25m de altura y 60cm de DAP. Corteza interna roja. Flores cremas,  $\pm 3$ mm de largo, con estambres exentos. Su fruto es una drupa ovoide o elipsoide, violácea-rojiza o purpura, 1-1.6 cm de largo, semilla una. Bosques húmedos, 800-2500 msnm. Usos, madera para construcción; frutos comestibles.



**Figura 3.** Árbol motilón (*Hyeronima macrocarpa*)

Hojas simples, alternas helicoidales elípticas, obovadas o ligeramente oblongas, 5-15 x 4-7 cm, coriáceas o crasas, muy quebradizas, has con escamas dispersas, a veces combinadas con pelos estrellados, de aspecto áspero, envés con densas escamas pardas (color parduzco); “nervación inconspicuamente broquidódroma”: peciolo ligeramente engrosados y curvados en el ápice (Palacios, 2016).

#### **2.1.4 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

Según Prado y Valdebenito (2000), en el Ecuador esta especie ha sido localizada entre 1500 a 3500 msnm en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Bolívar, Cañar y Napo. Presentan un mejor desarrollo desde los 2900 a los 3200 msnm.

El motilón (*Hyeronima macrocarpa*), a nivel de la serranía ecuatoriana se encuentra en el bosque montano (neblina), en la estribación oriental y occidental de la cordillera de los Andes. La vegetación corresponde al bosque nublado de altura, con importancia de especies epifitas y chusquea en sitios alterados. En Cañar es frecuente localizarlo en comunidades de las parroquias Chontamarca, General Morales, San Antonio de Paguancay y Gualleturo entre altitudes de 2000 a 3400 msnm con precipitaciones comprendidas entre 1200 y 1500 mm y temperaturas que oscilan entre 14 ° y 18°C (Prado y Valdebenito, 2000).



### 2.1.5 PROPIEDADES DEL FRUTO DE MOTILÓN

Villareal, Jiménez, Hurtado, y Cruz (2008), mencionan que el fruto del motilón dulce *Hyeronima macrocarpa* tiene pulpa color morado debido a la presencia de antocianinas, una clase de pigmentos reconocidos por su capacidad para capturar radicales libres.

Existen pocos estudios realizados en Colombia que muestran como resultado a este fruto como un gran potencial en la industria alimentaria. Las características cromáticas observadas para los extractos enriquecidos en antocianinas (AREs) de cuatro frutas tropicales colombianas: motilón, coral, uva de árbol y mora pequeña, frente a los cambios de pH y periodo de almacenamiento, justifican el aprovechamiento de estos extractos como colorantes para alimentos ácidos. Con base en los resultados obtenidos, la uva de árbol y el motilón constituyen una fuente promisorio de pigmentos antociánicos (Santacruz, Osorio, González-Miret, y Heredia, 2012).

Así, la riqueza de estos índices en los extractos estudiados, permitió sugerir sobre la importancia que estos ejercen en la reducción del daño oxidativo a nivel celular, en a los resultados del índice de fenoles totales (FT) y antocianos totales (AT) de los extractos, para relacionarlos con su respectiva actividad antioxidante y compararlos con frutos reconocidos por su valor alimenticio (Villareal, Jiménez, Hurtado, y Cruz, 2008).

Estudios han demostrado que el consumo de frutas y hortalizas frescas juega un papel importante en la dieta humana, debido a los efectos positivos en la prevención de enfermedades crónico-degenerativas (Manach, Williamson, Morand, Scalbert, y Rémésy, 2005).

Villareal *et al.*, (2008) refiere que teniendo en cuenta la relación que existe entre el contenido de polifenoles con la capacidad para capturar radicales libres, la pulpa de motilón es un alimento que puede contribuir a la salud humana.

## 2.2 ESTADOS DE MADUREZ

La madurez o índice de maduración en un producto se define como la “medida que puede utilizarse para determinar si un producto en particular posee la madurez requerida comercialmente” (Kader, *et al.*, 2007).

La maduración de los frutos puede ser definida como la secuencia de cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que conducen a la formación de un fruto apto para el consumo humano. Estos cambios se dan a tres niveles: físicos, metabólicos y cambios en la expresión génica.

### 2.2.1 CAMBIOS FÍSICOS

- **Cambios de color:** Los cloroplastos de las células del fruto sufren un desmantelamiento, que acaba con las clorofilas. Este fenómeno desenmascara otros pigmentos existentes, como los carotenoides ( $\beta$ -caroteno, licopeno). Además, la maduración implica la síntesis de novo de pigmentos, como las antocianinas. Esto provoca un cambio en el color del fruto, que deja de ser verde (Asenjo Vera, Morales de los Ríos, Sainz Urruela, y Tapia Hernández, 2015).
- **Alteraciones en el sabor:** cambios en la acidez, astringencia y dulzor. En la respiración hay una degradación oxidativa de los materiales de reserva (compuestos carbonados: almidón) del fruto que da lugar a compuestos sencillos como los azúcares y ácidos orgánicos. Por ello los frutos son dulces. También por este proceso de catabolismo se generan compuestos de naturaleza fenólica que son volátiles y les confieren el aroma característico (Asenjo *et al.*, 2015).
- **Cambios en la textura del fruto:** las células de los frutos son cada vez más permeables durante la maduración, porque la integridad de los compuestos de las paredes celulares se pierden. Por acción del etileno se activan una serie de enzimas hidrolíticas (poligalacturonasa y celulasa), que rompen los enlaces entre los polisacáridos de la pared. La infiltración de  $\text{Ca}^{2+}$  tiene un efecto retardante en la maduración y envejecimiento del fruto, ya que este elemento tiene una función restauradora de la integridad de la membrana y restablece sus propiedades de permeabilidad selectiva (Asenjo *et al.*, 2015).

### **2.2.2 CAMBIOS METABÓLICOS:**

Se produce un aumento respiratorio, provocando la síntesis y liberación de etileno-  
Metabolismo de almidón, finalmente se desarrollan los ácidos orgánicos  
produciendo el sabor y la alteración en la regulación de rutas metabólicas.

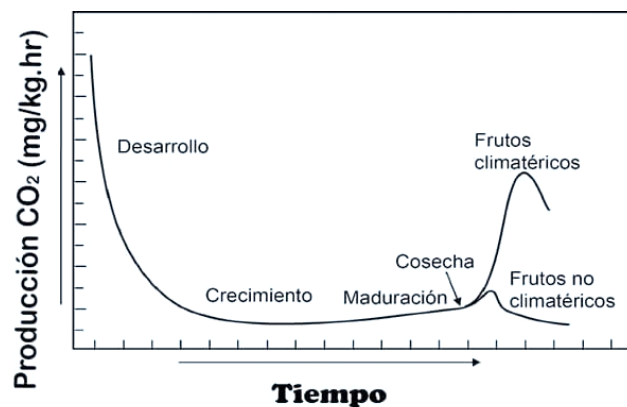
### **2.2.3 CAMBIOS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA**

En esta fase desaparecen el Ácido Ribonucleico mensajero (mRNA) y proteínas  
sintetizadas antes de iniciarse la maduración, dando lugar a la aparición de nuevos  
RNAs específicos para la maduración, activando la síntesis de enzimas que  
catalizan los cambios que se producen durante la maduración, y en el caso de frutos  
climatéricos, el etileno induce la expresión de genes específicos para la maduración.

### **2.2.4 CLIMATERIO**

Según Asenjo *et al.*, (2015) es el periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante  
el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción  
autocatalítica de etileno (hormona natural de la maduración), que señala el cambio  
de crecimiento a envejecimiento, implica un aumento en la respiración y conduce  
de forma irreversible a la maduración del fruto. Todos los frutos liberan etileno, lo  
que marca la diferencia entre frutos climatéricos y no climatéricos es la forma de  
liberarlo.

Además Asenjo *et al.*, (2015) es importante conocer: la fisiología de la madurez de  
los distintos productos, ya que los frutos al separarse de la planta pueden o no  
continuar madurando. Dicho mecanismo metabólico de madurez permite clasificar  
a los productos en frutos climatéricos y no climatéricos. Esta clasificación es de  
acuerdo al patrón respiratorio y producción de etileno que tienen los frutos durante  
su etapa temprana de maduración.



**Figura 4.** Comportamiento de productos climatéricos y no climatéricos con relación a su tasa de respiración

Fuente: Yahía, (2017)

- **Frutos climatéricos:** Son aquellos frutos que muestran un incremento de la maduración como consecuencia de la actuación del etileno. Estos frutos muestran un incremento de su actividad respiratoria antes de la fase de maduración denominada climaterio, y muestran una máxima producción de etileno justo antes de que se incremente esta actividad respiratoria, los frutos son capaces de madurar después de haber sido cortados y el inicio de la maduración puede adelantarse mediante la aplicación exógena de etileno.
- **Frutos no climatéricos:** Son aquellos frutos que maduran gradual y constantemente, sin mostrar un aumento significativo de la actividad respiratoria ni de la producción de etileno al inicio de la maduración. Si se les aplica etileno exógenamente se produce un incremento de su actividad respiratoria pero no se induce la producción endógena de etileno ni se acelera el proceso de maduración. Su crecimiento y maduración se ve frenado si estos frutos son cortados de la planta. Ejemplo: cereza, calabaza, uva, pomelo, piña, limón, naranja, mandarina, fresa. En frutos no climatéricos parece ser que la maduración se encuentra regulada por auxinas, que actúan como represores de la maduración. Así, mientras la producción de auxinas por los aquenios se mantiene a niveles elevados, los síntomas de maduración no se presentan, pero tan pronto como estos comienzan a disminuir se pone en marcha el proceso que se inicia con la acumulación de antocianinas y la expresión específica de genes de maduración (Asenjo *et al.*, 2015).

### 2.2.5 ÍNDICES DE RECOLECCIÓN. ÍNDICES DE CALIDAD

La necesidad de tener criterios objetivos que indiquen la calidad, el estado de madurez o el momento óptimo de recolección, han llevado a desarrollar índices, los cuales indican el valor de un determinado parámetro relacionado con una característica del fruto, una recolección temprana impide la correcta maduración del fruto durante el almacenamiento (Viñas, Recasens, y Usal, 2013).



**Figura 5.** Recolección de café

Fuente: Gonzáles, (2011)

La cosecha de los frutos en un estado de madurez adecuado permite iniciar su proceso poscosecha de la mejor manera y calidad posible. Cosechar frutos en un estado temprano o antes de tiempo ocasiona que estos no cuenten con el sabor apropiado e incluso no maduren adecuadamente. Por el contrario, si se cosechan los frutos muy tarde, se tendrán productos fibrosos o sobre maduros, con una vida de anaquel corta. Es vital que las personas encargadas de realizar la cosecha conozcan a detalle el momento adecuado para la recolección de los frutos (Rolz, 2011).

#### 2.2.5.1 Características de un índice de recolección:

Las características que debe tener un índice de recolección son que éste fuese objetivo, de bajo costo y práctico y la medida del mismo debe ser reproducible, cuantificable, rápida y adecuada. No es fácil encontrar un solo índice que reúna todas estas características, por ello en algunos casos es mejor utilizar la combinación de dos o más de ellos (Viñas *et al.*, 2013).

Descripción de los Índices de recolección y calidad, según el criterio utilizado o los aspectos de la fruta que se midan.

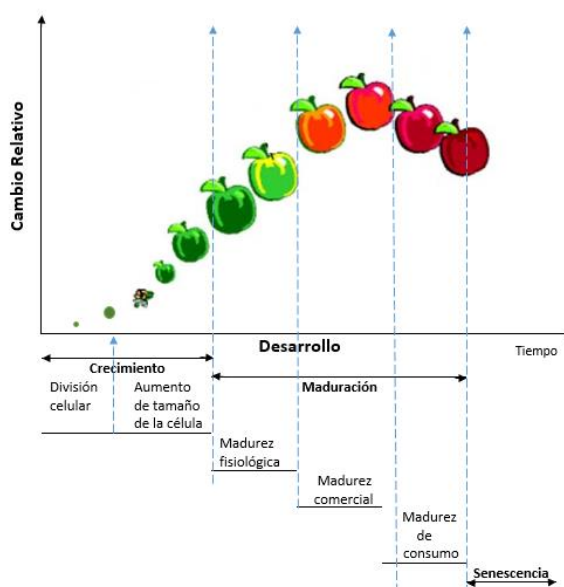
**Tabla 2.** Índices de recolección y calidad

ÍNDICE	PARÁMETROS	
	Tamaño y forma	Puede medirse mediante el peso o volumen.
Índices basados en aspectos externos	Color	Cambios de color verde a otro color, que depende de cada fruta. Estos cambios se deben a la descomposición de la clorofila y dejan visibles a otros pigmentos como xantofilas o carotenos.
	Firmeza	Se mide como la resistencia de la pulpa a la penetración de un émbolo de diámetro conocido hasta una pequeña profundidad de la pulpa del fruto.
	Sólidos solubles totales	Con la maduración aumenta el sabor dulce de la fruta por la hidrólisis del almidón que se transforma en glucosa, fructosa y sacarosa.
Índices basados en componentes internos del fruto.	Acidez	Es una característica organoléptica de los frutos, siendo con el azúcar los responsables del sabor, los ácidos van disminuyendo durante la maduración.
	Contenido mineral	Este está relacionado con su capacidad de observación y calidad en postcosecha, ya que conocer los niveles de calcio, potasio y magnesio permite predecir la aparición de alteraciones.
	Compuestos antioxidantes	Los compuestos antioxidantes también varían durante el desarrollo del fruto, estos parámetros no han sido utilizados como indicadores al momento de la recolección, pero sí podrían ser indicadores del potencial de almacenamiento de su sensibilidad a alteraciones en poscosecha.
Índices combinados	Cociente entre sólidos solubles y acidez	Bastante relación con las características organolépticas. IM: $SS(\%)/acidez(g/l)$
Índices basados en aspectos fisiológicos del fruto	Producción de etileno, tasa de respiración y síntesis de compuestos aromáticos	Vienen acompañados por la evolución de determinados compuestos químicos del fruto.

Fuente: Viñas *et al.*, (2013)

## 2.2.6 MOMENTO ÓPTIMO DE RECOLECCIÓN:

La maduración es un proceso metabólico en el que se presenta una desorganización celular, siendo el etileno el principal responsable, y se producen cambios en la estructura de la membrana celular con la activación de algunas enzimas que provocan la degradación de la clorofila, Figura 6, la hidrólisis del almidón y de sustancias pécticas y la aparición de aromas y pigmentos característicos de cada fruta (Berlijin, 2016).



**Figura 6.** Calidad organoléptica de un fruto en función de su madurez

Fuente: FAO, (2000)

### 2.2.6.1 Características de los estados de madurez

- **La madurez fisiológica:**

Corresponde al estado en el cual el fruto se asegurará su completo y apropiado proceso de maduración. Los frutos adquieren la maduración fisiológica unidos a la planta que les dio origen, por lo que no se recomienda su cosecha antes de que hayan alcanzado este estado (Gergoff Grozeff, 2016).

- Momento en que le fruto esta en condiciones de proseguir su total desarrollo sin más concurso que sus propias reservas (Artés, 2007).
- En esta etapa se logra en frutos no climatéricos como la mora algunos procesos como la acumulación de azúcares, la maduración de la semilla y el cambios de color (Farinango, 2010).

- **La madurez comercial:**

Se sitúa entre los estados de madurez de fisiológica y madurez de consumo, habiendo el fruto alcanzado la madurez fisiológica y tener los atributos para su consumo o posterior evolución para adquirirlos (Gergoff Grozeff, 2016).

- Estado de recolección, momento en el que el fruto está apto para soportar condiciones óptimas de procesos de comercialización (Artés, 2007).
- Se sitúa entre los estados de madurez fisiológica y la de consumo, se consigue cuando el fruto, habiendo alcanzado su madurez fisiológica, se puede separar de la planta madre y, según la especie, ya tener atributos para su consumo, o continuar su evolución hasta adquirirlos (García y García, 2001).

- **La madurez de consumo:**

Corresponde a aquella en la que se han alcanzado todos los atributos que un fruto necesita en color, textura, aroma y sabor deseables para el consumidor (Gergoff Grozeff, 2016).

- El momento en que el fruto presenta en un grado óptimo sus características organolépticas color, la textura, el aroma y el sabor para consumo inmediato (Artés, 2007).
- Estado de desarrollo en que el fruto, reúne las características deseables para consumos como; color, sabor, aroma, textura y composición interna.

## **2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ALIMENTOS**

Para la caracterización de un alimento se consideran tres aspectos importantes: la composición física, la composición química y la composición proximal, y como variables claves: la textura, sabor y color, considerándose esta última como la más



significante, puesto que si un alimento no tiene una buena apariencia (color) el consumidor podría no llegar a juzgar los otros dos aspectos.

La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterse utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan (Zumbado Fernández , 2008).

### 2.3.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS CONVENCIONALES

Implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista físico-químico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, las sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.) y en qué cantidades estos compuestos se encuentran. El análisis fisicoquímico brinda poderosas herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico, y constituye una disciplina científica de enorme impacto en el desarrollo de otras ciencias como la bioquímica, la medicina y las ciencias farmacéuticas, por solo mencionar algunas (Arranza Martínez, 2010).

**Tabla 3.** Indicadores fisicoquímicos generales por grupo de alimentos

GRUPO DE ALIMENTOS	INDICADORES GENERALES	INDICADORES ESPECÍFICOS
Leche y derivados	pH, Acidez, Grasa, Proteína, Caracteres organolépticos.	Humedad (leche en polvo y quesos) Sólidos totales (Helado, leche pasteurizada, yogurt) Densidad (leche fluida) Cloruros (quesos)
Productos Cárnicos	pH, Acidez, Grasa, Cloruros, Proteína	Humedad (embutidos)
Frutas y Vegetales	pH, Acidez	Sólidos Solubles (conservas, néctares, frutas y vegetales) Cloruros (conservas vegetales)
Cereales, granos y especies secas	Humedad	Cenizas (Harinas y Especies) Acidez (harinas)

Fuente: Arranza Martínez, (2010)

### 2.3.2 ANÁLISIS DE COLOR

La mayoría de los alimentos, tanto naturales como procesados, presentan un color característico con el cual el consumidor los identifica (Nielsen, 2009; Fennema, 2000; Sinha, Sidhu, Barta, Wu, y Cano, 2012). La relación existente entre el color y la maduración de las frutas se ve reflejada al momento de la cosecha, postcosecha y comercialización, es por esta razón que la medición del color es de gran importancia.

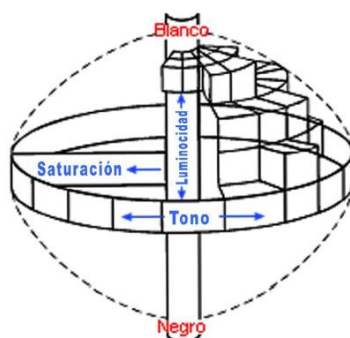
Las frutas tienen una alta concentración de pigmentos, los cuales se clasifican en siete grupos diferentes: carotenoides, clorofilas, antocianinas, flavonoides, taninos, betalainas, mioglobina y hemoglobina. Siendo la antocianinas las responsables del color rosado, morado y negro en el mortiño (Sinha, Sidhu, Barta, Wu, y Cano, 2012; Coletto, 1994; Badui, 1981). Por esta razón, el cambio de color que sufren las frutas durante su maduración fisiológica sirve para determinar el índice de madurez de las mismas (Kader, *et. al.* 2007).

El color es una propiedad de la materia, diferente a otras propiedades físicas como por ejemplo el punto de fusión o el tamaño de partícula. El color es la sensación producida por las radiaciones luminosas tras su absorción en la retina y posterior procesamiento a nivel cerebral para hacerlo consciente (Valero Muñoz, 2012).

Lo que se llama “luz” cubre el intervalo de longitudes de onda entre 0,75 mm (color rojo) y 0,4 mm (color violeta), el cual puede ser percibido por el sistema visual y llamado “espectro visible”, la luz de diferentes longitudes de onda se percibe en forma de colores diferentes. El color, como lo percibe el ojo humano, es una interpretación de la luz procedente de un objeto, esto se debe a que está directamente relacionado con el espectro de luz y, por tanto, se puede medir de forma física en términos de su energía radiante o intensidad, y por su longitud de onda.

Cuando se consigue clasificar los colores se los puede expresar en términos de tono (color), luminosidad (claridad) y saturación (viveza) como se observa en la Figura 7. El tono se emplea para especificar los colores rojo, amarillo, azul, entre otros. La luminosidad cambia de forma vertical, expresa la claridad que posee un color y

puede medirse independientemente del tono. La saturación es independiente tanto de la luminosidad como del tono y cambia a medida que el observador se aleja del centro (Aguilera, Reza, Chew, y Meza, 2011).



**Figura 7.** Sólido tridimensional con los tres atributos del color

Fuente: Konica-Minolta, (2008)

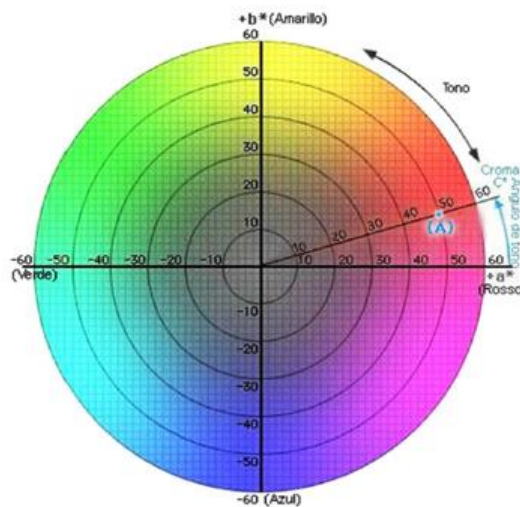
### 2.3.2.1 Espacios de color

El espacio de color es el “método para expresar el color de un objeto o de una fuente de luz empleando algún tipo de anotación, como pueden ser números” (Konica-Minolta, 2008).

### 2.3.2.2 El espacio de color $L^*C^*h$ .

El espacio de color  $L^*C^*h$ , utiliza el mismo diagrama que el espacio  $L^*a^*b^*$ , con la diferencia que las coordenadas son cilíndricas en lugar de ser rectangulares. De la misma manera,  $L^*$  representa la luminosidad (claridad u oscuridad). Por otra parte,  $C^*$  es Croma e indica la saturación y  $H$  se denomina como Hue y señala el ángulo de tono, es decir, el matiz (Konica-Minolta, 2008; Aguilera, et. al., 2011).

El valor de Croma ( $C^*$ ) en el centro es igual a cero y aumenta de acuerdo a la distancia respecto al mismo. El ángulo de tono Hue ( $h$ ), se expresa en grados y empieza en el eje  $+a^*$ . En la Figura 8 se puede observar que para el ángulo Hue igual a  $0^\circ$  representado por  $+a^*$  el color corresponde a rojo, para  $90^\circ$  representado por  $+b^*$  corresponde al color amarillo, para  $180^\circ$  que sería  $-a^*$  el color es verde y para  $270^\circ$   $-b^*$  el color es azul.



**Figura 8.** Espacio de color L\*C\*h

Fuente: Konica-Minolta, (2012)

A partir del espacio de color L\*a\*b\*, una vez obtenidos los valores de a\* y b\*, se puede calcular Chroma - C y Hue - H mediante las ecuaciones 1 y 2 (Zheng , Chien, Shio, y Wie, 2003):

$$C * = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$H = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (2)$$

El sistema CIE L\*a\*b\* describe el color en términos de dos coordenadas cromáticas (a\* y b\*) y una de luminosidad (L\*) lo que permite inferir el color de una muestra y determinar la diferencia de color total entre pares de muestras (Manresa, 2007).

### 2.3.3 ANÁLISIS QUÍMICOS ESPECÍFICOS EN ALIMENTOS

La composición química de frutas dependen en gran medida del tipo de fruto y de su madurez; los componentes fundamentales son azúcares, polisacáridos y ácidos orgánicos, mientras que los compuestos nitrogenados y lípidos son escasos. Además posee importantes componentes secundarios por su valor sensorial pigmentos y compuestos aromáticos y por su valor nutritivo vitaminas y minerales (Belitz y Grosch, 1998, p.861).

**Tabla 4.** Componentes generales de frutas y verduras

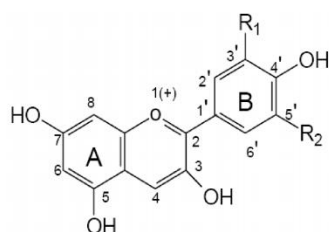
CF	EJEMPLO
Carbohidratos	Polisacáridos Azúcares-alcohol Carotenos Clorofilas
Pigmentos	Antocianinas Betalaninas Melaninas Eugenol
Compuestos aromáticos	1-p-menten-8tiol (R)-1,4-decanólico DHF Potasio
Minerales	Magnesio Calcio Fósforo
Vitaminas	Ácido fólico Vitaminas C, A y E

Fuente: Belitz y Grosch, (1998)

La evaluación de las características químicas, debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los factores que pueden afectar la integridad de los mismos; por lo cual este es un paso muy importante debido a que los resultados obtenidos dependen en gran parte del proceso de extracción realizado.

## 2.4 COMPUESTOS BIOACTIVOS

### 2.4.1 ANTOCIANINAS



**Figura 9.** Estructura y sustituyente de las antocianinas

Fuente: Durst & Wrolstad, (2001)

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3C. El color de las antocianinas depende del número de orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008).

**Tabla 5.** Sustituyentes de las antocianinas en el anillo B

Aglicona	Substitución		$\lambda_{max}$ (nm)
	R1	R2	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

Fuente: Garzón, (2008)

La ingesta de antocianinas se está incrementando de manera significativa debido a que los extractos y jugos de frutas y vegetales con alto contenido de antocianinas están llegando a ser mucho más disponibles comercialmente hoy en día, y los beneficios a la salud de las antocianinas han llegado a ser evidentes. Las aplicaciones de las antocianinas en los sistemas alimenticios son preferentemente usadas en alimentos de acidez intermedia para asegurar una predominancia del catión flavilio (Ortíz *et al.*, 2011).

#### 2.4.1.1 Alteraciones de las antocianinas

Factores como su misma estructura química, pH, concentración, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, y actividad de agua de la matriz determinan la estabilidad del pigmento.

- **Efecto de la temperatura**

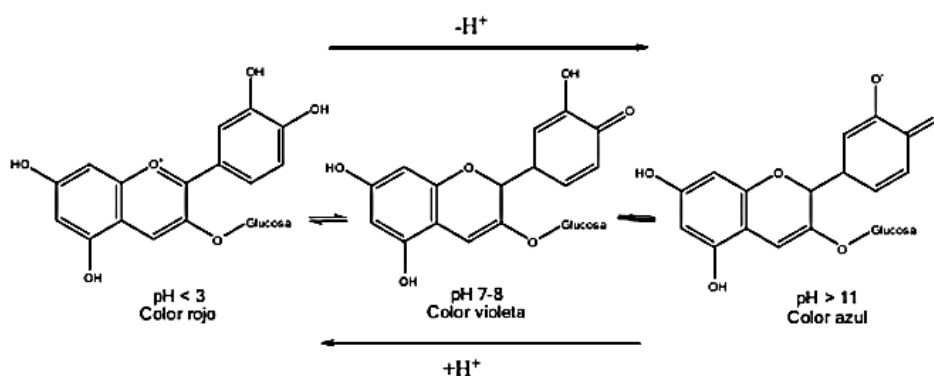
Existe una relación logarítmica inversa entre la retención del color y la temperatura. A 100°C se destruye el 50% de las antocianinas, en una hora; a 38°C son necesarios diez días; a 24°C, cincuenta y cuatro días, y a 0°C once meses. (Badui, 1999 citado en Ringuélet, 2013)

El aumento de la temperatura produce la pérdida de una molécula de azúcar en la posición 3 y como consecuencia la ruptura del anillo y como efecto la formación de chalconas incoloras (Garzon, 2008, citado en Almeida, 2012).

- **Efecto del pH.**

El pH tiene efecto en la estructura y la estabilidad de las antocianinas Figura 10. La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma

más estable o de ión oxonio o catión flavilio (AH<sup>+</sup>) de color rojo intenso. A valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemicetal (B) y la forma chalcona (C), o de cadena abierta (Garzón, 2008).

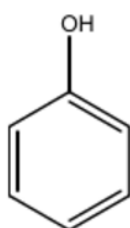


**Figura 10.** Efecto del pH sobre la estructura química y el color de las antocianinas

Fuente: Ringuélet, (2013)

## 2.4.2 LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

Son un grupo de compuestos de interés que se encuentra presentes en vegetales y frutas en altos niveles. Algunos de ellos han mostrado propiedades saludables. A medida que las frutas maduran se produce un viraje de color, como consecuencia de la desaparición de la clorofila y de la formación de carotenoides y flavonoides propios de cada uno de ellas.



**Figura 11.** Grupo fenol característico de la estructura de los compuestos fenólico

Fuente: Almeida, (2012)

Los flavonoides son compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante que están presentes en la mayoría de las plantas, especialmente en las frutas y hortalizas. Su capacidad antioxidante ha atraído fuertemente la atención de las industrias de procesamiento de alimentos, de las compañías de pigmentos, cosméticas y farmacéuticas (Ochoa y Ayala, 2009).

Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, actualmente existe gran interés en estos compuestos debido a la gran variedad de actividades biológicas que presentan, considerándose uno de los compuestos fitoquímicos alimentarios más importante por su contribución al mantenimiento de la salud humana (Pandey y Rizvi, 2009).

### **2.4.3 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR ANTOCIANOS EN FRUTAS**

Las antocianinas son pigmentos responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul de muchas frutas, vegetales y cereales. (Harbone, 1993; Escribano-Bailon *et al.*, 2004), menciona que la principal fuente de antocianinas son frutas rojas, principalmente bayas y uvas rojas, cereales, principalmente maíz morado, vegetales y vino rojo entre las bebidas.

Según la Organización Mundial de la Salud en el año 2016, el índice de mortalidad en el mundo por enfermedades no transmisibles ha incrementado en los últimos años, las cuatro entidades patológicas principales de este grupo son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las neuropatías crónicas.

Los polifenoles poseen estructuras químicas que favorecen funciones antioxidantes como de captación de radicales y quelantes de metales. Algunos pueden proporcionar beneficios fisiológicos en situaciones patológicas asociadas con la producción de radicales libres. Sin embargo, los mecanismos que relacionan las características químicas antioxidantes con los efectos beneficiosos están aún por vislumbrar (Fraga, 2007). Los radicales libres están implicados en la causa de enfermedades degenerativas por ocasionar daño oxidativo a proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Se entiende como Actividad Antioxidante a la capacidad que tienen ciertos compuestos (polifenoles, fenoles, antocianinas, etc.) de neutralizar la acción de estos radicales (Alonso *et al.*, 1999), citado en (Camacho *et al.*, 2016). Diversos estudios presentan evidencia científica que los extractos ricos en antocianinas muestran actividad antioxidante y pueden actuar como agentes quimioprotectores (Ortíz *et al.*, 2011).

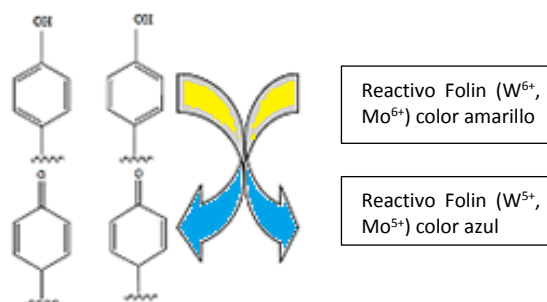


## 2.5 CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

La importancia del análisis de los compuestos polifenólicos en los alimentos radica, no sólo, en encontrar el mejor método de extracción sino también en la cuantificación e identificación completa y precisa de estos compuestos. Existen numerosos métodos espectrofotométricos basados en diferentes principios químicos por los que se pueden cuantificar desde polifenoles totales hasta determinados grupos de compuestos.

### 2.5.1 ANÁLISIS DE FENOLES SOLUBLES TOTALES

El análisis del contenido en compuestos polifenólicos de un alimento es importante debido a la gran variedad de actividades biológicas que estos compuestos presentan. La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con su carácter antioxidante, además de los efectos sobre la salud, muchos compuestos polifenólicos tienen un efecto sobre la calidad de los alimentos que los contienen, puesto que son responsables de algunas propiedades sensoriales (García, Fernández y Fuentes, 2010). Este análisis se fundamenta en una reacción de oxidación/reducción que es el mecanismo molecular, gracias al carácter reductor del reactivo Folin-Ciocalteu, que utiliza una mezcla de ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio ( $W_8O_{23}$ ) y molibdeno ( $Mo_8O_{23}$ ). La absorbancia del color azul desarrollado se mide a una  $\lambda$  de 765 nm. Los resultados se expresan en mg de ácido gálico por gramos de muestra (Prior, Wu, y Schaich, 2005).

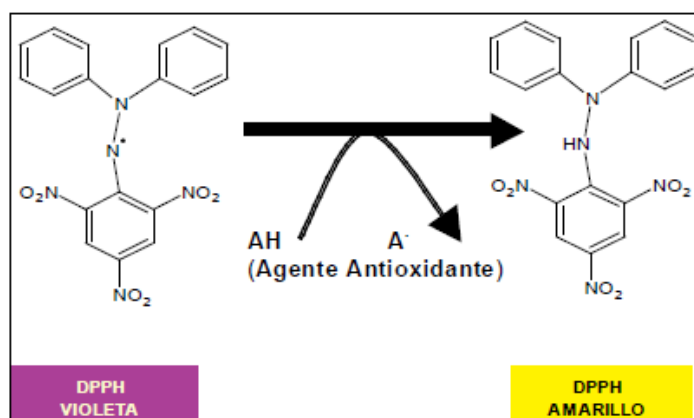


**Figura 12.** Mecanismo de acción del reactivo de Folin-Ciocalteu

Fuente: García, Fernández, Fuentes (2012)

## 2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH

El método del DPPH (2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo) se basa en la reducción del radical DPPH• por los antioxidantes de la muestra. El radical es estable y tiene una coloración púrpura que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra conteniendo sustancias antioxidantes. La decoloración del radical se determina a una  $\lambda$  de 515nm hasta alcanzar el equilibrio. Entre las ventajas de usar este método, se tiene que el ensayo DPPH es un método rápido y sencillo y que no requiere de un equipamiento sofisticado. La desventaja que tiene este método es que sólo puede disolverse en medio orgánico y en algunos casos la interpretación resulta complicada, ya que algunos antioxidantes pueden causar interferencias si poseen un espectro de absorción similar al DPPH (Einbond, Reynertson, Luo, Basie, y Kennelly, 2004).



**Figura 13.** Reacción del DPPH con el método del 2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo

Fuente: Molyneux, (2004)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 FASE DEL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Las pruebas preliminares y el desarrollo experimental se realizaron en el Laboratorio de análisis experimental e innovación de la facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte y la caracterización fisicoquímica en el Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del campus San Vicente de Paúl.

**Tabla 6.** Ubicación georeferencial del estudio de caracterización del motilón

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Altitud:	2250 m.s.n.m.
Latitud:	00 18´ Norte
Humedad relativa promedio:	73%
Temperatura media:	17.4°C

**Fuente:** INAMHI, (2014)

## **3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

### **3.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO**

Se tomaron muestras de los frutos, de la comunidad de Naranjito, ubicada a 2 863 msnm y 12 km al noroeste de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, con la finalidad de asegurar el taxón botánico del fruto en estudio se registró que la cosecha de los mismos corresponden a los meses de septiembre – noviembre.

La muestra de fruta motilón *Hyeronima macrocarpa* fue de 14kg, la cual fue clasificada en 7 muestras de 2kg cada una, se seleccionó los frutos en buen estado.

### **3.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO**

Se utilizó: matraces, vasos de precipitación, mortero, bureta, agitador, bandejas plásticas, papel Whatman, balones volumétricos, tubos de ensayo, agitador magnético, tubos Ependorf de 2ml, celdas de cuarzo, papel de pesaje, papel aluminio, paleta, gradilla, pipetas, parafilm.

### **3.2.3 REACTIVOS DE LABORATORIO**

Se utilizó: Carbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) 0.1N, Agua destilada, Folin-Ciocalteu 1N *Sigma Aldrich*, Ácido Gálico *Sigma Aldrich*, Ácido Trifluoroacético *Sigma Aldrich*, DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) *Sigma Aldrich*.

### **3.2.4 EQUIPOS**

Se empleó: balanza gramera digital (2 Kg y 0.1 de sensibilidad), potenciómetro, refractómetro, agitador para tubos, shaker MRC (modelo WBT-200), liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53), Espectrofotómetro de Reflectancia (modelo Specord 250 plus), Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis), refrigerador, texturómetro (modelo EZ-9X), micro centrífuga (modelo Mini-14K), balanza analítica, termómetro.

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 DETERMINACIÓN DE LOS ESTADOS DE MADUREZ ADECUADOS PARA LA COSECHA DEL FRUTO DE MOTILÓN EN BASE AL ÍNDICE DE MADUREZ (°BRIX Y ACIDEZ TITULABLE)

El análisis de Índice de Madurez se basó en la norma NTE INEN 2427,2010, literal 8.2.1, donde establece que los valores se obtendrán de la relación entre el valor mínimo de los Sólidos Solubles Totales (°Brix) y el valor máximo de la Acidez Titulable, se expresa como °Brix / % ácido cítrico, ecuación (3):

$$\text{Índice de Madurez} = \frac{SST (\text{°Brix})}{\text{Acidez titulable}} \quad (3)$$

Una vez establecida una figura de colores, se procedió a clasificar en 7 grupos y realizar los análisis para determinar los parámetros fisicoquímicos del motilón.

#### 3.3.2 CARACTERIZACIÓN MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL FRUTO DE MOTILÓN EN TRES ESTADOS DE MADUREZ (FISIOLÓGICO, COMERCIAL Y DE CONSUMO)

Después de determinar y establecer los estados de madurez del fruto de motilón, se realizó el análisis físicos, químicos y nutricionales en muestras frescas para conocer las características fisicoquímicas.

**Tabla 7.** Variables y métodos utilizados para análisis físicos y químicos de los frutos

<b>Características</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología / Equipo</b>
<b>Físicas</b>	Peso	NTE INEN 2485 / Balanza digital
	Tamaño	NTE INEN 2427 / Pie de Rey
	Textura	AOAC 974.10 / Texturómetro (modelo EZ-9X)
	Color	Espectrofotómetro de Reflectancia (modelo Specord 250 plus)
<b>Químicas</b>	pH	AOAC 981.12 / Potenciómetro
	Sólidos Solubles	AOAC 932.14C / Refractómetro Digital
	Acidez Titulable	AOAC 954.07 / Potenciómetro

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímico del fruto en tres estados de madurez

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Metodología</b>
Humedad	AOAC 925.10
Proteína	AOAC 920.87
Extracto etéreo	AOAC 920.85
Cenizas	AOAC 923.03
Fibra	AOAC 978.10
Minerales (P, Ca, Mg)	Espectrofotómetro AA

### **3.3.3 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE FENOLES SOLUBLES TOTALES Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO**

Para el estudio de las propiedades nutraceuticas del fruto de motilón, inicialmente se obtuvo los extractos en tres estados de madurez.

**Tabla 9.** Análisis de las propiedades nutraceuticas del motilón

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Variabes</b>	<b>Metodología</b>
Químico	Fenoles solubles totales	Método Folin - Ciocalteu
	Capacidad antioxidante	Método DPPH

### **3.3.4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.5 FACTOR EN ESTUDIO**

Se estableció como factor en estudio el estado de madurez.

**Tabla 10.** Factores en estudio

<b>Estados de Madurez</b>	<b>Intensidad o denominación de Color</b>
<b>E1</b>	Madurez Fisiológica
<b>E2</b>	Madurez Comercial
<b>E3</b>	Madurez de Consumo

#### **3.3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el análisis de datos se utilizó Diseño Completamente al Azar (DCA) con un factor en estudio y cuatro niveles con tres repeticiones.

#### **3.3.7 UNIDAD EXPERIMENTAL**

La unidad experimental estuvo compuesta de 2 kilos de fruta en diferentes estados de madurez.

### 3.3.8 TRATAMIENTOS

Los tratamientos estuvieron constituidos por los grados de madurez:

**E1**= Madurez Fisiológica

**E2**= Madurez Comercial

**E3**= Madurez Consumo

### 3.3.9 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Número de tratamientos: Tres (3)

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de unidades experimentales: Nueve (9)

### 3.3.10 ANÁLISIS DE VARIANZA

A continuación se detalla el esquema del ANOVA

**Tabla 11.** Esquema del análisis de varianza para DCA

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	2
Error experimental	6
Total	8

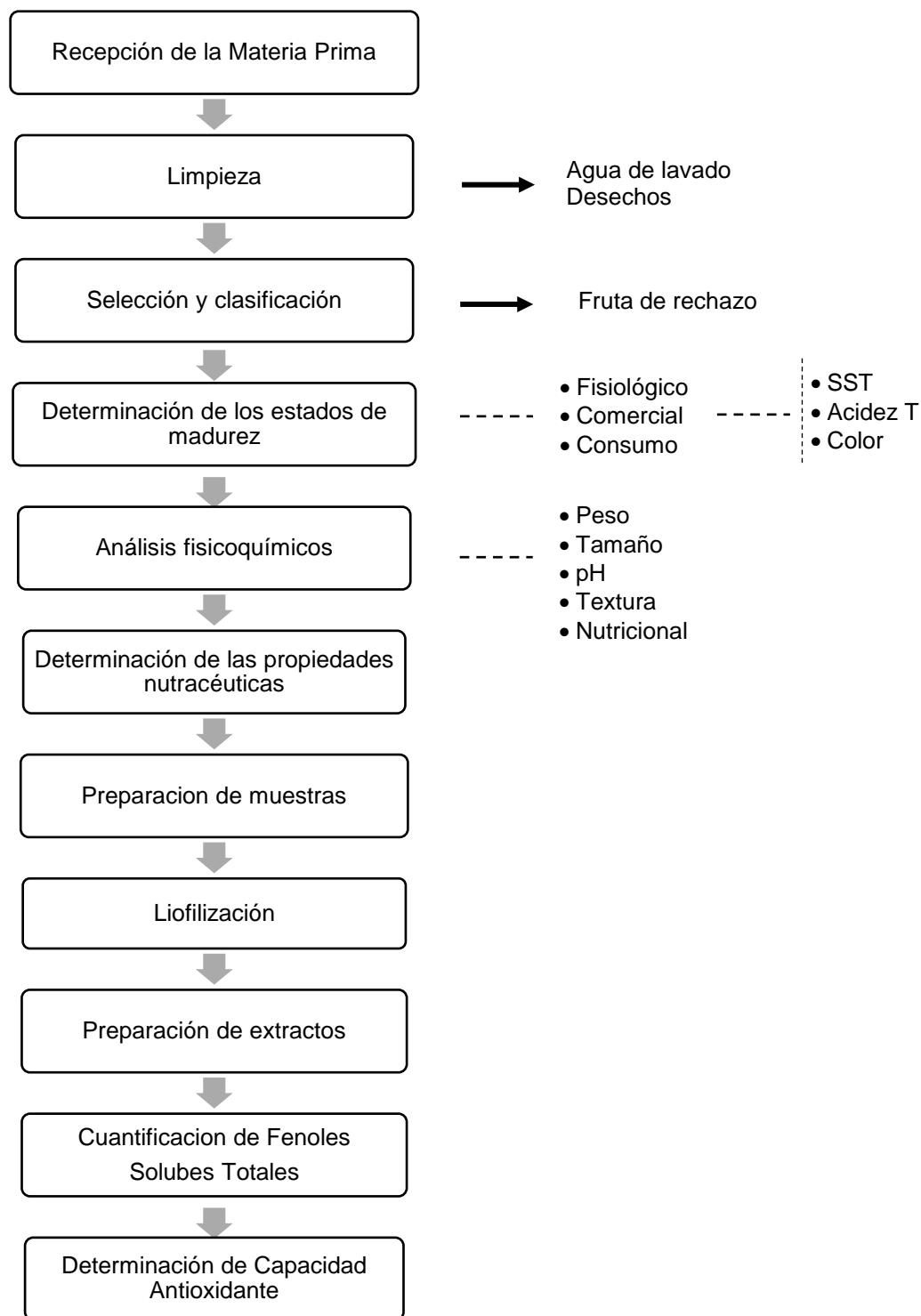
Al existir diferencia estadística significativa entre tratamientos se calculó el coeficiente de variación y la prueba de Tukey 5%, con el paquete estadístico InfoStat.

### 3.3.11 VARIABLES EVALUADAS

En las tablas 7 y 9 se detallan las variables evaluadas en el desarrollo del experimento.

### 3.3.12 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.3.12.1 Proceso de caracterización y evaluación de los estados de madurez del fruto fresco de motilón.



**Figura 14.** Flujo del proceso de desarrollo del experimento



### 13.12.2 Descripción del proceso en la caracterización del fruto

- **Recepción**

La cantidad de 14kg de motilón se adquirió en la comunidad Naranjito, se transportó los frutos en bandejas plásticas para evitar daños y contaminación



**Figura 15.** Materia prima Motilón

- **Limpieza**

Los frutos fueron lavados con agua potable eliminando contaminantes de tierra, hojas, huevos o larvas de insectos, se realizó un segundo lavado con agua destilada y se colocó sobre papel absorbente por 3 horas.



**Figura 16.** Lavado de los frutos

- **Selección y clasificación**

Estas operaciones se realizaron con el fin de desechar las frutas que no cumplan con las características físicas requeridas, al igual que los atributos en relación al color, la contaminación por microorganismos, o restos de larvas asegurando la eficiencia de los procesos y la calidad del producto.



**Figura 17.** Selección y clasificación

- **Determinación de los estados de madurez**

En base a la figura de colores de Madurez de la Mora NTE INEN 2427 (2010) (Anexo 3) y mediante apreciación visual se clasificaron los frutos de motilón comparando los colores de la epidermis (exocarpo) y se formaron 7 grupos de muestras.



**Figura 18.** Estados de Madurez Mora de Castilla

Fuente: CENICAFÉ, Colombia



**Figura 19.** Estados de madurez del Motilón

En referencia a la figura de colores se clasificó los frutos y se procedió a realizar los análisis para determinar los parámetros físicos, químicos y el índice de madurez.

## - ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL FRUTO

Se realizaron los análisis físicos y químicos a la muestra de los frutos frescos de motilón, conforme a las normas establecidas, presentadas en la Tabla 8.

### • **Peso**

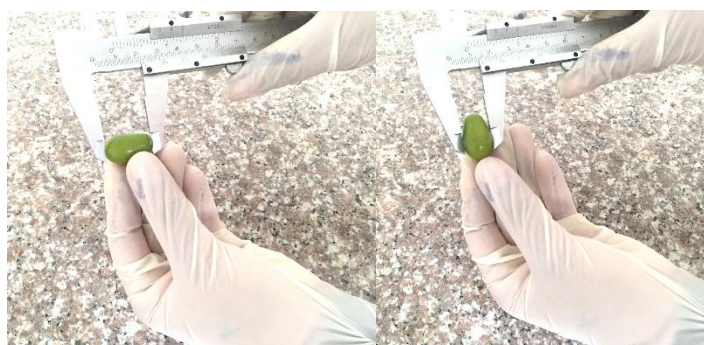
Los frutos que fueron clasificados en siete grupos (0-6), Utilizando una balanza digital, con un error de 0,01 g, se pesaron los frutos seleccionados al azar, registrando las lecturas, expresando el resultado en gramos (g) como lo estipula la norma NTE INEN 2485:2009, numeral 8.1.2. El peso medio se calculará a partir de la suma de los pesos unitarios dividida por el número total de los frutos.



**Figura 20.** Pesaje del fruto

### - **Tamaño**

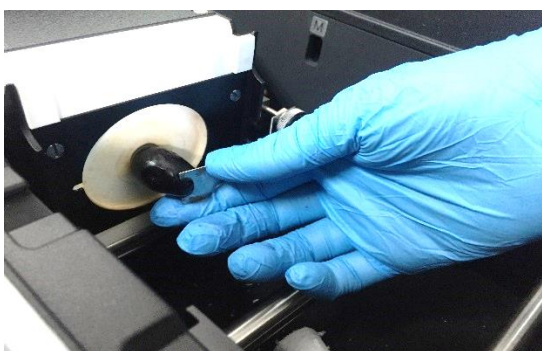
Utilizando un Pie de rey o calibrador se tomaron las medidas de Diámetro **D** y longitud **L** de los frutos, para ello se hizo referencia a la norma NTE INEN 2427:2010, sección 8.1.1, se tomaron medidas del diámetro y longitud y el resultado se expresa en milímetros (mm).



**Figura 21.** Determinación del calibre o tamaño

## - Color

La medición se realizó directamente sobre los frutos seleccionados 3-4 unidades por muestra, en el Espectrofotómetro de Reflectancia, modelo Specord 250 plus, tomando como base el sistema CIELAB y el estándar blanco. Se registró coordenadas cromáticas  $L^*$ , que mide la brillantez del fruto y varía de 100 para el blanco a 0 para negro;  $a^*$ , que mide la tendencia entre el color rojo y el verde, y  $b^*$ , que mide entre el color amarillo y el azul.



**Figura 22.** Análisis de color del fruto

Con los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  se calcularon los parámetros de ángulo de matiz o tono Hue ( $^{\circ}H$ ) y la cromaticidad ( $C^*$ ) mediante las Ecuaciones (4) y (5):

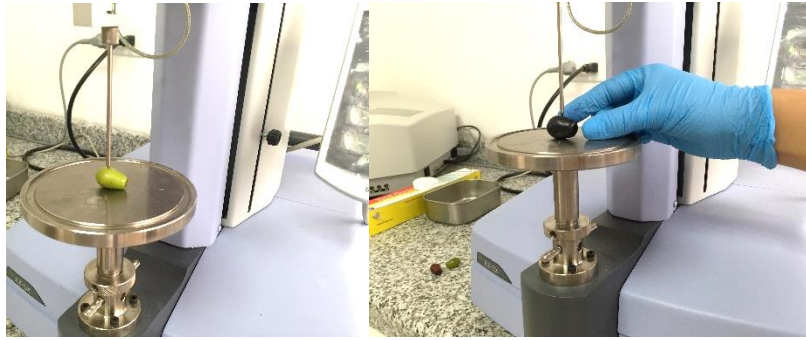
$$H^{\circ} = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (5)$$

La  $C^*$  se correlaciona con la saturación del color y el ángulo  $^{\circ}H$  indica la magnitud en un cambio del color.

## - Textura

Las mediciones se realizaron con el Texturómetro (modelo EZ-9X), basado en la metodología de la norma AOAC 974.10, se colocó cada fruto en el soporte, programando la resistencia mediante el software del equipo la dureza se determinó en la parte ecuatorial de los 3 frutos seleccionados por muestra.



**Figura 23.** Análisis de textura

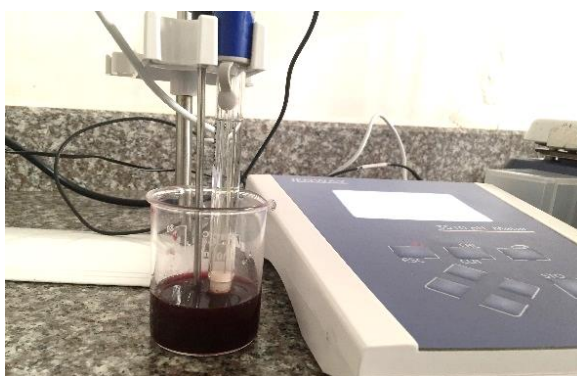
De cada muestra, (grupos de índice de madurez 0-6) que contenía 15 frutos se separó manualmente las semillas, se colocó en un mortero el pericarpio de los frutos, se trituro hasta obtener una pasta homogénea o cremogenado (pulpa y cáscara)



**Figura 24.** Cremogenados de las muestras.

- **pH o Grado de acidez**

Para la determinación del pH (potencial hidrogeno) se pesaron aproximadamente 3g de la pasta, luego se adicionó 40ml de agua destilada y finalmente se homogenizó la solución, en referencia a la norma AOAC 981.12, 1998. Posteriormente se realizó la medición con el potenciómetro previamente calibrado y su medida se expresó en la escala del mismo (pH). Cada lectura de resultados se hace en todos los casos por triplicado.



**Figura 25.** Análisis de pH

#### - **Acidez Titulable**

La determinación de la Acidez Titulable se realizó al cremogenado de las muestras, la metodología empleada para la determinación de la Acidez Titulable consistió en una valoración potenciométrica hasta un pH determinado de 8.8 en referencia a la norma NTE INEN 381 (1985).



**Figura 26.** Análisis de Acidez.

En un vaso de precipitación previamente encerado y utilizando la balanza analítica se pesaron aproximadamente 3-4 gramos de la pasta se adicionaron 40ml de agua destilada y se mantuvo por 30 minutos en el agitador electromagnético. Se llevó a cabo la valoración potenciométrica agitando cuidadosamente la solución a medida que se añadió hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N con una bureta. Cuando se alcanzó el valor de pH 8,8 se detiene la valoración y se anota el volumen de hidróxido de sodio gastado para finalmente introducir ese valor en una fórmula matemática.

#### - **Sólidos Solubles Totales.**

La concentración de Grados Brix (°Brix) o Sólidos Solubles Totales se determinó en referencia a la norma AOAC 932.14C, 1998, se trituro la fruta con un mortero hasta obtener una pasta homogénea, se filtró ligeramente se colocó una gota de la muestra en el lente del refractómetro, se graduó y se leyó el resultado que se expresa en °Brix a 20°C. Cada lectura de resultados se hace en todos los casos por triplicado.



**Figura 27.** Análisis de Sólidos solubles totales.

Una vez determinados los índices de madurez de las muestras se agrupó estadísticamente los estados de madurez de este fruto.

Las muestras de los estados de madurez fisiológico, comercial y de consumo, fueron enviadas al Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos de la Universidad Técnica del Norte, para la determinación de las variables nutricionales:

#### - **Determinación de la humedad**

Se determinó en base a la norma AOAC 925.10 y correspondió al porcentaje de humedad. Ecuación 6:

$$\%H_{bh} = \frac{\text{Peso del crisol} + \text{Peso de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso de la muestra}} \quad (6)$$

#### - **Determinación de cenizas**

La determinación de cenizas se realizó con base en la norma AOAC 923.03 que corresponde en el cociente de los pesos del residuo calcinado sobre el de la muestra. Ecuación 7:

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (7)$$

#### - **Determinación de la proteína**

Se determinó la proteína mediante la norma AOAC 920.87 con el método de Kjeldahl y se multiplicara por el factor estándar **F=6,25** usado para la mayoría de proteínas. Ecuación 8:

$$\%Proteína = \%N \times F \quad (8)$$

#### - **Determinación de la fibra cruda**

El porcentaje de fibra cruda se determinó por el método AOAC 978.10. Ecuación 9:

$$\%Fibra Cruda = \frac{Pérdida\ de\ peso\ (seco-calcinado)}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100 \quad (9)$$

#### - **Determinación del extracto etéreo**

Se determinó la grasa por el método Soxhlet en base a la norma AOAC 920.85. Ecuación 10:

$$\%ET = \frac{Peso\ crisol+grasa-Tara\ crisol}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100 \quad (7)$$

#### - **Determinación de las propiedades nutraceuticas**

El método de extracción empleado fue el Método Ácido Trifluoroacético. Éste se basó en el estudio realizado de Gonzales Manzano et al., (2008), con modificaciones.

#### - **Preparación de la muestra**

De cada muestra se pesó 150g de fruta fresca, se separó manualmente las semillas, y se colocó la pulpa en fundas herméticas y se llevó a congelación por 12h.

Utilizando un mortero se trituró hasta obtener una pasta homogénea que se colocó en bandejas de aluminio y se liofilizó, este método se aplicó con el fin de conservar y evitar la pérdida de los compuestos bioactivos presentes en el motilón, al finalizar este proceso se molió la muestra y se almacenó en bolsas de papel kraft y se ubicó en el desecador.





**Figura 28.** Pulpa de motilón en 3 estados de madurez.

#### - Preparación del extracto

Se pesó aproximadamente 0,5g de muestra de motilón liofilizado en papel glacin, se colocó en matraces de 50ml, se adicionó con 50ml de metanol acidificado (99% metanol y 1% de ácido trifluoroacético, v/v) y se cubrió con parafilm.

Las muestras se agitaron en el Shaker a 90 rpm durante 15 min a 10°C. Se llevaron las muestras a refrigeración por 1h y 45 minutos a 2°C. Se centrifugaron las muestras a 2500 rpm durante 15 min a 10°C, se filtró el sobrenadante en papel Watman N°4, se aforó con el disolvente de extracción en balones volumétricos de 100ml, se almacenó a 1°C hasta la medición.

Este extracto se utilizó para cuantificar el contenido de Fenoles Solubles Totales y para la evaluación de Capacidad Antioxidante.



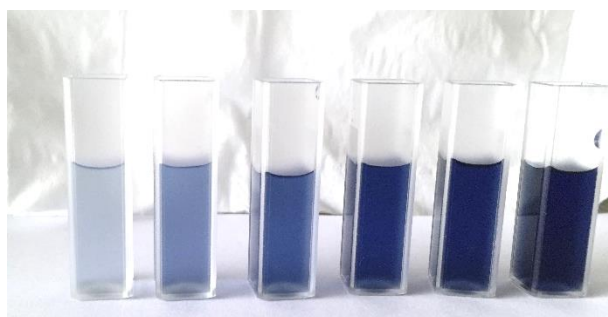
**Figura 29.** Extractos de motilón en diferentes estados de madurez.

### - **Análisis de Propiedades Nutracéuticas**

Con los extractos obtenidos se procedió a realizar la cuantificación de Fenoles Solubles Totales (FST) y evaluación de la Capacidad Antioxidante (AAT).

#### - **Fenoles Solubles Totales (FST)**

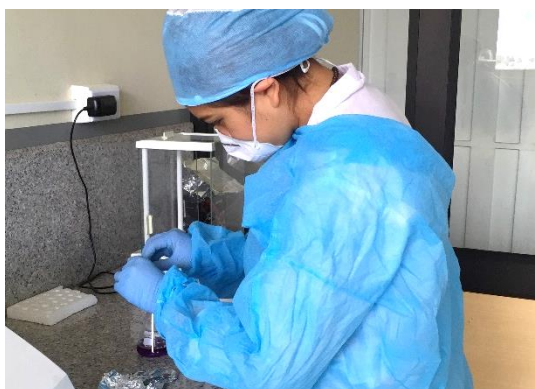
Los compuestos fenólicos se determinaron en base al método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1995; citado en Rojano *et al.*, 2011), con modificaciones. Previo a la cuantificación se elaboró una curva de calibración con ácido gálico en concentraciones de 20, 40, 60, 80 y 100 ppm. Se empleó el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de 765 nanómetros(nm), utilizó 500 microlitros (uL) del extracto y se añadió 125uL de Folin Ciocalteu, se agitó la mezcla y se dejó reposar durante 6 minutos, finalmente se agregó 1,25ml de carbonato de sodio al 19%. Se construyó una curva patrón usando como estándar ácido gálico. Se diluyó los extractos dentro del intervalo de la curva patrón. Los resultados se reportaron como, miligramos equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de muestra liofilizada con referencia al estudio de (Rojano *et al.*, 2011), con modificaciones.



**Figura 30.** Diluciones ácido gálico para la curva de calibración.

#### - **Capacidad antioxidante (AAT)**

La capacidad para capturar radicales libres de los extractos en estudio se determinará utilizando el método DPPH, con modificaciones. El radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), se reduce en presencia de antioxidantes manifestándose un cambio de color en la solución (Molina-Quijada, Medina-Juárez, González-Aguilar, Robles-Sánchez, y Gámez-Meza, 2010), con modificaciones. Se utilizaron 3,9ml del radical DPPH. (0,025 mg/ml metanol), que se mezclaron con 0,1mL de cada uno de los extractos metanólicos.

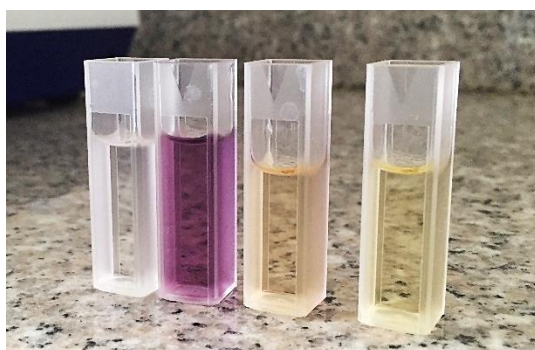


**Figura 31.** Preparación de solución DPPH.

La reacción se llevó a cabo por 30 min y posteriormente se realizó una lectura espectrofotométricamente a 515nm (Materska y Perucka, 2005). Los cambios en la absorbancia al inicio y final de la reacción fueron transformados a porcentaje de inhibición. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo a la Ecuación (5):

$$\% \text{ Inhibición} = \%I = \frac{A - A_1}{A} * 100 \quad (5)$$

Donde  $A$  es la absorbancia del blanco, y  $A_1$  es la absorbancia de la muestra.



**Figura 32.** Ensayo DPPH degradación de tonalidad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos frescos de motilón se obtuvieron de la comunidad de Naranjito ciudad de Ibarra. A partir de estos se desarrollaron las actividades necesarias para cumplir con los objetivos de investigación. En el presente capítulo se muestra los resultados obtenidos de la determinación, caracterización y análisis de las propiedades nutraceuticas del fruto en tres estados de madurez fisiológico comerciales y de consumo.

#### 4.1 ESTADOS DE MADUREZ ADECUADOS PARA LA COSECHA DEL FRUTO DE MOTILÓN

##### 4.1.1 CLASIFICACIÓN POR ÍNDICES DE MADUREZ

En la maduración, el fruto del motilón presenta diferentes coloraciones como se observa en la Figura 32.



**Figura 33.** Gama de color del motilón (*Hyeronima macrocarpa*)

Mediante apreciación visual y en relación al color superficial tomando como referencia la figura de colores de la mora NTE INEN 2427 (2010) los frutos de motilón se clasificaron en 7 grupos con numeración de cero (0) a seis (6).

Para establecer los estados de madurez del motilón se tomó dos indicadores: índice de madurez y color, estos indicadores son objetivos y prácticos en el momento de la cosecha, no es fácil encontrar un solo indicador o índice que reúna todas estas características, por ello en algunos casos es mejor utilizar la combinación de dos o más de ellos (Viñas *et al.*, 2013).

#### 4.1.2 ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez es el método más usado para la cosecha de frutos por lo que en la presente investigación se consideró preliminar el conocer las variaciones de las diferentes muestras de motilón.

**Tabla 12.** Determinación del Índice de Madurez

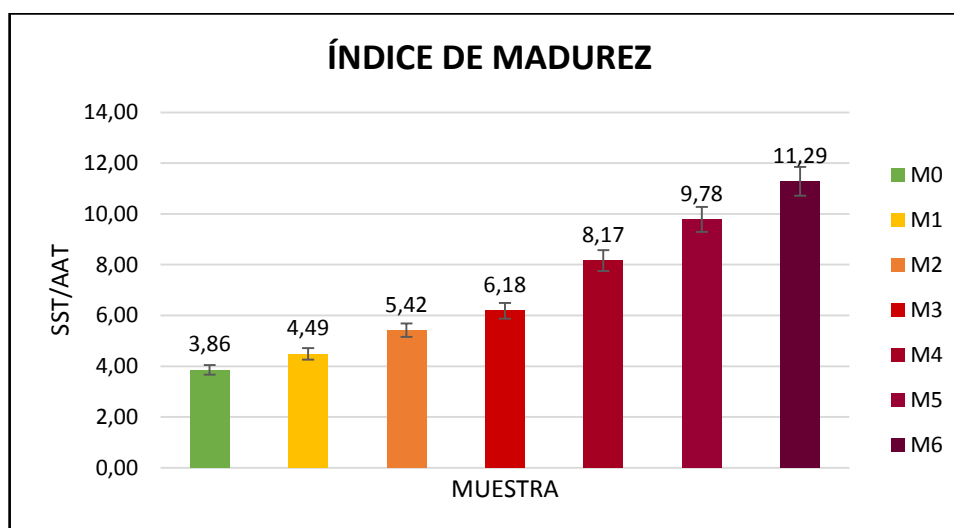
Muestra	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Acidez Titulable (%)	Índice de Madurez
<b>M0</b>	5,26 ±0,17 a <sup>1</sup>	1,35 ±0,02 a	<b>3,90 ±0,16 a</b>
<b>M1</b>	5,80 ±0,78 ab	1,29 ±0,08 ab	<b>4,49 ±0,79 ab</b>
<b>M2</b>	6,53 ±0,27 b	1,22 ±0,06 ab	<b>5,42 ±0,47 bc</b>
<b>M3</b>	6,77 ±0,06 b	1,17 ±0,05 bc	<b>5,79 ±0,22 c</b>
<b>M4</b>	8,97 ±0,21 c	1,07 ±0,04 cd	<b>8,39 ±0,27 d</b>
<b>M5</b>	10,07 ±0,15 d	1,03 ±0,02 cd	<b>9,78 ±0,17 e</b>
<b>M6</b>	11,87 ±0,25 e	1,05 ±0,03 d	<b>11,29 ±0,40 f</b>
<sup>2</sup> DMS	0,97	0,14	1,15

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ); <sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05)

Para la determinación del índice de madurez se relacionó los sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT). De la Tabla 12 se puede observar que los resultados del índice de madurez a partir de M4 hasta la M6 indican ser muestras significativamente distintas, como se evidencia en los rangos, con respecto a las otras muestras el análisis estadístico mostró que no hay una diferencia significativa ya que comparten alguna letra en común. Con esto se logró alcanzar el objetivo de obtener un perfil de maduración del fruto.

Adicionalmente se observa un comportamiento donde a mayor cantidad de sólidos solubles totales es mayor el índice de madurez.

El desarrollo de madurez ocasiona un aumento en el índice de madurez iniciando en 3,9 en muestras verdes hasta el valor máximo reportado de 11,29 en muestras maduras.



**Figura 34.** Comportamiento del índice de madurez del motilón

De la Figura 34 se puede observar que el valor del índice de madurez de la fruta más madura reportado en este estudio es casi tres veces superior al valor del fruto verde. Este incremento del índice de madurez en frutos como el arándano azul ya ha sido estudiado por varios autores como Buitrago, Rincón, Balaguera, y Ligarreto (2014), en donde han encontrado valores y tendencias similares a los presentados en el presente trabajo de investigación.

#### 4.1.3 ANÁLISIS DE COLOR

**Tabla 13.** Valores de color del motilón según su madurez

MUESTRA	LUMINOSIDAD (L*)	HUE ( ° )	CROMA (C*)
<b>M0</b>	51,22 ±0,47 f <sup>1</sup>	140,08 ±0,48 c	47,78 ±0,05 c
<b>M1</b>	49,93 ±0,21 e	124,59 ±0,27 b	42,32 ±0,01 b
<b>M2</b>	44,94±0,34 d	41,17 ±0,61 a	33,74 ±0,47 a
<b>M3</b>	40,63 ±0,23 c	39,15 ±0,32 a	34,78 ±0,51 a
<b>M4</b>	24,25 ±0,05 b	307,40 ±0,26 e	33,89 ±0,09 a
<b>M5</b>	24,22 ±0,07 b	305,54 ±0,21 e	35,09 ±0,45 a
<b>M6</b>	23,55 ±0,05 a	299,76 ±0,35 d	42,25 ±0,45 b
<b><sup>2</sup>DMS</b>	0,21	2,32	1,53

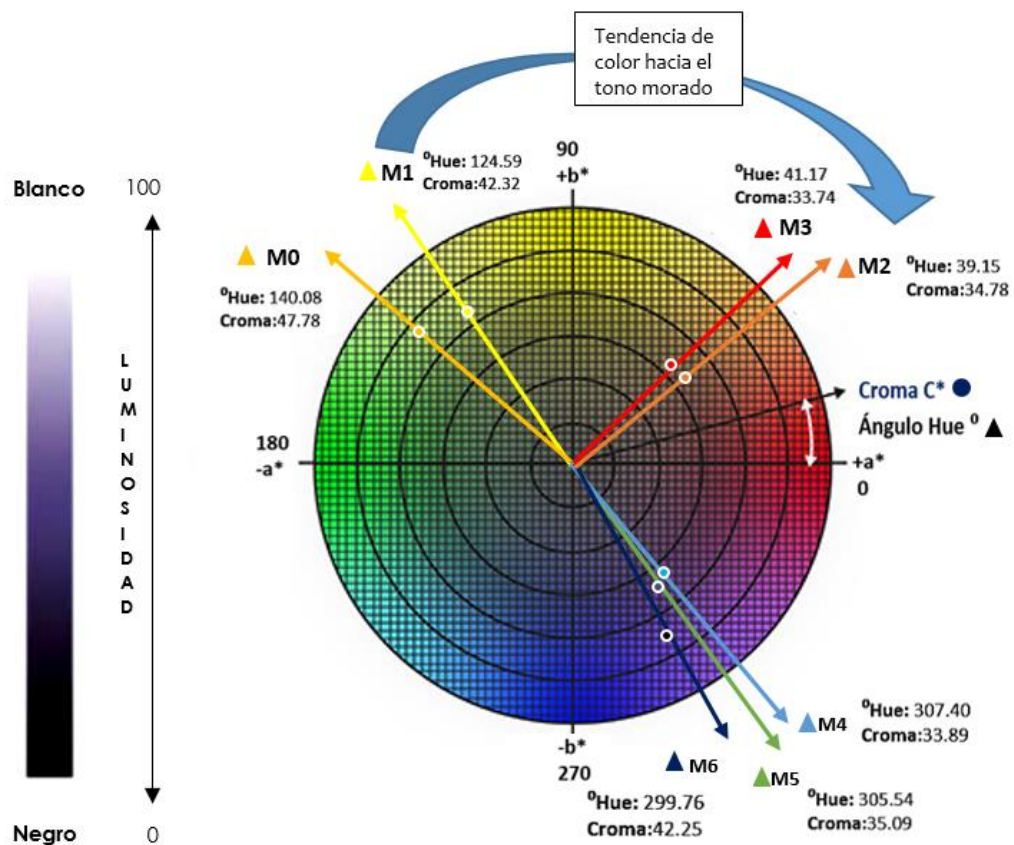
<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ); <sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05)

En la Tabla 13 se observa los parámetros de color, donde luminosidad ( $L^*$ ) indica la brillantez, si  $L^*$  es igual a 100 es blanco o claro, o si es igual a 0 es negro u oscuro; para motilón el valor de  $L^*$  presentó diferencia significativa entre las muestras analizadas, excepto en las muestras M4 y M5.

El valor de los estados de madurez comercial M4, M5 y madurez de consumo M6 son similares al valor que reportan Rojas et al., 2017, en donde el valor de  $L^*$  en motilón es de 21,4. La disminución de los valores de este parámetro  $L^*$  durante la maduración de la fruta indican que puede tomarse como un indicador el grado de oscurecimiento (Calderón, Raybaudi, y Mosquera, 2012) y (Konica-Minolta, 2008).

El ángulo Hue es un parámetro que distingue entre las diferentes tonalidades del color (Konica-Minolta, 2008). En la Figura 33 se muestran los valores de los ángulos obtenidos de las muestras de motilón, empezando en el cuadrante  $+b^*, -a^*$  amarillo-verde, la muestra M0 presentó un valor de  $^{\circ}H= 140,08$  y la muestra M1 con un valor de  $^{\circ}H= 124,59$ , la medida del ángulo disminuyó para las muestras M2 y M3 con valores de  $^{\circ}H= 41,17$  y  $39,15$  valores correspondientes a las tonalidades del naranja-rojo del cuadrante  $+a^*, +b^*$ ; cuando el motilón alcanza su madurez comercial en las muestras M4 y M5 se observó un incremento en los valores  $^{\circ}H=307,40$  y  $305,54$  ubicados en el cuadrante  $+a^*, -b^*$  de tonalidades violeta-azul. Estos cambios se asocian a la descomposición de la clorofila y otros pigmentos (Viñas *et al.*, 2013).

Finalmente llegando a un  $^{\circ}H= 299,76$  en la muestra M6 de estado de madurez de consumo. Resultados similares fueron encontrados en arándanos azules por Zheng, Chien, Shyow y Wei, 2003, reportando un valor de  $305,7^{\circ}$ . El color morado (tono azul-morado) del motilón se debe a la presencia de la antocianina *delfinidina* como menciona Santacruz L. A., 2011, en su estudio.



**Figura 35.** Representación del ángulo de tono  $^{\circ}\text{Hue}$  en la gráfica de color de las muestras en estudio.

En la Figura 35 se pueden observar los valores de cromía ( $C^*$ ) que para las muestras M2, M3, M4 y M5 son bajos debido a la mezcla de tonos, mientras que para las muestras M0, M1 y M6 los valores de  $C^*$  nos indican que son colores puros como se puede identificar en la Figura 33. El resultado de  $C^*$  es una combinación de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ , en la rueda de color Figura 34 se puede identificar la saturación de color en cada estado de madurez, los valores cercanos a cero se presentan cuando los colores son apagados y aumentan a medida que estos son más vivaces (Konica-Minolta, 2008).

Comportamiento similar se obtuvo en tomate *cherry* (Zapata, Davies, Oliva, y Schwab, 2007) y en mora azul y arándanos según Rincón, Buitrago, Ligarreto, Torres, y Balaguera, (2012), mencionan que las coordenadas de  $a^*$  y  $b^*$  en el estado de maduración de consumo tienden a ubicarse en el centro, que corresponde a tonos grises, estado en el cual prevalece el color morado oscuro con tendencia a negro.



#### 4.1.4 ESTADOS DE MADUREZ

En base a la prueba de Tukey al 5% que se realizó a los valores obtenidos de índice de madurez y de color (ángulo Hue) permitió la agrupación de las muestras que no presentaron diferencia significativa, y establecer tres estados de madurez: Madurez Fisiológica M0, M1, M2 y M3, Madurez Comercial M4 y M5 y Madurez de Consumo M6 como se observa en las Tablas 14 y 15.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 5% para el índice de madurez de las muestras del motilón.

Muestra	Índice de Madurez	Rangos
M0	3,86	a <sup>1</sup>
M1	4,49	a b
M2	5,42	b c
M3	5,79	c
M4	8,39	d
M5	9,78	e
M6	11,29	f
<sup>2</sup> DMS	1,15	

<sup>1</sup>Letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ );  
<sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05)

**Tabla 15.** Prueba de Tukey al 5% para <sup>a</sup>Hue de las muestras de motilón.

Muestra	Hue (°)	Rangos
M0	140,08	a <sup>1</sup>
M1	124,59	a
M2	41,17	b
M3	39,15	c
M4	307,40	d
M5	305,54	d
M6	299,76	e
<sup>2</sup> DMS		

<sup>1</sup>Letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ );  
<sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05)

La Tabla 16 se presenta como una herramienta para la cosecha de motilón, se puede observar la comparación entre la evolución del índice de madurez y el color en los tres estados de madurez.

Es este estudio se encontró una relación directa entre los valores del índice de madurez y las tonalidades del fruto conforme va madurando, es decir que la maduración de los frutos da lugar al cambio de tonalidades por intervención de los procesos bioquímicos desarrollados internamente en el fruto. González, 2014 menciona que durante la maduración el cambio de color se debe a la aparición de carotenos, antocianinas y flavonas por la degradación de la clorofila.

**Tabla 16.** Escala de color para 3 estados de madurez del motilón.

ESTADO DE MADUREZ		pH	Acidez Titulable %	Sólidos Solubles Totales °Brix	Índice de Madurez SST/ATT	Tono °Hue	Color
<b>FISIOLÓGICO</b> (Verde) (Pintón)	<b>0</b> 	3,38	1,35	5,26	3.90	141.35	Verde
	<b>1</b> 	3,39	1,29	5,80	4.49	139.23	Amarillo
	<b>2</b> 	3,40	1,22	6,53	5.42	31.10	Naranja
	<b>3</b> 	3,41	1,17	6,77	5.79	29.42	Rojo
<b>COMERCIAL</b> (Maduro)	<b>4</b> 	3,42	1,07	8,97	8.39	305.17	Purpura
	<b>5</b> 	3,46	1,06	10,07	9.78	304.90	Morado
<b>DE CONSUMO</b> (Sobremaduro)	<b>6</b> 	3,56	1,05	11,87	11.29	299.77	Morado intenso

## 4.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL MOTILÓN EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICO, COMERCIAL Y DE CONSUMO

Para caracterizar los frutos del motilón y el comportamiento de sus propiedades en los estados de madurez se realizaron análisis físicos y químicos. Se evaluaron los frutos frescos (tomados directamente de la planta), más no la evolución de la maduración de cosecha, puesto que se afirmó que el motilón es un fruto no climatérico.

### 4.2.1 ANÁLISIS FÍSICOS

En la Tabla 17 se presentan las propiedades físicas (peso, tamaño, textura) de las muestras, en donde se observa que el fruto en su proceso de maduración experimenta cambios completando su desarrollo.

Tabla 17. Propiedades físicas del motilón

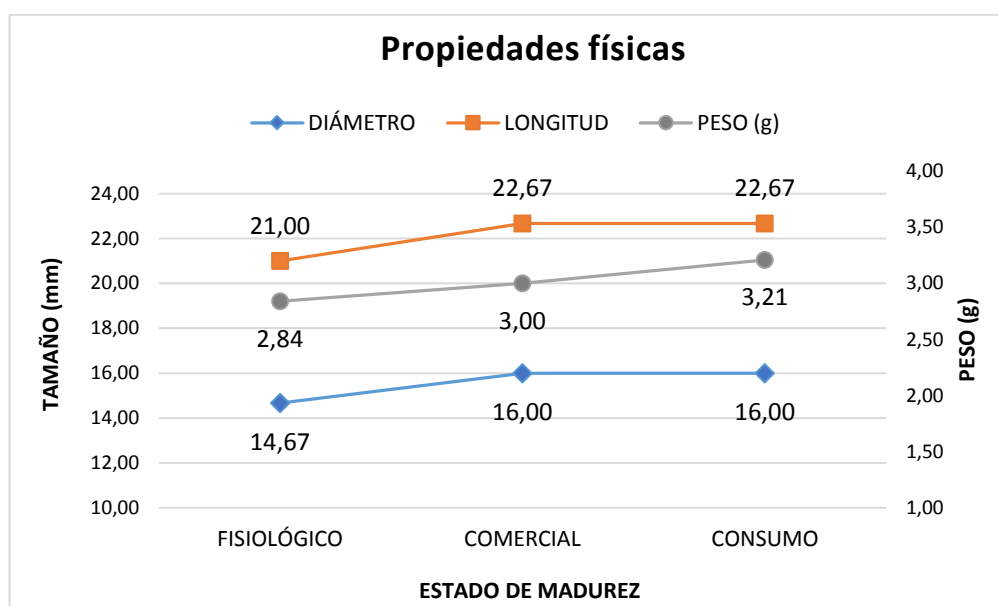
Estado de Madurez	<sup>2</sup> IM	Peso (g)	Tamaño (mm)		Textura (N)
			<sup>3</sup> D	<sup>4</sup> L	
Fisiológico	<b>4.50</b>	2,84 ±0,43	14,67 ±0,58	21,00 ±0,00	3,32 ±0,13
Comercial	<b>9.80</b>	3,00 ±0,37	16,00 ±0,99	22,67 ±0,58	2,49 ±0,13
Consumo	<b>11.30</b>	3,21 ±0,50	16,00 ±0,99	22,67 ±0,59	1,78 ±0,02
<sup>1</sup> DHS		1,43	0,12	0,57	3,98

<sup>1</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05); <sup>2</sup>IM: Índice de Madurez; <sup>3</sup>D: Diámetro; <sup>4</sup>L: Longitud.

### Peso y Tamaño

Referente al peso los valores aumentan a medida que avanza la maduración, el peso del motilón en madurez fisiológica fue de 2,84g, en madurez comercial 3,0g y en madurez de consumo el peso de este fruto se incrementó hasta 3,21g.

El comportamiento de esta característica se puede explicar por el hecho que las frutas durante la maduración desarrollan y completan los procesos bioquímicos de crecimiento celular, (Avalos, Sgroppo, y Chaves, 2009).



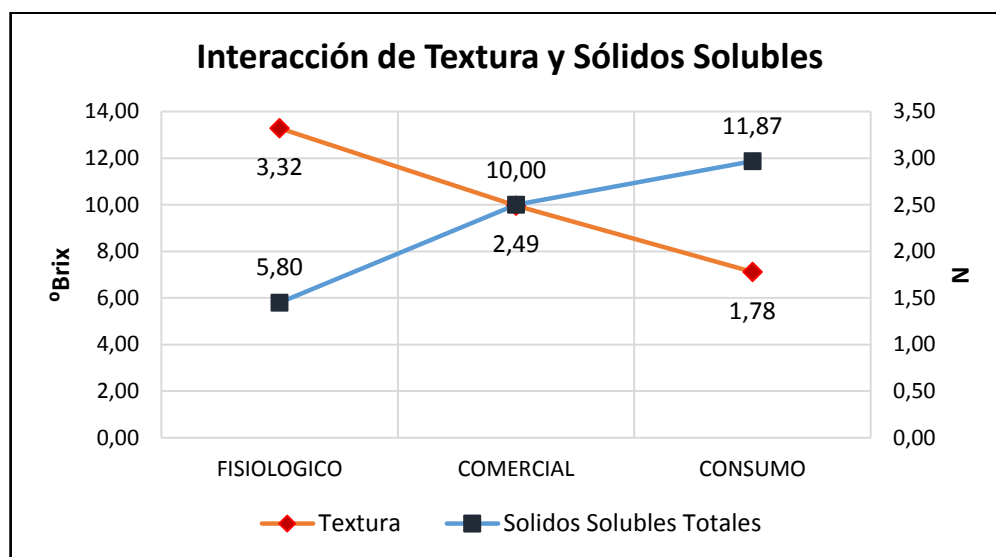
**Figura 36.** Comportamiento del peso y tamaño de los frutos de motilón.

En cuanto al tamaño o calibre expresado en el diámetro D (mm) y longitud L (mm) se incrementa progresivamente durante la maduración, como se muestra en la Figura 34. El fruto del motilón por presentar menor medida en el diámetro ecuatorial se caracteriza como baya ovoide, las medidas oscilan entre 14,67mm y 16,00mm de D y L entre 21,00mm y 22,67mm, desde la madurez fisiológica hasta alcanzar la madurez de consumo, Las medidas de 16,00mm D y 22,67mm L serían el rango promedio de aceptación de calibre para la comercialización de estos frutos. Los resultados obtenidos son similares a los presentados en el estudio realizado por Santacruz *et al.*, (2012), donde el motilón de origen colombiano reporta 10mm D y 20mm L.

Estas características presentan medidas inexactas como determinantes de un estado de madurez ya que de acuerdo a Pinzón *et al*, 2007 dependen de un gran número de variables como el número de frutos por árbol. La relación hoja/futo, la edad de la planta, el esquema de fertilización, manejo del suelo, poda de la planta, el clima, y también el estado de madurez a la cosecha.

## Textura

Para motilón, no existen métodos objetivos estandarizados de medición de textura, pero se siguió el protocolo de la normativa AOAC 974.10 que es empleado en estudios de bayas y frutos silvestres.



**Figura 37.** Comportamiento e interacción de la textura con el contenido de los Sólidos Solubles Totales del motilón.

La textura del motilón expresada en fuerza de ruptura necesaria para deformar el fruto, en maduración fisiológica tuvo el valor de 3,32 Newton (N), lo que indica que es un fruto duro, los valores disminuyeron a medida que los frutos fueron madurando, en el estado de madurez comercial el valor fue de 2,9N, y finalmente en el estado de madurez de consumo el valor de la fuerza fue de 1,78N.

Se destaca la textura del motilón en comparación a los valores de otros frutos silvestres como la uvilla que en estado de madurez fisiológico presenta un valor de 1,76N (Chancosi, 2017), y mora azul (*Misty*) en estado de madurez comercial con un valor de 1,94N (Zapata, Davies, Oliva, y Schwab, 2007).

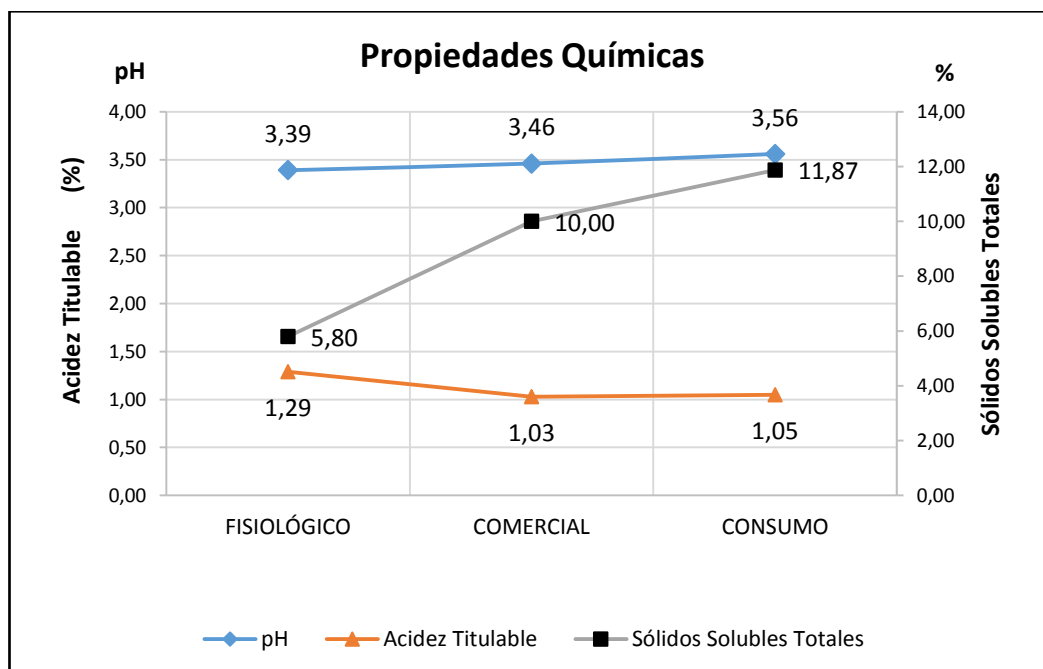
Kim, Perkins-Veazie, Ma, y Fernandez, (2015) reportaron una disminución en la firmeza en la mora con el proceso de maduración, ya que se atribuye el ablandamiento a la fruta y a los cambios bioquímicos que ocurren durante la maduración de la fisiológica. En la Figura 35 se puede apreciar la interacción de la textura con el contenido de sólidos solubles totales, donde la fuerza de ruptura es

inversamente proporcional al contenido de sólidos solubles totales, así muestra que dependerá del estado de madurez para el manejo poscosecha ya que el fin del productor es que los frutos una vez cosechados mantengan un alto grado de resistencia mecánica para protegerlos de los daños durante la manipulación.

#### 4.2.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

##### pH, Grado de acidez

El valor de pH del motilón presentó un ligero incremento de 3,39 en estado fisiológico, 3,46 en estado comercial hasta 3,56 en estado de consumo. En los tres estados de madurez presentaron valores bajos de pH menores a 5 lo que caracteriza al motilón como un fruto ácido. Safner, J.Polashock, Ehlenfeldt, y B.Vinyard, (2008), en arándanos (*V. corymbosum*) completamente maduros, encontraron un pH entre 2,5-3,4. Igualmente, Pino, (2007) reportó valores que oscilaron entre 2,68 y 3,35. Este leve aumento de pH (5% promedio) en los estados de madurez, se puede explicar por la presencia de un sistema de autoregulación del pH, resultado del efecto amortiguador del ácido cítrico, como ha sido descrito para diversos frutos (Menéndez *et al.*, 2006).



**Figura 38.** Comportamiento de las propiedades químicas del motilón en tres estados de madurez.

### **Sólidos Solubles Totales**

Uno de los parámetros que difiere la madurez es el comportamiento de los sólidos solubles expresados como °Brix, el fruto de motilón presentó un comportamiento lineal en función del estado de madurez, valores que van desde 5,80 °Brix en estado de madurez fisiológico hasta 10,00 en estado de madurez comercial y 11,87 °Brix en estado de madurez de consumo como se observa en la Figura 36. Este comportamiento se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular, hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Arrieta, Baquero, y Barrera, 2006) que son los principales constituyentes de los sólidos solubles.

Los resultados de esta investigación son comparables con los valores obtenidos en el estudio de Tupuna Yerovi, (2012), sobre el mortiño que presenta un valor de 11°Brix, mientras que son menores en comparación con los resultados en arándanos azules del estudio de Wills, Mcglasson, Graham y Joyce (2007), con 12 y 14 °Brix en estado de cosecha.

### **Acidez Titulable**

La disminución de la acidez conforme avanza el proceso de maduración se debe a que los ácidos orgánicos son usados en el proceso respiratorio y también a la conversión de los azúcares (Alvarado, Berdugo, y Fischer, 2004). En la acidez titulable del motilón expresada como porcentaje de ácido cítrico se puede observar como disminuyen los valores a medida que madura el fruto, de 1,29% en madurez fisiológica hasta 1,05% en madurez de consumo, cifras que son similares a las reportadas por Magnitskiy y Ligarreto, (2009) en los cuales frutos de arándano (agraz) presentaron una ATT de 1,44% y en mortiño de 1,20% AAT en el estudio de Montalvo, (2009).

El sabor de estos frutos depende del balance entre el dulzor y la acidez, en la Figura 36 se observa que para motilón, un incremento de estado de madurez ocasiona un aumento de pH, aumento de sólidos solubles totales y una disminución de la acidez titulable, esto es consecuencia a la acumulación masiva de azúcares y en

contraposición el contenido de ácidos acumulados durante el desarrollo descende esto se debe uno de los principales procesos de maduración como es la respiración, que puede experimentar un fruto permaneciendo en el árbol o una vez desprendido (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

### Contenido nutricional

La composición nutricional de los frutos de motilón se muestra en la Tabla 18. La humedad, extracto etéreo, proteína, fibra cruda y cenizas están reportados en porcentaje de base húmeda (% BH.), representado el promedio ( $\pm$  desviación estándar).

**Tabla 18.** Composición nutricional del motilón.

Estado de Madurez	<sup>3</sup> IM	Humedad %	Extracto etéreo %	Proteína %	Fibra %	Cenizas %	Carbohidratos %
Fisiológico	4.5	90,26 $\pm$ 0.12 a <sup>1</sup>	0,27 $\pm$ 0.04 a	0,23 $\pm$ 0.04 a	0,55 $\pm$ 0.06 a	0,98 $\pm$ 0.02 a	8,26 $\pm$ 0.04
Comercial	9.8	88,97 $\pm$ 0.46 ab	0,14 $\pm$ 0.09 b	0,19 $\pm$ 0.06 b	0,60 $\pm$ 0.06 ab	0,76 $\pm$ 0.04 b	9,95 $\pm$ 0.03
Consumo	11.3	85,01 $\pm$ 0.96 b	0,26 $\pm$ 0.02 a	0,15 $\pm$ 0.08 b	0,77 $\pm$ 0.04 b	0,75 $\pm$ 0.05 b	13,82 $\pm$ 0.03
<sup>2</sup> DMS		1,43	0,57	2,98	2,07	0,12	NA

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); <sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05); <sup>3</sup>IM: índice de Madurez.

En la tabla 18 se muestran los resultados de humedad de los tres estados de madurez del motilón que van en descenso de 90.26% en madurez fisiológica hasta 85.01% cuando la fruta alcanza su madurez de consumo. El comportamiento de esta propiedad se puede explicar por el hecho de que en el crecimiento de un fruto se produce una expansión de las vesículas celulares, que se llenan de agua, azúcares y ácidos, por un lado, dando lugar a la acumulación de solutos, aumentando el valor absoluto del potencial osmótico, y el reblandecimiento de las paredes celulares, por otro, reduciendo el potencial de pared, disminuyen el potencial hidrico celular, permitiendo la entrada de agua y el consiguiente aumento de volumen (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

La disminución de los valores de nitrógeno N expresado como % de proteína, se debe a que la deficiencia en nutrientes, especialmente fósforo P y nitrógeno N inducen la acumulación de antocianinas en diferentes especies como se cita en Hodges y Niozillo, 1995; Pascual Teresa y Sánchez Ballesta, 2008 y en el motilón



por el cambio de coloración se evidencia que existe un alto contenido de compuestos antocianos conforme madura.

Porcentajes similares se reportan en el arándano-agraz con valores de 81% en humedad, 0,7% en proteína, 0,4% de cenizas, fibra dietética soluble de 7,6% (Vasco *et al.*, 2009; Pérez y Valdiviezo, 2007).

En la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos de minerales del motilón en tres estados de madurez este resultado indica que la ingesta de estos frutos tiene aporte importante en una dieta nutritiva, con un valor alto de Calcio de 18,65mg/100g en su completa madurez a comparación de otras frutas como naranja 11mg/100g, papaya 16mg/100g valores reportados por Mendoza, Carrillo, y De la Concepción, (2010) y mortiño 17,0mg/100g Ca, 0,64 mg/100g Fe y 10,2 mg/100g Mg (Vasco., *et al*, 2009).

El reporte de la concentración elemental es expresado en (mg/100g de fruta cruda) y es el promedio ( $\pm$  desviación estándar) de 3 muestras.

**Tabla 19.** Composición mineral del motilón.

Estado de Madurez	Índice de Madurez	Calcio mg/100g	Hierro mg/100g	Magnesio mg/100g
Fisiológico	4.5	19,81 $\pm$ 0.06 a <sup>1</sup>	1,55 $\pm$ 0.02a	6,53 $\pm$ 0.05 a
Comercial	9.8	18,92 $\pm$ 0.06 a	1,43 $\pm$ 0.03 a	6,46 $\pm$ 0.02 a
Consumo	11.3	18,65 $\pm$ 0.06 a	1,41 $\pm$ 0.02 a	6,40 $\pm$ 0.05 a
<sup>2</sup> DMS		1.32	1.22	1.51

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); <sup>2</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey 0.05)

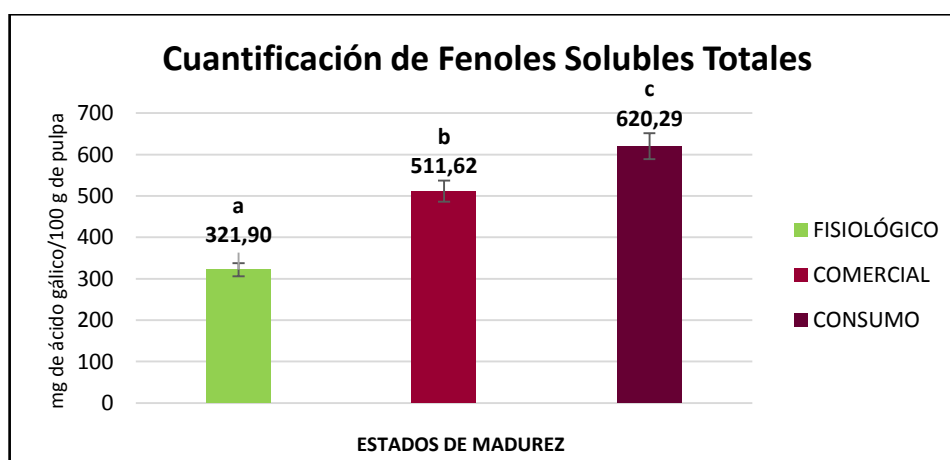
Los resultados de estos análisis proporcionan una idea acerca de la composición básica que presenta el fruto o materia prima en estudio, es importante para realizar la caracterización de un fruto ya que estos valores varían según el origen, tipo, estado de madurez, clima, ubicación geográfica, manipulación postcosecha y almacenamiento (Castro, Rodríguez, y Vargas, 2008).

## 4.3 ANÁLISIS DE FENOLES SOLUBLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL MOTILÓN

### 4.3.1 CONTENIDO DE FENOLES SOLUBLES TOTALES (FST)

Los compuestos fenólicos son productos secundarios del catabolismo de azúcares, reacción que se produce a lo largo de la maduración celular, donde la composición fenólica aumenta, estos compuestos son conocidos por su actividad antioxidante, y cumplen un papel beneficioso para la salud humana (Paredes López, Cervantes Ceja, Vigna Pérez, y Hernández Pérez, 2010).

En la Figura 37 se presenta el contenido de FST de los extractos de motilón en tres estados de madurez. Se puede observar que a medida que aumenta el estado de madurez el contenido de FST también aumenta ( $p < 0.05$ ), sin embargo es notorio que mayor contenido de estos compuestos tiene el motilón en estado de madurez de consumo, a comparación de los otros estados, debido a su completo desarrollo físico y químico.



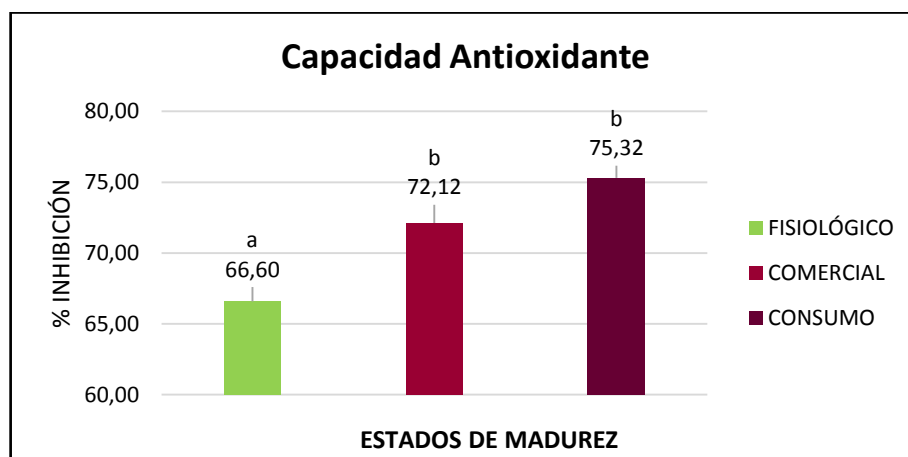
**Figura 39.** Contenido de FST en los extractos de motilón en 3 estados de madurez

En referencia al estudio de Villarreal *et al.*, (2008), donde obtuvieron 625,09 mg de ácido gálico/100 g de pulpa son similares a los resultados obtenidos en estado de madurez comercial con 620,29 mg de ácido gálico/100g de pulpa. El extracto de motilón en estado de madurez comercial presento un 18,23% menos de contenido y en estado de madurez fisiológico un 48,66% inferior al de referencia.

EL motilón por tener una cantidad considerable de fenoles solubles totales, se destaca sobre otras frutas como la fresa con 132,1 mg de ácido gálico/100g pulpa, la uva 117,1 mg de ácido gálico/100g de pulpa, la mora con 118.9 mg de ácido gálico/100g valores presentados por Kuskoski y Asuero, (2005), (como se citó en Villarreal *et al.*, 2008) tienen aproximadamente 8,83 % menor contenido de fenoles totales.

#### 4.3.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de pigmentos de la fruta, el DPPH está relacionado con la capacidad de transferir átomos de hidrogeno fenólicos conforme el paso del tiempo por la degradación del compuesto. En la Figura 38 se presenta la capacidad antioxidante expresada en % de Inhibición de los extractos de motilón de los 3 estados de madurez, se encontró que la madurez en los estados entre los estados comercial y de consumo no tiene efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) en la actividad antioxidante del motilón. El motilón en estado de madurez fisiológico tiene el menor valor de capacidad antioxidante con relación a los otros estados, a pesar de presentar cantidades de fenoles solubles totales no tiene un alto potencial antioxidante.



**Figura 40.** Capacidad antioxidante del motilón en 3 estados de madurez

Villarreal *et al.*, (2008) al realizar el análisis de capacidad antioxidante obtuvieron un resultado de 73,10% Inhibición en extracto de motilón, sin embargo este resultado fue 2,95% inferior al obtenido en estado de madurez de consumo de esta investigación.

**Tabla 20.** Capacidad Antioxidante expresada en porcentaje de inhibición del motilón en 3 estados de madurez

ESTADOS DE MADUREZ	<sup>3</sup> IM	ABSORBANCIA (nm)				% INHIBICIÓN
		0´	10´	20´	30´	
<b>FISIOLOGICO</b>	4.5	0,466	0,212	0,182	0,156	<b>66,60 ±0,56 a<sup>2</sup></b>
<b>COMERCIAL</b>	9.8	0,514	0,185	0,156	0,143	<b>72,12±0,46 b</b>
<b>CONSUMO</b>	11.3	0,471	0,147	0,180	0,116	<b>75,32 ±0,41 b</b>
<sup>1</sup> DMS						3.33

<sup>1</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05); <sup>2</sup>Medias con una letra no son significativamente diferentes (p>0.05); <sup>3</sup>IM: Índice de Madurez

La comparación estadística realizada por el método de Tukey 5% permitió establecer que los estados de madurez comercial y de consumo, no son significativamente diferentes en cuanto a la capacidad antioxidante.

Con los resultados de las absorbancias se determinó que el extracto más activo fue el de motilón en estado de madurez de consumo. Es importante resaltar que la actividad antioxidante del fruto del motilón predomina desde el inicio de su desarrollo vegetal.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Después de realizar la fase experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

- Del presente estudio se concluye que el estado adecuado para cosecha del motilón es el fruto en madurez 5, que corresponden a frutos 100% morados, ya que presentan una textura ligeramente dura (2,4N) y sabor agradable por la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez.
- En estado de madurez fisiológico el fruto de motilón es pequeño, de color verde, presenta sabor ácido, textura muy firme, además presenta un contenido fenólico de 321,90 mg de ácido gálico/100 g de pulpa y una capacidad antioxidante de 66,60% de inhibición frente a radicales libres. En estado de madurez comercial el fruto es grande, se evidencia tonos púrpura y morado, sabor ácido leve, textura ligeramente dura, aumenta el contenido de compuestos fenólicos con 511,62 mg de ácido gálico/100 g de pulpa y la capacidad antioxidante en 72,12% de inhibición. Los frutos en madurez de consumo presentan color morado intenso, ligera acidez, textura blanda; en este estado se presencié mayor contenido fenólico de 620,29 mg de ácido gálico/100 g de pulpa y una capacidad antioxidante a 75,32% de inhibición.

- El contenido de Fenoles Solubles Totales en el fruto de motilón aumenta conforme madura, presentando 620,29 mg de ácido gálico/100 g de pulpa en su máxima madurez, por lo tanto, la concentración de estos compuestos fenólicos están directamente relacionados con el color y el índice de madurez.
- Los frutos de motilón muestran alta Capacidad Antioxidante con un porcentaje de inhibición máximo del 70% frente a radicales libres, siendo éste proporcional al estado de madurez.
- El estado de madurez influye significativamente (Tukey 5%) en las características fisicoquímicas del fruto de motilón al igual que en las propiedades nutraceuticas, aceptándose de esta manera, la hipótesis alternativa planteada en esta investigación.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Finalmente se emitieron las siguientes recomendaciones:

- Realizar análisis de otros compuestos orgánicos del motilón, como: carotenos, contenido de ácidos y vitaminas con el fin de desarrollar procesos agroindustriales que conserven las propiedades funcionales de este fruto.
- Desarrollar proyectos de socialización de este fruto para dar a conocer su valor nutricional y utilizarlo en la elaboración de un producto alternativo, evaluando métodos de conservación para una probable exportación.
- Analizar métodos de propagación para esta variedad y el manejo poscosecha adecuado para una producción a mayor escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M., Reza, C., Chew, R., & Meza, J. (2011). PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS ANTOCIANINAS. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 6.
- Almeida, J. (2012). Extracción y Caracterización del colorante natural del maíz negro (*Zea mays* L.) y Determinación de su Actividad Antioxidante. Escuela Politécnica Nacional.
- Alvarado, P. A., Berdugo, C. A., & Fischer, G. (2004). Efecto de un tratamiento de 1,5°C y dos humedades relativas sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana*, 22.
- Arranza Martínez, S. (2010). Compuestos polifenólicos (extraíbles y no extraíbles) en alimentos de la dieta española: metodología para su determinación e identificación. *Universidad Complutense de Madrid*, 9.
- Arrieta, A., Baquero, U., & Barrera, J. (2006). Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano. *Agronomía Colombiana*.
- Artés, F. (2007). *Refrigeración y comercialización hortofrutícola en la región de Murcia*. Murcia: CEBAS-CESIC.
- Asenjo Vera, J., Morales de los Ríos, L., Sainz Urruela, R., y Tapia Hernández, L. (2015). Producción de alcoholes volátiles durante la maduración de los frutos. [https://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion\\_frutos.pdf](https://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf)
- Avalos, K., Sgroppo, S., & Chaves, A. (2009). Quality and antioxidant properties of whole and fresh cut 'Cherry' peppers during storage at 10 °C. *FACENA*, 25.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Belitz, D., & Grosch, W. (1998). *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

- Berlijin, J. D. (2016). *Manuales de producción agropecuaria: Fruticultura*. México: Trillas.
- Buitrago Guacaneme, C. M., Rincón Soledad, M. C., Balaguera López, H. E., & Ligarreto Moreno, G. A. (2014). Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto. *Fac. Nac. Agron*, 68.
- Calderón, M., Raybaudi, R., & Mosquera, J. (2012). Efecto de la luz UV-C y ácido málico sobre poblaciones de *Rhodotorula glutinis* y vida útil de rebandas de papaya maradol. *Bioagro*, 24.
- Camacho Romero, O., Melgarejo Gómez, S., De la Rosa Torres, C., Puertas-Mejia, M. A., & Rojano, B. (2016). Correlación del contenido de fenoles y antocianinas con la capacidad antioxidante *Syzygium cumini* (L) Skeels , (jambolan) Phenol and anthocyanin content and correlation with the antioxidant capacity of *Syzygium cumini* (L) Skeels , (jambolan), 21(1), 63–70.
- Castro, A. M., Rodriguez, L., & Vargas, E. M. (2008). Dry gooseberry (*Physalis peruviana* L) with pretreatment of osmotic dehydration. *Vitae*, 15.
- Chancosi, D. M. (2017). Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre le contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla *Physalis peruviana* L con cáliz. Ibarra, Ecuador: *Universidad Técnica del Norte*, 82. Tesis.
- Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2001). Separation and characterization of anthocyanins by HPLC. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Einbond, R. G., Reynertson, K. A., Luo, X.-D., Basie, M. J., & Kennelly, E. J. (2004). Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chem*, 84.
- Farinango, M. (2010). Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) y la mora de variedad Brazos (*Rubus* sp.). *Escuela Politécnica Nacional*, 167.
- García, C., & García, H. (2001). *Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Colombia: Corpoica.



- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2010). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu. *Universidad Politecnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos.*, 1–9.
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Bdigital*, 13-27-36. Obtenido de: Las antocianinas como colorantes. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/16447/1/11337-27563-1-PB.pdf>
- Gergoff Grozeff, G. E. (2016). Aspectos fisiológicos y determinación de estados de madurez de frutos. *Maduración e índices de cosecha*, 18.
- Gonzales Manzano, S., Pérez Alonso, J., Salinas Moreno, Y., Mateus, N., Silva, A., De Freitas, V., & Santos Buelga, C. (2008). Flavanol-anthocyanin pigments in corn: NMR characterisation and presence in different purple corn varieties, *21*, 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.05.009>
- Harborne, J.B; Williams, C.A, Anthocyanins and other flavonoids. *Nat. Prod Rep.*, 1995, 639-657.
- Kader, A. A., Adaskaveg, J., Crisosto, C. H., Arpaia, M. L., Edwards, D. E., Barret, D. M., & et al. (2007). Tecnología Postcosecha de Cultivos: Hortifortícolas. *EUA Universidad de California*.
- Kim, M. J., Perkins-Veazie, P., Ma, G., & Fernandez, G. (2015). Shelf life and changes in phenolic compounds of organically grow blackberries during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Tecnology*, 110.
- Konica-Minolta. (2008). Fundamentos del color. Recuperado de: <http://www.kmwebinars.com/webinars/fundColorSpa/index.html>, 6.
- Kuskoski, M., & Asuero, A. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar la actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cience Tecnology Aliments*, 25.
- Lozano , P. (2002). *Los tipos de bosques en el sur de Ecuador. Botánica Austroecuatorial*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.

- Magnitskiy, S., & Ligarreto, G. (2009). Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la Zona Altoandina de Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Menéndez, O., Evangelista, S., Arenas, M., Bermúdez, K., del Villar, A., & Jiménez, A. (2006). Cambios en la actividad de  $\alpha$ -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpadegener*). *Interciencia*.
- Molina-Quijada, D. M. A., Medina-Juárez, L. A., González-Aguilar, G. A., Robles-Sánchez, M. R., & Gámez-Meza, N. (2010). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noroeste de México. *Journal of Food*, 6337(January 2017). Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/19476330903146021>
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarín J. Sci. Technol*, 26.
- Montalvo, D. (2009). Informe Técnico del Mortiño (*Vaccinium floribundum* Knuth). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*.
- Mueller, J. (2003). El Motilón, *Hyeronima* cf. *Macrocarpa*: especie promisoría para la región Andina Ecuatoriana. *Proyecto Apoyo al Desarrollo Forestal Comunal en los Andes del Ecuador*.
- Ochoa, C., & Ayala, A. (2009). Los Flavonoides: Apuntes Generales y su Aplicación en la Industria de Alimentos. *Ingeniería Y Competitividad*, 6(2), 93–104. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/1571/1/Rev.Ing.yCompetitividadVol6,No2,2004,p.93-104.pdf>
- Oliveira, D. M., Kwiatkowski, A., Rosa, C. L., & Clemente, E. (2014). Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp) conservation. *Journal of Food Science and Technology*, 51.
- Ortíz, M. A., Reza, C., Gerardo, R., Madinaveitia, C., Ciencias, F. De, Universidad, Q., ... Artículo, A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas.

*Biotecnia*, 13, 16–22. <http://www.biotecnia.uson.mx/revistas/articulos/16-BIO-11-DPA-06.pdf>

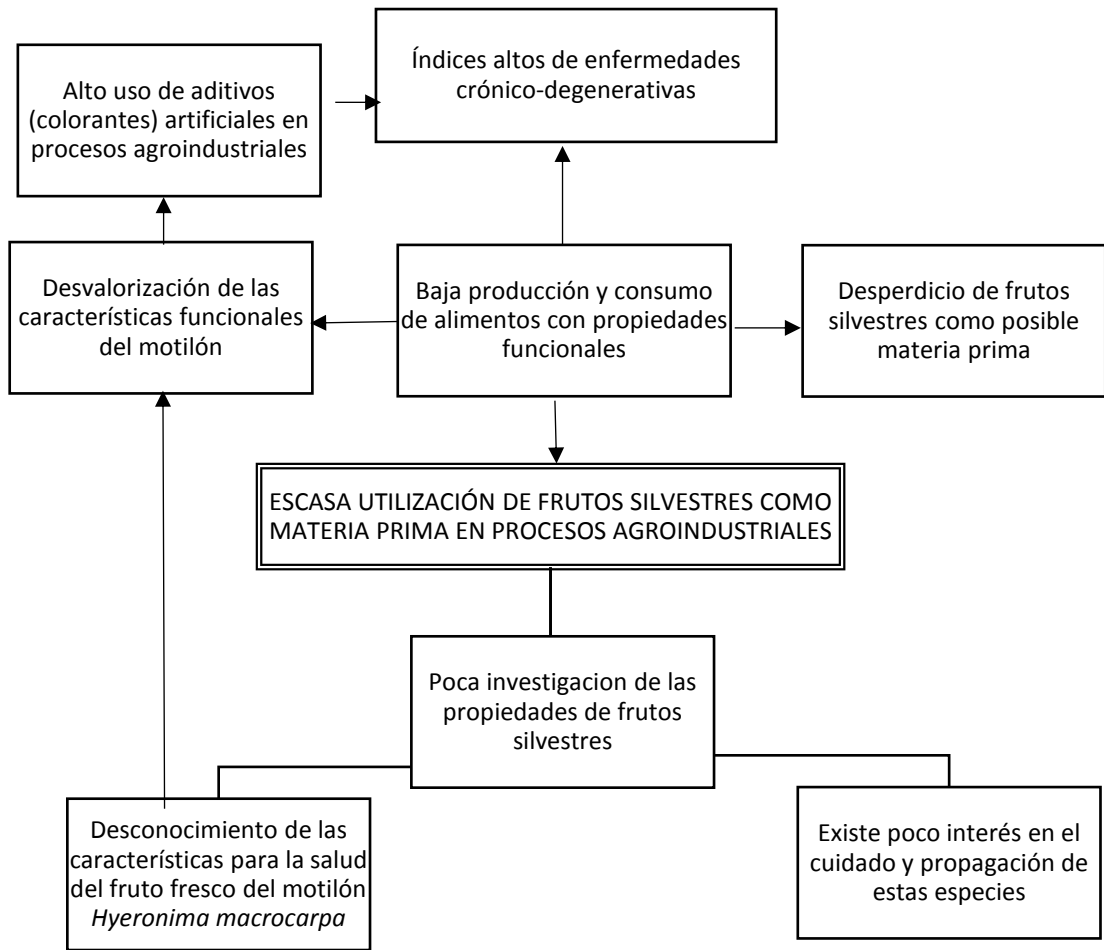
- Palacios, W. A. (2016). *Árboles del Ecuador*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–8. Recuperado de: <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Paredes López, O., Cervantes Ceja, M. L., Vigna Perez, M., & Hernandez Perez, T. (2010). Berries: Improving human health and healthy aging, and promoting quality life-A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65.
- Pérez, S., & Valdiviezo, C. (2007). Colección y caracterización morfológica del mortiño ((*Vaccinium Floribundum* Kunt) en la sierra norte del Ecuador. *Escuela Politécnica del Ejercito*.
- Pino, C. (2007). Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.). *Universidad Austral de Chile*, 64.
- Prado , L., & Valdebenito, H. (2000). *Contribución a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador*. Quito, Ecuador: Intercoperation-FOSEFOR.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Agric Food Chem*, 10.
- Rincón, M., Buitrago, C. M., Ligarreto, W. S., Torres, H. E., & Balaguera. (2012). Comportamiento del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* , 65.
- Rolz, C. (2011). Fisiología Post Cosecha de Frutas. Compendio de Características de Calidad, Condiciones de Almacenamiento, Sensibilidad al Frío,

- Maduración y Desórdenes Fisiológicos. *Universidad del Valle de Guatemala*, 23-24-34.
- Safner, R., J.Polashock, M., Ehlenfeldt, & B.Vinyard. (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49.
- Santacruz, L. A. (2011). Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Santacruz, L., Osorio, C., Gonzáles-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2012). Aplicación de la Colorimetría triestímulo para evaluar la estabilidad de extractos ricos en antocianinas de frutas tropicales colombianas. *Vitae*, 3.
- Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50.
- Sinha, N., Sidhu, J., Bart A, J., Wu, J. & Cano, M M.P. (eds)(2012) *Handbook of Fruit Processing*. John Wiley & Sons. Ames, IA, 712p.
- Tupuna Yerovi, D. S. (2012). Obtención de jugo clarificado concentrado de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) mediante el uso de tecnología de membranas. *Ecuela Politécnica Nacional*.
- Valero Muñoz, A. (2012). *Principios de color y holopintura*. Barcelona: ECU.
- Vasco, C., Riihien, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical Composition and Phenolic Compound Profile of Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). *Journal of Agricultural Food Chemistry*.
- Villareal, J. H., Jiménez, J. P., Hurtado, N., & Cruz, S. (2008). Estudio de la actividad antioxidante y eficiencia anti-radical in-vitro en extractos de pulpa de motilón dulce (*Hyeronima macrocarpa*). *Revista Centro De Estudios En Salud*, 10.
- Viñas, I., Recasens, I., & Usal, J. (2013). *Poscosecha de pera, manzana y melocotón*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Wills, R. B., Mcglasson, W. B., Graham, D., & Joyce, D. C. (2007). Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. *New South Wales University*.
- Yahía, E. (2017). *Manejo y Tecnologías Post-cosecha de los Berries*. México: Intagri .
- Zapata, G., Davies, C., Oliva, L., & Schvab, M. (2007). Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 34.
- Zheng , Y., Chien, W., Shiow, W., & Wie, Z. (2003). Effect og High Oxygen Atmospheres on Blueberry Phenolics, Anotcyanis, and Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and -food Chemistry*, 53.
- Zumbado Fernández , H. (2008). *Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos* . Habana: Editorial Universitaria.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Árbol de problemas



## ANEXO 2. Certificación del motilón como especie exenta o no del aprovechamiento sustentable o ubicación en áreas protegidas



Oficio Nro. MAE-CGZ1-DPAI-2017-0602-O

Ibarra, 05 de mayo de 2017

**Asunto:** CERTIFICADO, QUE EL MOTILÓN TIENE O NO ALGUNA RESTRICCIÓN Y QUE SE ENCUENTRE EXENTA DEL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN ÁREAS PROTEGIDAS

Señorita  
Adriana Margarita Martínez Cadena  
**Estudiante**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN AGROINDUSTRIAS**  
En su Despacho

De mi consideración:

Mediante el presente la Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura, le hace conocer el estado de conservación del Motilón especie *Hyeronima macrocarpa*, como también el aprovechamiento sustentable dentro de áreas protegidas.

La explotación forestal no sostenible, la tala ilegal de madera, constituyen las mayores amenazas que enfrentan los bosques nativos del Ecuador, ocasionando la destrucción del hábitat de muchas especies de flora y fauna silvestres, la alteración del régimen hídrico y la pérdida de bienes y servicios ambientales que contribuyen al cambio climático. El Ministerio del Ambiente (MAE) construye la Norma Técnica N° 128, con fecha 08 de Octubre de 2006, que estable estrategias para el manejo sustentable de los bosques andinos, de acuerdo al siguiente detalle:  
Especies de aprovechamiento condicionado para un manejo sustentable del Bosque Andino, según el Art. 35 de la Norma Técnica N° 128.

Papel Ecológico

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE IMBABURA  
Av. Mariano Acosta 2984 y Manuelita Sáenz, frente a la Estación de Servicios La Florida  
Ibarra - Ecuador  
Teléfonos: (593 6) 2632548 - 2632411 - 2632240  
[www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)



1/3

Documento generado por Qulpux

Oficio Nro. MAE-CGZ1-DPAI-2017-0602-O

Ibarra, 05 de mayo de 2017

Nombre común oficial	Nombre científico
Arrayán	Todas las especies de <i>Myrcianthes</i>
Cedrillo	<i>Cabralea canjerana</i>
Cedro andino	<i>Cedrela montana</i>
Cedro blanco	<i>Cedrela odorata</i>
Cedrillo	Todas las especies de <i>Ruagea</i>
Colorado manzano	<i>Guarea kunthiana</i>
Duco	<i>Clusia</i> spp.
Encino	Todas las especies de <i>Weinmannia</i>
Guandera	<i>Clusia flaviflora</i> , <i>C. multiflora</i>
Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i> subs. <i>meridionalis</i>
Maco maco, tupial	<i>Myrsine coriácea</i>
Motilón	<i>Hyeronima macrocarpa</i> , <i>Hyeronima</i> spp.
Naranjillo	<i>Styloceras laurifolia</i>
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>
Romerillo, Olivo, Sisín	Todas las especies de Podocarpaceae
Sacha capulí	<i>Vallea stipularis</i>
Trapiche colorado	<i>Mauria heterophylla</i>
Yagual	Todas las especies de <i>Polylepis</i>

- Dentro de las Especies de aprovechamiento condicionado para un manejo sustentable del Bosque Andino se encuentra la especie *Hyeronima macrocarpa* (Motilón), como una de las principales especies forestales consideradas amenazadas en el país. (MAE, 2011).
- Estado de conservación según la UICN: Este taxón aún no ha sido evaluado para la Lista Roja de la UICN.

El aprovechamiento sustentable dentro de áreas protegidas, es una alternativa de manejo como Biocomercio, que representa recursos económicos para las comunidades, bajo el compromiso que los beneficiarios deben demostrar el manejo sustentable mediante un plan de manejo para la especie, de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Papel Ecológico

DIRECCION PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE IMBABURA  
Av. Mariano Acosta 2984 y Manuella Sáenz, frente a la Estación de Servicios La Florida  
Ibarra - Ecuador  
Teléfonos: (593 6) 2632548 - 2632411 - 2632240  
www.ambiente.gob.ec




2/3



Oficio Nro. MAE-CGZ1-DPAI-2017-0602-O

Ibarra, 05 de mayo de 2017

  
Mgs. Julio Cesar Moran de la Torre  
**COORDINADOR GENERAL ZONAL - ZONA 1 DIRECTOR PROVINCIAL DEL  
AMBIENTE DE IMBABURA**

Referencias:  
- MAE-CGZ1-DPAI-2017-0600-E

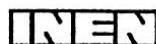
Anexos:  
- solicitud\_0600.pdf

sp/rm



# ANEXO 3. Norma Técnica Ecuatoriana

CDU: 634.38  
ICS: 67.080.01



CIU: 1110  
AL 02.03-470

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria

FRUTAS FRESCAS.  
MORA.  
REQUISITOS.

NTE INEN  
2 427:2010  
2010-01

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la mora, para consumo en estado fresco acondicionada y/o envasada para su comercialización dentro del territorio ecuatoriano.

## 2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a la mora variedad "Castilla" y a la mora variedad "Brazos".

## 3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 751 y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Mora de castilla (Rubus glaucus Benth)*. Es una planta perenne, arbustiva, semirrecta y de naturaleza trepadora, perteneciente a la familia de las rosáceas. El fruto es una baya elipsoidal, que está formado por pequeñas drupas adheridas a un receptáculo floral que al madurar es blancuzco y carmoso, su color varía de rojo a negro brillante conforme su desarrollo, es de consistencia dura y sabor agrídulce, su pulpa es rojiza y ahí se encuentran las semillas.



3.1.2 *Mora brazos*. Es un híbrido que se diferencia de la mora de castilla por que las drupas son de mayor tamaño, la coloración es más oscura y brillante cuando está completamente madura; el fruto es más alargado y su sabor es menos ácido



(Continúa)

DESCRIPTORES: Industria alimentaria, producto agrícola, fruta fresca, mora, requisitos.

**4.3.1.2 Grado I.** Se admite hasta el 10 % en número o masa de frutos que no cumplan los requisitos de este grado, ni los requisitos del numeral 6.1, con excepción de productos con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas.

**4.3.1.3 Grado II.** Se admite hasta el 10% en número o en masa de frutos que no cumplan los requisitos de este grado, ni los requisitos generales del numeral 6.1, con excepción de productos con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas.

**4.3.2 Tolerancias de calibre.** Para todos los grados se acepta hasta el 10 % en número o en masa de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

**5.1** Los frutos destinados a la comercialización deben presentarse en envases adecuados y el contenido de cada uno debe ser homogéneo, compuesto por frutos del mismo origen, variedad, calibre, calidad y un estado de coloración y madurez homogéneo, de acuerdo a la variedad. Deben estar bien acondicionados a fin de protegerlos convenientemente.

**5.2** El desarrollo y las condiciones de los frutos deben ser tales que permitan soportar el transporte y la manipulación para llegar en condiciones satisfactorias a su destino. El fruto es altamente perecedero por lo que la cosecha debe hacerse una vez que el fruto ha llegado a su madurez comercial, es decir, rojo claro (color 3 de acuerdo al numeral 6.1.2.1), con suficiente dureza y textura que eviten que el producto se deteriore.

## 6. REQUISITOS

### 6.1 Requisitos Específicos

**6.1.1 Requisitos físicos.** Todos los grados del fruto de la mora deben estar sujetos a las tolerancias permitidas y a los siguientes requisitos:

- a) enteros, con la forma característica de la variedad;
- b) de aspecto fresco y consistencia firme;
- c) sanos, libres de ataques de insectos o enfermedades; por lo tanto se excluyen productos afectados por pudrición o deterioro, impropios para el consumo.
- d) limpios, exentos de olores, sabores y materias extrañas visibles;
- e) prácticamente libres de magulladuras y humedad exterior anormal;
- f) deben tener drupas bien formadas, llenas y bien adheridas;
- g) los frutos deben tener cáliz;
- h) la coloración del fruto debe ser homogénea y acorde con el estado de madurez.

**6.1.2 Requisitos de madurez.** La madurez de la mora se aprecia visualmente por su color externo (ver figura 1) y debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2.

(Continúa)

**3.1.3 Fruto fresco.** Producto que, luego de la recolección no ha sufrido cambio alguno que afecte sus cualidades.

**3.1.4 Fruto fuera de norma.** Es aquel que no cumple con los requisitos establecidos en esta norma.

**3.1.5 Fruto defectuoso.** Aquel con uno o más defectos que afecten su calidad comercial.

**3.1.6 Ápice.** Parte inferior del fruto.

**3.1.7 Drupas.** Pequeños frutos de forma esférica que conforman la mora.

#### 4. CLASIFICACIÓN

**4.1** Independiente del calibre, la clasificación de la mora admite tres grados que se definen a continuación:

**4.1.1 Grados de calidad.** El fruto de la mora se puede clasificar en los tres grados siguientes:

**4.1.1.1 Grado extra.** El fruto de la mora debe cumplir los requisitos establecidos en el numeral 6.1.1 y estar exento de todo defecto.

**4.1.1.2 Grado I.** El fruto de la mora debe cumplir los requisitos establecidos en el numeral 6.1.1 y se aceptan deformaciones del ápice.

**4.1.1.3 Grado II.** Comprende la mora que no puede clasificarse en las categorías anteriores, pero cumple los requisitos establecidos en el numeral 6.1.1. Se admiten los siguientes defectos:

- a) Deformación del fruto
- b) Estar sin cáliz

**4.2 Calibre.** El calibre se determina por el diámetro, la longitud de la fruta en mm. La correlación entre calibre, diámetro y longitud es la siguiente:

**TABLA 1. Calibres de la mora**

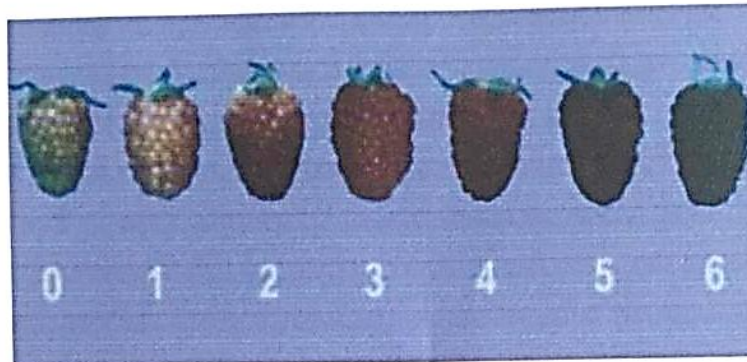
CALIBRE	Diámetro, mm (ver 8.1.1)	Longitud, mm (ver 8.1.2)
<b>Mora variedad castilla</b>		
Grande	> 25	> 25
Mediano	25 - 18	25 - 20
Pequeño	< 18	< 20
<b>Mora variedad brazos</b>		
Grande	> 25	> 25
Mediano	25 - 18	25 - 20
Pequeño	< 18	< 20

**4.3 Tolerancias.** Se admiten las siguientes tolerancias para las desviaciones de calidad y calibre

**4.3.1 Tolerancias de calidad**

**4.3.1.1 Grado extra.** Se admite hasta el 5 % en número o en masa de frutos que no cumplen con los requisitos de este grado.

(Continúa)

**MORA DE CASTILLA**

Fuente CENICAFÉ Centro Nacional de investigaciones del Café, Colombia

**MORA BRAZOS**

**TABLA 2. Requisitos físico químicos de la mora**

	MADUREZ DE CONSUMO		METODO DE ENSAYO
	Mín	Máx	
<b>Mora variedad Castilla</b>			
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	1,8	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, °Brix	9,0	-	NTE INEN 380
Índice de madurez °Bx / acidez titulable	5,0	-	Ver 8.2
<b>Mora variedad Brazos</b>			
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	2,1	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, °Brix	7,0	-	NTE INEN 380
Índice de madurez °Bx / acidez titulable	3,3	-	Ver 8.2

**6.1.2.4** Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius.

## 6.2 Requisitos complementarios

**6.2.1** El desarrollo y condición de las moras deben ser tales que les permitan:

- a) Soportar el transporte y la manipulación, y
- b) Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

(Continúa)

- 6.2.2** Para su comercialización se debe tener en cuenta que el fruto no es climatérico.
- 6.2.3** La mora debe ser recolectada en los grados de color 3 y 4.
- 6.2.4** Condiciones de almacenamiento.
- 6.2.4.1** Para evitar daños, el fruto no debe exponerse al sol.
- 6.2.4.2** Las áreas de transporte y almacenamiento deben mantenerse frescas y ventiladas.
- 6.2.5** La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley de Calidad.

## 7. INSPECCIÓN

**7.1 Muestreo.** El muestreo de las moras se debe realizar de acuerdo con la NTE INEN 1 750.

**7.2 Aceptación y rechazo.** Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso, será motivo para considerar el lote como fuera de norma, y se debe rechazar el lote, quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

## 8. MÉTODOS DE ENSAYO

### 8.1 Determinación del calibre

**8.1.1 Diámetro.** Se mide el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador o una regla graduada flexible y el resultado se expresa en milímetros (mm).

**8.1.2 Longitud.** Se mide la longitud del fruto con un calibrador o una regla graduada y el resultado se expresa en milímetros (mm).

### 8.2 Determinación del índice de madurez.

**8.2.1** Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales (°Brix) y el valor máximo de la acidez titulable, Se expresa como °Brix/ % ácido cítrico.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{SST (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}}$$

## 9. EMBALAJE

**9.1** El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos de la misma variedad, grado, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

**9.2** Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto, así por ejemplo en cajas de madera, cartón corrugado o de otro material adecuado que reúna las condiciones de higiene, limpieza, ventilación y resistencia a la humedad, manipulación y transporte, de modo que garantice una adecuada conservación del producto.

(Continúa)








## ANEXO 4. FIGURA DE COLORES ESTABLECIDA PARA 7 ÍNDICES DE MADUREZ MOTILÓN



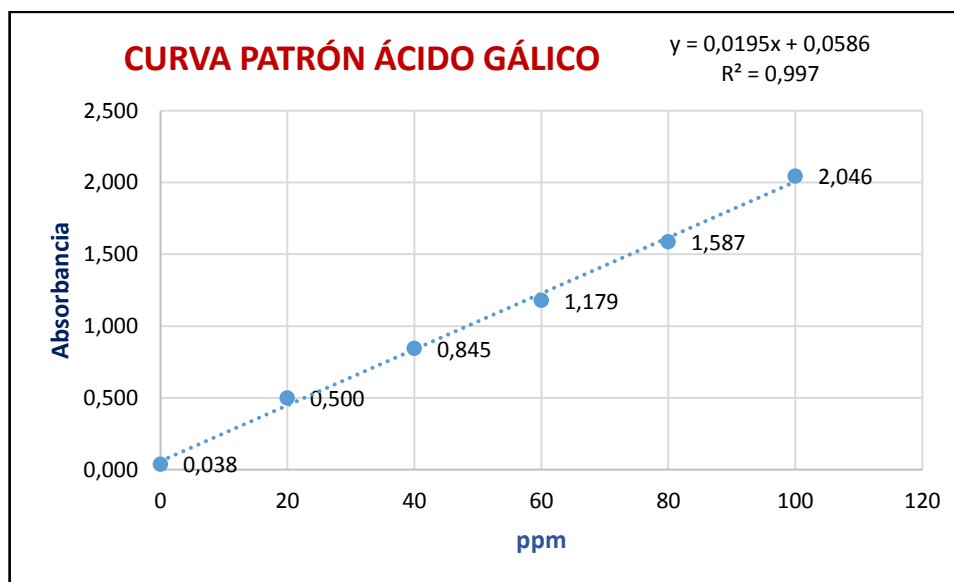
FIGURA DE COLORES FRUTO DEL MOTILÓN *Hyeronima Macrocarpa*

## ANEXO 5. DESCRIPCIÓN DE LA GAMA DE COLOR DEL MOTILÓN

Tabla 21. Descripción de la gama de color del motilón.

Muestra		Característica
M1		100% Verde
M2		85% Verde, 15% Amarillo
M3		30% Amarillo, 70% Naranja
M4		10%Naranja, 90 % Rojo
M5		25% Rojo, 75% Morado
M6		100% Morado
M7		100% Morado Intenso

## ANEXO 6. CÁLCULO DE R<sup>2</sup> EN BASE A LA CURVA PATRÓN DE ÁCIDO GÁLICO



## ANEXO 7. CÁLCULO DE FST DE LAS MUESTRAS

**Tabla 2.** Contenido de FST de los extractos obtenidos de tres estados de madurez del motilón.

ESTADOS DE MADUREZ	ABSORBANCIA nm	CONCENTRACIÓN ppm	PESO PULPA g	PESO <sup>1</sup> MS g	<sup>2</sup> FST (mgGAE/100gMS)	FST (mgGAE/100gpulpa)
FISIOLÓGICO	1,521	75,01	101,1	21,9	1500,24	<b>321,90 ±0,58a<sup>2</sup></b>
COMERCIAL	1,585	87,73	102,1	29,8	1754,60	<b>511,62 ±0,58b</b>
CONSUMO	1,951	97,06	101,4	32,4	1941,27	<b>620,29 ±0,58c</b>
<sup>1</sup> DMS						<b>1.94</b>

<sup>1</sup>MS: Materia Seca; FST: Fenoles Solubles Totales <sup>1</sup>Medias con una letra no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ); <sup>2</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)



## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

**SST:** Sólidos Solubles Totales

**ATT:** Acidez Titulable

**AA:** Actividad Antioxidante

**FST:** Fenoles Solubles Totales

**CV:** Coeficiente de Variación

**GAE:** Equivalente de Ácido Gálico

**mg:** Miligramo

**ppm:** partes por millón

**\*: Significativo**

**\*\*:** Altamente significativo

**ns:** no significativo

**rpm:** revoluciones por minuto