



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



TEMA:

Estudio de la calidad y comportamiento postcosecha de dos variedades de mora (*Rubus glaucus* Benth) cosechadas en los estados de madurez 3 y 5.

Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

El presente estudio es parte del proyecto: “**Desarrollo de nuevas tecnologías de acondicionamiento postcosecha para berries**” aprobado por el Honorable Consejo Universitario y financiado por el Centro de Investigación de la Universidad Técnica de Ambato. Resolución 1302-CP-U-P-2015. Coordinado por la Ph.D. Sandra Horvitz.

Autora: Diana Carolina Chanaguano Altamirano

Tutor: Ph.D. Sandra Horvitz Szoichet

Ambato –Ecuador

Octubre 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ph.D. Sandra Horvitz Szoichet

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 07 de julio de 2016



Ph.D. Sandra Horvitz Szoichet
AAA483083

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diana Carolina Chanaguano Altamirano, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniería en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Diana Carolina Chanaguano Altamirano

C.I. 180501146-5

AUTORA


APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.


Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Mg. Ing. Fernando Cayetano Álvarez Calvache
C. I. 180104502-0



Ph.D. Ignacio Ángel Angós Iturgaiz
C. I. 175697822-5

Ambato, 9 de Agosto de 2016

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Diana Carolina Chanaguano Altamirano

C.I. 180501146-5

AUTORA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a mis padres Jorge y Eufemia por haberme dado la vida, guiarme, cuidarme, por su apoyo incondicional, su amor, por el ejemplo de dedicación, lucha y esfuerzo para llegar a culminar uno de mis objetivos.

A mi hermano Jorge Luis por brindarme todo su apoyo y nunca dejar de levantarme cuando perdía la esperanza para seguir adelante.

A mis dos Angelitos que me acompañan desde algún lugar.

A mi nena que viene en camino y pronto podre tenerla en mis brazos.

A mis abuelitas, tías y resto de mi familia por brindarme su apoyo moral y sabias palabras de consejo para continuar cumpliendo mi sueño.

Con cariño

Diana Chanaguano

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de la Elevación, quienes me han dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos que me ha permitido culminar mis estudios.

A todos mis maestros que a lo largo de mi carrera, me han impartido sus conocimientos, experiencias y sabios consejos que ayudaron en mi formación académica.

A la Doctora Sandra Horvitz (tutora), por la confianza depositada en mi y por todo el tiempo dedicado al desarrollo de este trabajo y su apoyo incondicional, la paciencia y la guía como profesional para llegar a culminar mi meta.

Al Doctor Iñigo Arozarena (Universidad Pública de Navarra) por su colaboración para la realización de esta tesis.

A mis queridas amigas Carolina y Jessica por su apoyo incondicional, por las alegrías, las penas, las risas, por todos los momentos que pasamos juntas y que nunca podré olvidar, las llevaré siempre en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.2 HIPÓTESIS	5
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	5
2.3.1 Variables Independientes	5
2.3.2 Variable Dependiente.....	5

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1.1 Materia Prima.....	6
3.1.2 Envasado y Almacenamiento.....	6
3.1.3 Reactivos.....	7
3.1.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	7
3.1.4.1 Tamaño y pérdida de peso	7
3.1.4.2 Contenido de humedad.....	8
3.1.4.3 Color	8
3.1.4.4 Firmeza	8
3.1.4.5 Sólidos solubles totales (SST).....	9
3.1.4.6 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (AT)	9
3.1.5 ANÁLISIS NUTRICIONALES	9
3.1.5.1 Antocianinas	10
3.1.5.2 Polifenoles totales	10
3.1.5.3 Actividad antioxidante	11
3.1.5.4 Ácidos orgánicos (cítrico, málico y ascórbico).....	11
3.1.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	12

3.1.7 ANÁLISIS SENSORIAL	12
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	13
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	13

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto del estado de madurez a cosecha sobre la calidad inicial de moras de Castilla nativas y colombianas	14
4.2 Efecto de la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez sobre la calidad postcosecha de moras de Castilla nativas y colombianas.	19
4.2.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	19
4.2.1.1 Pérdida de peso	19
4.2.1.2 Caracterización físico-química.....	22
4.2.2 ANÁLISIS NUTRICIONALES	29
4.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	37
4.2.4 ANÁLISIS SENSORIAL	40
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	45

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	46
5.2 RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de calibre y de madurez para mora de Castilla (Norma INEN 2427:2010)	14
Tabla 2. Calidad inicial de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5	15
Tabla 3. Calidad inicial de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5	17
Tabla 4. Características físico-químicas de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	23
Tabla 5. Características físico-químicas de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	24
Tabla 6. pH, acidez titulable (AT) y sólidos solubles totales (SST) de mora de Castilla nativa y colombiana cosechadas en los estados de madurez 3 y 5 y almacenadas a 8 y 18 °C	26
Tabla 7. Valores nutricionales de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	30
Tabla 8. Valores nutricionales de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	31
Tabla 9. Contenido de antocianinas, polifenoles y actividad antioxidante de mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenadas a 8 y 18 °C.	36
Tabla 10. Recuentos microbiológicos de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	37
Tabla 11. Recuentos microbiológicos de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C	38
Tabla 12. Atributos sensoriales iniciales de la mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5	40
Tabla 13. Efecto del estado de madurez en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla nativa almacenada a 8 y 18 °C durante 10 días	66
Tabla 14. Efecto del estado de madurez en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla colombiana almacenada a 8 y 18 °C durante 10 días	67
Tabla 15. Efecto del tiempo y la temperatura en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5	68
Tabla 16. Efecto del tiempo y la temperatura en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de color de la mora de Castilla	6
Figura 2. Envase utilizado para el envasado y almacenamiento de las moras de Castilla	6
Figura 3. Estados de madurez a cosecha de la mora de Castilla	14
Figura 4. Crecimiento fúngico sobre los frutos de mora.....	19
Figura 5. Pérdida de peso (%) de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 y 18 °C.....	20
Figura 6. Pérdida de peso (%) de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 y 18 °C.....	21
Figura 7. Firmeza de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	28
Figura 8. Firmeza de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	28
Figura 9. Atributos sensoriales de mora de Castilla nativa cosechada en el estado de madurez 3 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	41
Figura 10. Atributos sensoriales de mora de Castilla nativa cosechada en el estado de madurez 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	41
Figura 11. Atributos sensoriales de mora de Castilla colombiana cosechada en el estado de madurez 3 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	43
Figura 12. Atributos sensoriales de mora de Castilla colombiana cosechada en el estado de madurez 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b)	43
Figura 13. Recolección de la fruta	71
Figura 14. Fruta recolectada	71
Figura 15. Selección de la fruta	71
Figura 16. Pesado de la fruta.....	71
Figura 17. Envasado y almacenamiento de la fruta	71
Figura 18. Pesaje individual de la fruta.....	72
Figura 19. Medición del calibre de la fruta con un pie de rey	72
Figura 20. Medición de sólidos solubles totales (°Brix) mediante refractometría	72
Figura 21. Determinación de firmeza mediante un texturómetro	72
Figura 22. Determinación de color mediante un colorímetro	72
Figura 23. Determinación de pH mediante potenciometría	72
Figura 24. Determinación de humedad mediante la balanza de infrarrojo	73

Figura 25. Liofilizador	74
Figura 26. Muestras para liofilizar	74
Figura 27. Muestras liofilizadas.....	74
Figura 28. Agitación para la obtención de extractos para los análisis	74
Figura 29. Centrífuga	74
Figura 30. Muestras en la placa multipocillo para la determinación de la actividad antioxidante (DPPH).....	74
Figura 31. Cromatograma a 250 nm de una disolución patrón de ácido ascórbico	75
Figura 32. Espectro de absorción del ácidoascórbico	75
Figura 33. Cromatograma a 210 nm de una disolución patrón de ácidos málico y cítrico	75
Figura 34. Espectro de absorción de ácido L-málico.....	76
Figura 35. Espectro de absorción de ácido cítrico	76
Figura 36. Cromatograma a 520 nm de un extracto antociánico de mora	76
Figura 37. Espectros de absorción de los cinco picos de compuestos antociánicos presentes en el extracto de mora de castilla	77
Figura 38. Siembras microbiológicas.....	78
Figura 39. Colonias de microorganismos aerobios mesófilos	78
Figura 40. Colonias de mohos y levaduras	78
Figura 41. Colonias de psicrótrofos	78
Figura 42. Cabinas para el análisis sensorial	79
Figura 43. Muestras para el análisis sensorial.....	79
Figura 44. Catadores	79

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la calidad y el comportamiento postcosecha de las variedades de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) nativa y colombiana cosechadas en los estados de madurez 3 y 5, con la finalidad de establecer el estado de madurez óptimo para la cosecha y determinar la vida útil durante el almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración.

La calidad físico-química (% de pérdida de peso, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza y color), nutricional (ácidos orgánicos, antocianinas, contenido de polifenoles totales), sensorial y microbiológica de la fruta fue evaluada el día inicial y cada tres días durante el almacenamiento.

El estado de madurez óptimo para la cosecha de la fruta de las dos variedades de mora fue el 5, teniendo en cuenta que en este estado las moras alcanzaron la máxima acumulación de sólidos solubles, el tamaño y forma característicos de la fruta y además, presentaron las mejores características sensoriales.

Los resultados obtenidos indican, además, que la vida útil de las moras de las dos variedades fue de 3 días a temperatura ambiente y que el principal factor limitante fue el crecimiento fúngico sobre la fruta. Por otro lado, el almacenamiento refrigerado permitió reducir la pérdida de peso y retrasar el ablandamiento y el crecimiento microbiano, extendiendo la vida útil hasta 8 días. La vida útil de estas moras estuvo limitada principalmente por el ablandamiento de los frutos.

PALABRAS CLAVES: mora, estado de madurez, calidad postcosecha, refrigeración, compuestos bioactivos.

SUMMARY

The aim of this research was to study the effects of maturity stage at harvest and storage temperature on postharvest quality and shelf life of native and Colombian blackberry (*Rubus glaucus* Benth) varieties.

Physicochemical (% weight loss, pH, total soluble solids, titratable acidity, firmness and color), nutritional (organic acids, anthocyanins, total polyphenol content), sensorial and microbiological quality of the blackberry fruits was evaluated at the beginning of the experiment and every three days during the storage period.

Maturity stage 5 was the optimum for harvesting the fruit of the two blackberry varieties, considering that in this stage, the blackberries reached their maximum size, their characteristic shape, and the maximum accumulation of soluble solids. Besides, they also presented the best sensory characteristics.

The observed results also show that the shelf-life of the blackberries of the two varieties was of 3 days at room temperature and that the main limiting factor was the fungal growth on the fruit. On the other hand, the cold storage reduced weight loss and delayed softening and microbial growth, extending the shelf-life up to 8 days. The main limiting factor to the shelf-life of these blackberries was the loss of firmness with a consequent softening of the fruits.

KEYWORDS: blackberry, maturity stage, postharvest quality, refrigeration, bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) es una planta de origen silvestre, de la cual la mayoría de variedades todavía no han sido identificadas. Crece principalmente en climas fríos y templados de la Cordillera de los Andes de Ecuador y Colombia, aunque también se la puede encontrar en Panamá, El Salvador, Honduras, Guatemala y México (**Martínez et al., 2007**).

La variedad de mora más cultivada en Ecuador es la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), principalmente en las provincias de Tungurahua, Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha e Imbabura. Tungurahua es la principal provincia productora de esta fruta, con una superficie plantada en el año 2013 de 1255 ha y una producción de 3710 t. En particular, en el cantón Ambato la superficie plantada fue de 305 ha. Sin embargo, también se produjeron importantes pérdidas postcosecha, que en ese año ascendieron a 373 t, lo cual representó un 10 % de la producción (**INEC-MAG-SICA, 2013**).

Los frutos de mora son de forma esférica a elipsoidal, están formados por 70 a 100 drupas que se adhieren al receptáculo y dentro de cada drupa hay una semilla. Los frutos pueden ser de tamaño grande, mediano o pequeño, midiendo de 1,5 a 2,5 cm de largo y de 1,5 a 2,0 cm de diámetro. La maduración no es uniforme ya que la floración no es homogénea y los frutos maduros presentan un color que va de rojo a púrpura o rojo oscuro. En Ecuador la producción de frutos es continua, aunque se presentan épocas de mayor producción en intervalos de 5 a 6 meses (**Romoleroux, 1996**).

La calidad y el valor nutritivo de las frutas están influenciados por cambios físicos y químicos que ocurren durante su maduración, conservación y posterior elaboración. Los frutos que se recolecten inmaduros no alcanzarán las características organolépticas adecuadas, mientras que los recolectados sobremaduros tendrán una vida postcosecha corta. El grado de madurez a cosecha también incidirá sobre la susceptibilidad del fruto a las pudriciones y sobre su aptitud para el transporte y el almacenamiento (**García, 2001**).

Las moras son frutas no climatéricas, por lo que deben ser cosechadas una vez que han llegado a su madurez comercial, es decir cuando presentan un color negro brillante y consistencia firme. Sin embargo, deben manipularse con mucho cuidado puesto que en estas condiciones, las frutas se aplastan con facilidad, perdiendo jugo, calidad visual y su valor comercial (**Bejarano, 1992**).

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la calidad (físicoquímica, microbiológica, sensorial y nutricional) y el comportamiento postcosecha de moras de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) nativas y colombianas, cosechadas en los estados de madurez 3 y 5, con la finalidad de establecer el estado óptimo de madurez para la cosecha, debido a que éste repercutirá en la vida útil y afectará también el valor nutricional de la fruta.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Estudio de la calidad y comportamiento postcosecha de dos variedades de mora (*Rubus glaucus* Benth) cosechadas en los estados de madurez 3 y 5.

1.2 JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, el 90 % de la producción de mora se destina al procesamiento y sólo el 10 % se consume como fruta de mesa (**Bruzone, 2007**). En el caso de Ecuador, esta fruta es de consumo diario, con una demanda de 2 kg/familia/semana, especialmente en la Región Costa. Sin embargo, el desconocimiento en cuanto al manejo y las técnicas de cultivo así como del manejo postcosecha impide que se obtenga suficiente cantidad de fruta para satisfacer la demanda. Por otro lado, en las áreas productoras de la zona central como Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar, no se alcanza la producción óptima de 5 kg/planta/ciclo debido a una inadecuada nutrición de las plantas y al ataque de plagas y enfermedades que suelen presentarse en la zona (**Martínez et al., 2007**), afectando los ingresos de numerosas familias que viven de la producción de esta fruta.

Las moras son frutas altamente perecibles y delicadas, con una vida útil muy corta, de sólo 3 a 5 días. Esta perecibilidad está dada por su elevada susceptibilidad a los daños mecánicos que se producen por una manipulación inadecuada del producto durante las etapas de cosecha y postcosecha (**FAO, 1993**). A su vez, estos daños favorecen la proliferación de microorganismos como bacterias y hongos, siendo los principales géneros de mohos que atacan a esta fruta *Botrytis*, *Gymnocoria*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Oidium* y *Peronospora* (**Franco & Giraldo, 1999; Martínez et al., 2007**). Por esto, las pérdidas durante estas etapas son muy altas, pudiendo alcanzar hasta un 60 % - 70 % de la producción, cuando el manejo no se hace adecuadamente (**Sora, Fischer & Flórez, 2006**).

Para reducir las pérdidas en postcosecha y cumplir con los requisitos establecidos en las normas correspondientes, es fundamental que la cosecha y el manejo postcosecha sean realizados de forma muy cuidadosa y eficiente.

El control de la temperatura es una de las principales herramientas para reducir el deterioro de postcosecha ya que la temperatura es el factor más importante que afecta la calidad y vida útil de los productos frutihortícolas durante el almacenamiento **(Oliveira,Rosa, Kwiatkowski & Clemente, 2013)**. En efecto, la temperatura regula las tasas de todos los procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren en las frutas y hortalizas: a bajas temperaturas disminuye la tasa respiratoria, la pérdida de agua, se retrasan la maduración y la senescencia y, por lo tanto, es posible prolongar la vida útil de las frutas **(Wills, McGlasson, Graham & Joyce, 1998)**. Debido a que las moras son frutas muy perecederas y no son susceptibles al daño por frío, se recomienda una temperatura óptima de almacenamiento entre 0 y 5°C **(Joo, Lewandowski, Auras, Harte & Almenar, 2011)**.

La mora es una fruta no climatérica, por lo que una vez separada de la planta no sigue madurando y por lo tanto la madurez de cosecha debe ser igual o muy cercana a la de consumo. El momento de cosecha más adecuado está dado por las preferencias del mercado, el tiempo que demora el producto en llegar desde el campo al consumidor y el objetivo de la producción **(Bonnet, 1994; Cadena & Orellana, 1985)**.

Para determinar el momento óptimo de cosecha de las frutas y hortalizas, pueden utilizarse diversos índices de madurez. Estos pueden clasificarse en físicos (tamaño, forma, peso, color), químicos (contenido de sólidos solubles, acidez titulable, relación sólidos solubles totales/acidez titulable), fisiológicos (tasa respiratoria, tasa de producción de etileno) y cronológicos (días desde floración, acumulación de grados de calor, días desde trasplante) **(Horvitz, 2014)**. En el caso de moras, la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2427 **(INEN, 2010)** establece que la cosecha de las mismas debe realizarse cuando la fruta alcanza, como mínimo, el estado de madurez 3 (rojo claro). Sin embargo, los productores cosechan mayoritariamente

frutas que han alcanzado el estado de madurez 5 (rojo intenso), determinando el mismo de forma visual y subjetiva.

De ahí que este estudio se realizó con el fin de conocer el momento óptimo de cosecha y las mejores condiciones de almacenamiento de moras nativas y colombianas con espinas, las dos variedades de mora predominantes en la provincia de Tungurahua. Esto permitirá extender el periodo de vida útil de las frutas y reducir pérdidas económicas a los productores durante la etapa de comercialización.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- ♦ Estudiar la calidad (físicoquímica, microbiológica, sensorial y nutricional) y el comportamiento postcosecha de dos variedades de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) cosechadas en dos estados de madurez.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ♦ Determinar la calidad físicoquímica, microbiológica, sensorial y nutricional de las dos variedades de mora de Castilla cosechadas en los estados de madurez 3 y 5.
- ♦ Determinar la vida útil de las dos variedades de mora durante el almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración.
- ♦ Establecer el estado óptimo de madurez para la cosecha de las dos variedades de moras.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La mora de Castilla es un producto de gran demanda en Ecuador, debido a sus características organolépticas. Son frutos de bajo valor calórico, por su escaso aporte en hidratos de carbono (**Villarroel, 2010**) y se caracterizan también por ser una fuente de polifenoles, principalmente elagitaninos y antocianinas (**Häkkinen, Kärenlampi, Heinonen, Mykkänen & Törrönen, 1999; Siriwoharn & Wrolstad, 2004**). Además, tienen acción antioxidante y un elevado contenido en vitaminas, principalmente C y E (**Villarroel, 2010**).

Desde esta perspectiva, tanto la mora fresca como los productos elaborados a partir de esta fruta podrían considerarse alimentos funcionales (**Jiao & Wang, 2000**). En efecto, algunos estudios han mostrado que los polifenoles presentes en estas frutas pueden ser anti-inflamatorios, anticancerígenos y tener propiedades neuroprotectoras, contribuyendo a prevenir enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, diabetes y cáncer (**Paredes-López, Cervantes-Ceja, Vigna-Perez & Hernandez-Perez, 2010; Seeram, 2008**).

Debido a que la calidad de las frutas y hortalizas después de la cosecha sólo puede conservarse, pero no mejorarse, es necesario estudiar y desarrollar técnicas de postcosecha que permitan su conservación, manteniendo a la vez sus propiedades nutricionales (**Kader, 2007**). En este sentido, el estado de madurez es considerado uno de los factores determinantes durante el transporte y la comercialización de los productos hortofrutícolas, principalmente, por su relación directa con la calidad y el tiempo de conservación en postcosecha (**Reid, 2002**).

Farinango-Taipe (2010) estudió el efecto de la temperatura (4 °C) y la humedad relativa (90-95 %) de almacenamiento sobre la calidad de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) y mora variedad Brazos (*Rubus* sp.), cosechados en tres grados de madurez (3, 4 y 5). Según este autor, el grado de madurez óptimo para la

cosecha de mora de Castilla fue el grado 4 y para la variedad Brazos, el grado 5. La fruta cosechada en esos estados de madurez pudo almacenarse hasta 10 días a 4°C.

Ayala-Sánchez et al. (2013) establecieron el grado de madurez de cosecha adecuado para la comercialización de la mora proveniente del cañón del Combeima, Colombia. Para ello evaluaron parámetros físicos, químicos y fisiológicos en frutos cosechados en los grados de madurez 4, 5 y 6 según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4106. Estos autores concluyeron que el estado de madurez recomendable para la cosecha y comercialización del producto evaluado fue el 5, teniendo en cuenta que en este estado se alcanzó una adecuada acumulación de ácidos, sólidos solubles, tamaño y forma característica del fruto, sin diferencias significativas en peso en comparación con el estado de madurez 6.

2.2 HIPÓTESIS

Ho: La temperatura y el estado de madurez a cosecha no influyen en la calidad postcosecha y la vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth).

Ha: La temperatura y el estado de madurez a cosecha influyen en la calidad postcosecha y la vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth).

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variables Independientes

- La temperatura y el estado de madurez a cosecha

2.3.2 Variable Dependiente

- Calidad de la mora de Castilla

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1 Materia Prima

En este estudio se utilizaron moras de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) nativas y colombianas, cosechadas en el sector Huachi Grande, cantón Ambato, provincia de Tungurahua. La fruta de ambas variedades se cosechó en dos estados de madurez (3 y 5), basándose en el color externo de la misma y utilizando para ello la tabla de color de la Norma INEN 2427:2010 (INEN, 2010) (Figura 1).



Figura 1. Tabla de color de la mora de Castilla. Fuente: INEN (2010)

Inmediatamente después de la cosecha, las frutas fueron trasladadas en canastos a los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, donde se seleccionó fruta sana y libre de defectos para la realización de los correspondientes análisis.

3.1.2 Envasado y Almacenamiento

Para el envasado de las moras se utilizaron envases de tereftalato de polietileno (PET), (Figura 2) en los que se colocaron 200 ± 10 g de fruta y el almacenamiento se realizó a dos temperaturas: ambiente (18 ± 2 °C) y de refrigeración (8 ± 1 °C).



Figura 2. Envase utilizado para el envasado y almacenamiento de las moras de Castilla

3.1.3 Reactivos

- Agua de peptona y medios de cultivo PCA (Plate Count Agar) y Saboraud dextrosa con cloramfenicol
- Etanol 96 % (Oppac, España)
- Ácido fórmico 98 %, ácido gálico, hidróxido de sodio 0,1N, ácido ortofosfórico 85 %, potasio hidrogenofosfato y carbonato de sodio (Panreac, Barcelona, España)
- 2,2 difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox) y reactivo de Folin (Sigma Aldrich, USA)
- Metanol (BDH-VWR International)
- Ácido ascórbico y ácido L-málico (Supelco, USA)
- Ácido cítrico (Extrasynthese, Francia)
- 3-rutinósido de cianidina (Extrasynthese, Francia)
- Solución buffer

El tamaño de la fruta (diámetro, longitud y peso) y el contenido de humedad fueron determinados el día inicial, mientras que el resto de los parámetros fueron medidos tanto el día 1 como cada tres días, durante el almacenamiento.

3.1.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

3.1.4.1 Tamaño y pérdida de peso

El peso individual y el diámetro y la longitud de 30 frutas, fueron determinados utilizando una balanza analítica (Radwag AS 310.R2, Poland) y un calibrador pie de rey, respectivamente. Posteriormente, las frutas fueron clasificadas por su calibre en grandes, medianas y pequeñas, acorde a la norma INEN 2427:2010.

Además, diariamente se registró el peso de 3 bandejas hasta la observación de síntomas de deterioro por crecimiento microbiano o rechazo sensorial. La pérdida de peso se calculó utilizando la siguiente ecuación (Ec. 1):

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_o - P_t}{P_o} \cdot 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Siendo:

P_o : Peso fresco inicial (g)

P_t : Peso fresco en cada fecha de evaluación (g)

3.1.4.2 Contenido de humedad

Se utilizó una balanza de infrarrojos (KERN MLS 50-3, Alemania) que produce la evaporación del agua contenida en la muestra, hasta obtener un peso constante de la misma y el resultado se expresó en porcentaje.

3.1.4.3 Color

La medición del color se realizó en 3 puntos: dos en las caras opuestas y una en el ápice de cada fruta, usando un colorímetro Hunter Lab (MINISCAN EZ). Se empleó el iluminante D65 y un ángulo observador de 10°. Este parámetro se determinó en 10 submuestras de cada envase, totalizando 30 mediciones por tratamiento y fecha de evaluación.

Los datos fueron expresados en términos de L^* , que es una medida de la luminosidad de la muestra y varía entre 0 (negro) y 100 (blanco) y los valores de las coordenadas a^* y b^* fueron transformados al ángulo de tono °Hue, mediante la siguiente ecuación (Ec.2):

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{Ec. 2}$$

Este valor corresponde a un ángulo en un círculo de color de 360°, donde 0, 90, 180 y 270° representan los colores rojo/púrpura, amarillo, verde y azul, respectivamente.

3.1.4.4 Firmeza

La firmeza de la fruta se determinó como la fuerza máxima necesaria para romper el fruto, mediante el uso de un Texturómetro (Brookfield Engineering Labs, Inc.) (Restrepo, Ramírez & Aristizábal, 2013) y el Software TexturePro CT V1.2 Build 9. Se utilizó una sonda de acero inoxidable plana de 3mm de diámetro y se realizó una medición por fruto, en la zona ecuatorial del mismo. Los parámetros del ensayo fueron los siguientes: velocidad de 2 mm/s y penetración hasta 10 mm de profundidad (50 % del diámetro del fruto). Las mediciones se realizaron cada 48 horas durante el almacenamiento y los resultados se expresaron en Newtons.

3.1.4.5 Sólidos solubles totales (SST)

Se determinó por refractometría, acorde a la norma INEN-ISO 2173 (**INEN-ISO, 2013a**).

3.1.4.6 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable (AT)

El potencial de hidrógeno (pH) se determinó usando un pH-metro Thermo Scientific (ORION Versastar) y la acidez titulable por titulación del jugo obtenido de la fruta con NaOH 0,1N, hasta pH final de 8,1, siguiendo las Normas INEN-ISO 1842 (**INEN-ISO, 2013b**) e INEN-ISO 750 (**INEN-ISO, 2013c**). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico contenido en la muestra y se calculó mediante la siguiente ecuación (Ec. 3):

$$A = \frac{(V_1 \times N_1 \times F)}{P} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo:

A: acidez titulable (g ácido cítrico /100 g de fruta)

V₁: volumen de NaOH usado para la titulación (ml)

N₁: normalidad de la solución de NaOH (meq/L)

P: peso de la muestra utilizada para el análisis (g)

F: factor de acidez del ácido cítrico (0,064) (**Gil, Holcroft & Kader,1997**).

3.1.5 ANÁLISIS NUTRICIONALES

Estos análisis se llevaron a cabo utilizando muestras liofilizadas de cada variedad, estado de madurez y fecha de evaluación. La liofilización de las muestras fue realizada en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

EXTRACCIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS, POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Se tomó 1 g de muestra liofilizada que fue disuelto en 20 ml de etanol:agua:ácido fórmico, (50:48:2;v:v:v), agitado durante 30 minutos a 100 rpm en un agitador orbital (INFORS HT, Suiza) y centrifugado a 5000 rpm por 15 minutos en una

centrifuga MEDIFRIGER BL-S (J.P. Selecta, España) . La extracción fue realizada dos veces, se combinaron los dos sobrenadantes y se llevó a un volumen final de 50 ml utilizando etanol:agua (50:50; v:v).

3.1.5.1 Antocianinas

Las antocianinas fueron determinadas por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), usando el método de **Vasco et al. (2009)**, con modificaciones. Se empleó un equipo de cromatografía líquida Waters 2695 acoplado a un detector PDA Waters 996 y una columna LiChro CART Purospher RP-18 (250 mm x 4 mm, 5 µm, Merck, Alemania), con una precolumna Purospher (4 mm x 4 mm, 5 µm). Las fases móviles empleadas fueron ácido fórmico al 5 % en agua (A) y metanol (B). El flujo de la fase móvil fue de 0,8 ml/min. La columna se mantuvo a 40 °C. El gradiente de elución fue el siguiente: 5 a 10 % de B en 5 min, 10 % B durante 5 min, 10 al 42 % de B en 20 min y retorno a las condiciones iniciales en 5 min. Los extractos de mora se inyectaron directamente (20 µl) tras filtración en filtros de jeringa PVDF de 13 mm y 0,45 µm de tamaño de poro (Análisis Vínicos S.L., España). La detección se realizó entre 250 y 550 nm. Los compuestos antociánicos detectados se cuantificaron a 520 nm, a través de una recta de calibrado realizada con un patrón comercial del antociano mayoritario 3-rutinósido de cianidina (Extrasynthese, Francia).

Para la medición de los polifenoles totales y la determinación de la capacidad antioxidante (DPPH), 1 ml del extracto fue diluido a un volumen final de 25 ml en etanol:agua (50:50;v:v).

3.1.5.2 Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en las moras fue determinado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu modificado para medición en placas multipocillo (**Bobo-García et al., 2015**). La absorbancia de las muestras fue medida a 750 nm, utilizando un espectrofotómetro Multiskan GO (Thermo Fisher Scientific, Dinamarca). Los resultados se expresaron en equivalentes de mg ácido gálico/100 g de materia fresca, utilizando para los cálculos una curva estándar de ácido gálico de 10 a 200 mg·L⁻¹(ANEXO A-1).

3.1.5.3 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante fue evaluada en base a la técnica descrita por **Bobo-García et al. (2015)**. La absorbancia de las muestras fue medida a 515 nm, utilizando un espectrofotómetro Multiskan GO (Thermo Scientific, Dinamarca) y los resultados se expresaron como equivalentes de μmol de Trolox/100 g de materia fresca, utilizando para los cálculos una curva estándar de Trolox ($50\text{-}500 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) (ANEXO A-2).

EXTRACCIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS

Se tomaron 2 g de muestra liofilizada que fueron disueltos en 20 ml de agua destilada. La solución se agitó durante 30 minutos a 100 rpm en un agitador orbital (INFORS HT, Suiza) y posteriormente se centrifugó a 5000 rpm por 15 minutos en una centrifuga MEDIFRIGER BL-S (J.P. Selecta, España). La extracción fue realizada dos veces, los dos sobrenadantes fueron combinados y se llevó a un volumen final de 50 ml utilizando agua destilada.

3.1.5.4 Ácidos orgánicos (cítrico, málico y ascórbico)

El contenido de los ácidos cítrico, málico y ascórbico se determinó por HPLC con el mismo equipamiento y columna descritos anteriormente para los antocianos y empleando el método de **Scherer et al. (2012)**, con alguna modificación. El flujo de la fase móvil fue de 0,8 ml/min. La columna se mantuvo a 25 °C. La elución fue de tipo isocrático empleando como fase móvil una solución 0,1 M de KHPO_4 con pH ajustado a 2,6 con ácido ortofosfórico. Los extractos de mora se inyectaron directamente (20 μl) tras filtración en filtros de jeringa PVDF de 13 mm y 0,45 μm de tamaño de poro (Análisis Vínicos S.L., España). La detección se realizó en el rango de longitudes de onda de 200 a 350 nm. Los tres compuestos analizados se identificaron a través de patrones estándar. Las rectas de calibrado y la cuantificación se realizaron a una longitud de onda de 250 nm para el ácido ascórbico y de 210 nm para los ácidos cítrico y málico.

3.1.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Diariamente se controlaron los envases de forma visual para detectar la aparición de síntomas de desarrollo microbiano. Además, el día 1 y los días 4, 7 y 10 de almacenamiento se realizaron recuentos de microorganismos aerobios mesófilos (norma INEN 1529-5(INEN, 2006)), psicrótrofos (ICMSF, 1982) y de mohos y levaduras según la norma INEN 1529-10 (INEN, 2013d), utilizando 3 bandejas por tratamiento y por fecha de evaluación. Se estableció como vida útil 2 días antes al día de aparición de síntomas de pérdida de calidad físico-química, problemas microbiológicos o por una combinación de ambos. Para los análisis, se colocaron 10 g de muestra y 90 ml de agua de peptona estéril en una bolsa también estéril y se homogeneizaron durante 2 minutos a 200 rpm (Stomacher 400, Seward, Inglaterra). La siembra para el recuento de aerobios mesófilos y psicrótrofos se realizó en profundidad con agar PCA (Difco, Francia). Las placas de Petri fueron incubadas durante 48 horas a 35 °C para aerobios mesófilos y durante 7 días a 7 °C para psicrótrofos (ICMSF, 1982).

En el caso de mohos y levaduras el medio de cultivo empleado fue Agar Sabouraud dextrosa con cloramfenicol (Acumedia, USA). La siembra se realizó en superficie y las placas se incubaron durante 5 días a 25 °C. En todos los casos, se prepararon diluciones decimales y para cada una de ellas, los recuentos se hicieron por duplicado, se tomó el promedio y el resultado se expresó como logaritmo $\text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$.

3.1.7 ANÁLISIS SENSORIAL

La calidad visual, el color, el aroma, la firmeza y la impresión global de las moras fueron evaluados por un panel de 10 catadores (5 hombres y 5 mujeres). A cada evaluador se le presentaron tres muestras de cada tratamiento (moras cosechadas en los estados de madurez 3 y 5 y conservadas a 8 y 18 °C), codificadas con números al azar de 3 dígitos. Para el color se utilizó una carta de color (Norma INEN 2427 (INEN, 2010)) que clasifica a las moras en 7 categorías desde 0 hasta 6, correspondientes a tonos verde claro y morado oscuro, respectivamente.

Para el resto de los parámetros se utilizó una escala de 1 a 7, en la que la mayor puntuación correspondió a la mejor calidad. La ficha de cata y las escalas

correspondientes a cada parámetro utilizadas para el análisis se muestran en los Anexos B-1 y B-2.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para cada variedad y estado de madurez, se utilizó un diseño de un sólo factor (temperatura de conservación) con 2 niveles:

FACTOR

A: Temperatura de conservación

NIVELES

a₀: 18 °C

a₁: 8 °C

Se realizaron dos cosechas de fruta de cada variedad y estado de madurez. Los análisis se realizaron por triplicado, considerando cada envase como la unidad experimental. En el caso de color y textura se tomaron 10 submuestras de cada repetición, totalizando 30 mediciones de cada parámetro.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

La información fue tabulada y analizada mediante la utilización de los paquetes informáticos Excel e IBM SPSS Statistics Version 21. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor y cuando éste fue significativo, se utilizó el test de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la comparación de las medias.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros estudiados en la fruta de las dos cosechas, por lo que estos valores fueron promediados.

4.1 Efecto del estado de madurez a cosecha sobre la calidad inicial de moras de Castilla nativas y colombianas

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran los requisitos de la norma INEN 2427:2010 para calibre y grado de madurez de la mora de Castilla y los parámetros de calidad inicial correspondientes a la mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5, respectivamente. El color correspondiente a cada uno de estos estados de madurez se muestra en la figura 3.

Tabla 1. Requisitos de calibre y de madurez para mora de Castilla (Norma INEN 2427:2010)

	REQUISITOS DE CALIBRE	
	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
Grande	>25	>25
Mediano	25-18	25-20
Pequeño	<18	<20
	REQUISITOS DE MADUREZ	
	Mínimo	Máximo
Acidez titulable (% ácido cítrico)	-	1,8
Sólidos solubles totales (°Brix)	9,0	-
Índice de madurez (°Brix/acidez titulable)	5,0	-



**Estado 3
(Rojo claro)**



**Estado 5
(Morado)**

Figura 3. Estados de madurez a cosecha de la mora de Castilla

Tabla 2. Calidad inicial de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5

PARÁMETROS	Grado de madurez	
	3 (Rojo claro)	5 (Morado)
Diámetro (cm)	1,89 ± 0,23 A	2,18 ± 0,22 B
Longitud (cm)	2,36 ± 0,29 A	2,66 ± 0,32 B
Peso (g)	4,46 ± 1,22 A	6,25 ± 1,49 B
Contenido humedad (%)	80,13 ± 2,87 A	83,61 ± 1,26 B
L*	25,02 ± 2,89 A	17,62 ± 2,17 B
°Hue	23,75 ± 5,03 A	11,67 ± 6,20 B
Firmeza (N)	12,63 ± 6,45 A	3,91 ± 1,32 B
pH	2,62 ± 0,38 A	2,80 ± 0,35 A
Acidez titulable (% ácido cítrico)	3,69 ± 0,13 A	2,78 ± 0,21 B
Sólidos solubles totales (°Brix)	9,63 ± 0,69 A	11,00 ± 1,67 A
Índice de madurez (SST/AT)¹	2,61	3,95
Polifenoles totales (equivalente mg ac. gálico/100 g MF)	559,96 ± 16,39A	446,49 ± 66,08B
Capacidad antioxidante (equivalentes µm Trolox/100 g MF)	6009,48 ± 342,36A	5264,09 ± 308,92B
Antocianinas (mg/100 g MF)	30,78 ± 6,27 A	175,66 ± 36,94B
Ácidos orgánicos (mg/100 g MF)		
Ácido ascórbico	8,24 ± 0,50 A	8,25 ± 1,04 A
Ácido málico	478,10 ± 35,69A	180,43 ± 75,10B
Ácido cítrico	1004,26 ± 76,91A	993,13 ± 156,67A
Recuentos microbiológicos (log (ufc/g))		
Aerobios mesófilos totales	3,69 ± 0,64 A	4,12 ± 0,54A
Psicrótrofos totales	1,52 ± 1,63 A	1,44 ± 1,57A
Mohos y levaduras	4,76 ± 0,15 A	5,05 ± 0,16B

¹Para el cálculo del índice de madurez se tomó el valor promedio de SST y AT de cada estado de madurez.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos estados de madurez.

En base a los calibres establecidos en la norma, la mora más inmadura presentó un diámetro y una longitud correspondientes al calibre mediano, mientras que en la mora cosechada en estado 5, la longitud y el diámetro correspondieron a los calibres grande y mediano, respectivamente.

Ambos estados de madurez presentaron un contenido de SST acorde a los valores establecidos en la norma INEN 2427: 2010 pero, independientemente del estado de madurez a cosecha, la acidez titulable fue superior al valor máximo permitido de 1,8 % y el índice de madurez fue más bajo que el exigido (5).

Al comparar los dos estados de madurez, se encontraron diferencias significativas para los siguientes parámetros: tamaño (diámetro, longitud y peso), humedad, color (L* y °Hue), firmeza, acidez titulable, recuento de mohos y levaduras, actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales, antocianinas y ácido málico (Tabla 2). Por otro lado, los recuentos de aerobios mesófilos y psicrótrofos, el pH, los SST y el contenido de ácido ascórbico y ácido cítrico no presentaron diferencias significativas entre los dos estados de madurez evaluados.

Tabla 3. Calidad inicial de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5

PARÁMETROS	Grado de madurez	
	3 (Rojo claro)	5 (Morado)
Diámetro (cm)	1,98 ± 0,28 A	2,24 ± 0,19 B
Longitud (cm)	2,60 ± 0,36 A	2,87 ± 0,32 B
Peso (g)	5,53 ± 1,19 A	7,63 ± 1,37 B
Contenido de humedad (%)	82,48 ± 2,33 A	83,86 ± 1,97 A
L*	24,72 ± 2,42 A	20,51 ± 1,31 B
°Hue	23,56 ± 15,20 A	14,44 ± 9,30 B
Firmeza (N)	16,96 ± 5,21 A	5,71 ± 1,84 B
pH	2,24 ± 0,01 A	2,54 ± 0,06 B
Acidez titulable (% ácido cítrico)	2,89 ± 0,10 A	2,67 ± 0,32 A
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,00 ± 0,00 A	9,55 ± 0,50 B
Índice de madurez (SST/AT)¹	2,08	3,59
Polifenoles totales (equivalentes mg ac. gálico/100 g MF)	417,87 ± 92,45 A	504,38 ± 88,05 A
Capacidad antioxidante (equivalentes µm Trolox/100 g MF)	4208,23 ± 718,18 A	4905,28 ± 391,58 A
Antocianinas (mg/100 g MF)	32,86 ± 1,46 A	169,16 ± 11,83 B
Ácidos orgánicos (mg/100 g MF)		
Ácido ascórbico	4,91 ± 1,98 A	8,37 ± 0,53 B
Ácido málico	324,58 ± 53,27 A	165,27 ± 11,40 B
Ácido cítrico	795,43 ± 194,41 A	1057,99 ± 62,51 B
Recuentos microbiológicos (log (ufc/g))		
Aerobios mesófilos totales	4,86 ± 0,45 A	3,98 ± 0,96 B
Psicrótrofos totales	1,62 ± 1,74 A	0,00 ± 0,00 B
Mohos y levaduras	3,95 ± 0,13 A	4,61 ± 0,13 B

¹Para el cálculo del índice de madurez se tomó el valor promedio de SST y AT de cada estado de madurez.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos estados de madurez.

Como se puede observar en la tabla 3, la mora colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 presentó un diámetro y una longitud correspondientes a los calibres mediano y grande, respectivamente.

Además, las frutas más maduras presentaron un contenido de SST acorde a los valores establecidos en la norma, mientras que estos valores no fueron alcanzados por las moras cosechadas en el estado de madurez 3. Al igual que en las moras nativas, la acidez titulable fue superior al valor máximo permitido de 1,8 % y el índice de madurez fue más bajo que el exigido (5) en los dos estados de madurez.

Al comparar los dos estados de madurez se encontraron diferencias significativas para todos los parámetros estudiados excepto el contenido de humedad, el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante (Tabla 3).

Estas diferencias entre los estados de madurez se debieron a que las moras cosechadas en estado 3 alcanzaron la madurez fisiológica pero no así la madurez organoléptica, mientras que las frutas cosechadas en estado 5 sí completaron su proceso de maduración: tamaño máximo, desarrollo de color y acumulación de SST y compuestos bioactivos.

Estos resultados son similares a los reportados por **Ayala et al. (2013)** y por **Carvalho & Betancur (2015)**, quienes realizaron un estudio de caracterización de mora de Castilla de diferentes cultivares en 6 estados de madurez. Estos autores observaron diferencias significativas entre los estados 3 y los estados 4 y 5. Sin embargo, a partir del estado 4 no hubo un aumento significativo en el tamaño del fruto, ni en la acumulación de sólidos solubles. Además, a partir del estado 5 las frutas perdieron firmeza volviéndose más susceptibles a daños mecánicos y microbiológicos.

4.2 Efecto de la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez sobre la calidad postcosecha de moras de Castilla nativas y colombianas.

Para cada variedad y temperatura de conservación, las evaluaciones se realizaron hasta la detección de síntomas de crecimiento microbiano. Así, el almacenamiento se prolongó por 4 y 10 días, a 18 y 8 °C, respectivamente, cuando se observó la aparición de micelio sobre las frutas (Figura 4).



Figura 4. Crecimiento fúngico sobre los frutos de mora

4.2.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1.1 Pérdida de peso

A continuación se muestra la pérdida de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración, de mora de Castilla nativa (Figura 5) y colombiana (Figura 6), cosechada en los estados de madurez 3 y 5.

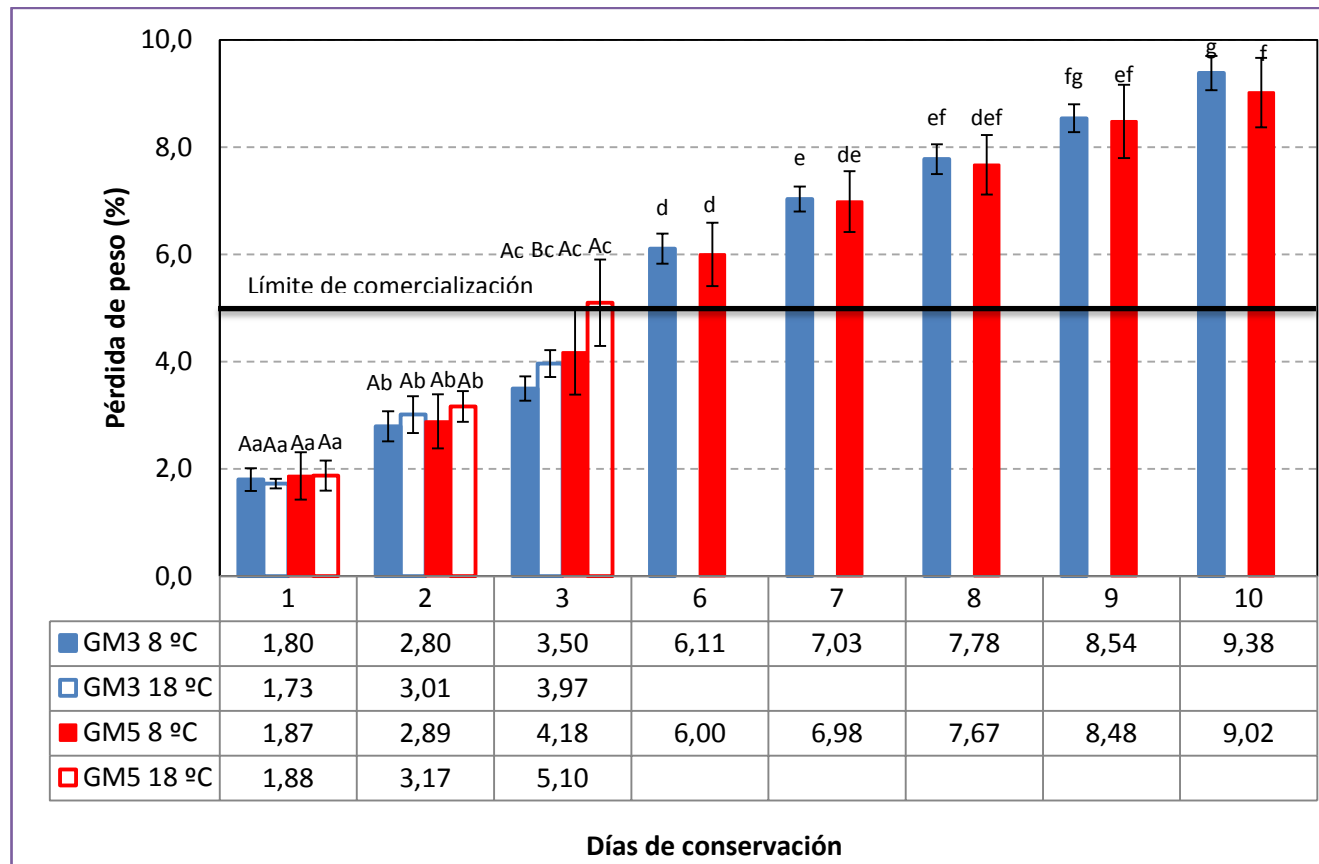


Figura 5. Pérdida de peso (%) de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 y 18 °C

Los resultados se expresan como la media de seis mediciones y las barras de error representan el intervalo de confianza del 95 % (IC95) de la media. Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C. Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

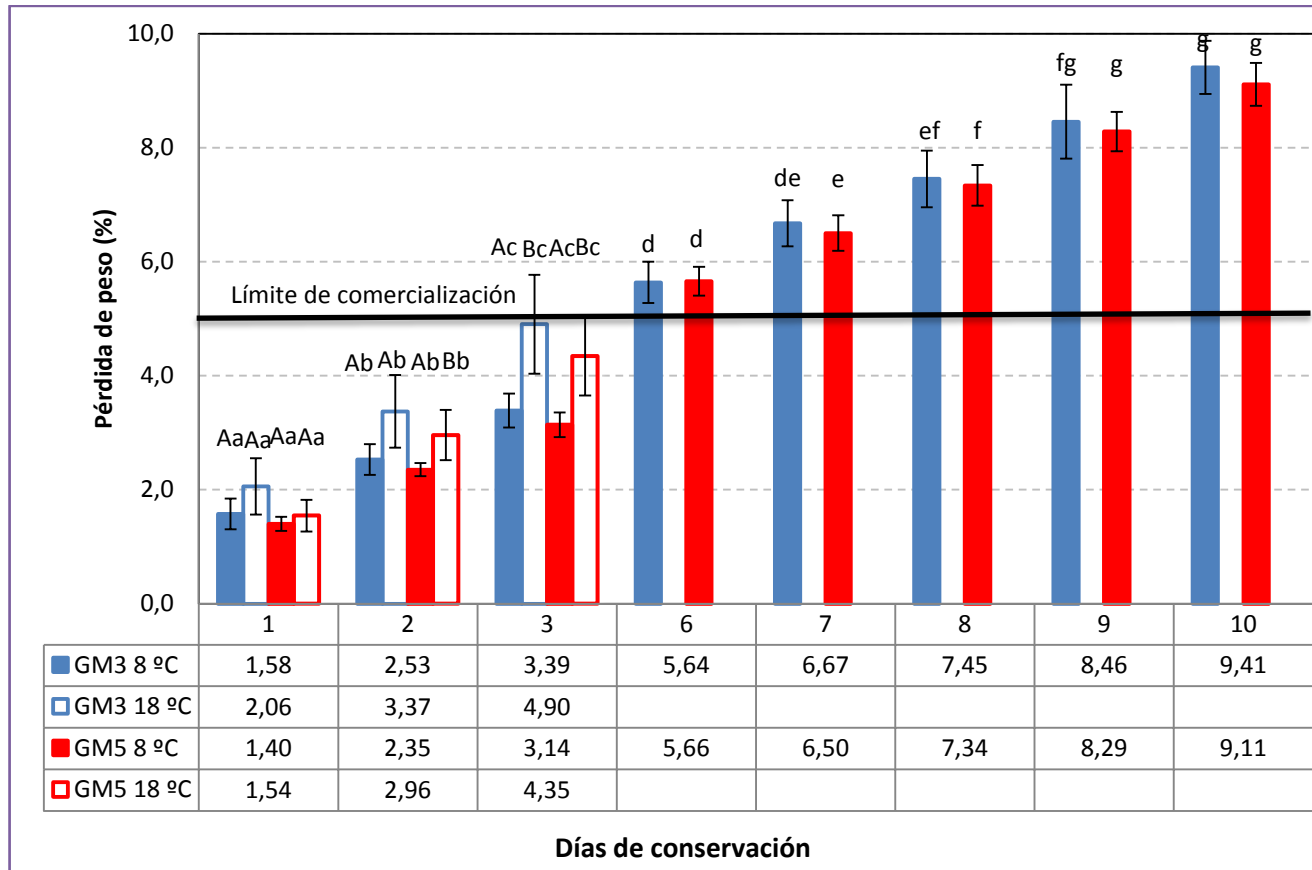


Figura 6. Pérdida de peso (%) de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 y 18 °C

Los resultados se expresan como la media de seis mediciones y las barras de error representan el intervalo de confianza del 95 % (IC95) de la media. Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C. Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

Como se puede observar en las figuras 5 y 6, en las dos variedades e independientemente del estado de madurez, la pérdida de peso fue mayor en la fruta conservada a temperatura ambiente con respecto a las moras conservadas en refrigeración. Además, durante el almacenamiento a ambas temperaturas se registró un aumento constante del porcentaje de pérdida de peso, con valores máximos de aproximadamente 9 % después de 10 días a 8 °C y de 4-5 % después de 3 días a temperatura ambiente. Estos resultados son similares a los reportados por **Farinango-Taipe (2010)** y **Kim et al. (2015)**, quienes atribuyeron la mayor pérdida de peso de la fruta conservada a temperatura ambiente a una mayor tasa de respiración y transpiración en estas condiciones.

Teniendo en cuenta que la pérdida de peso máxima admisible para moras es de un 5% (**Ben-Yehoshua, 1987**), se puede observar que la mora nativa cosechada en estado 5 y conservada a temperatura ambiente sobrepasó este límite el día 3, mientras que en refrigeración este límite fue sobrepasado entre el día 3 y el día 6. En el caso de la mora colombiana, la fruta de ambos estados de madurez conservada en refrigeración sobrepasó este límite entre el día 3 y el día 6. A temperatura ambiente, no se alcanzaron estas pérdidas de peso en los 3 días de almacenamiento, pero la limitante fue la aparición de micelio sobre la fruta. Esto demuestra la importancia de reducir inmediatamente la temperatura una vez cosechada la fruta. En efecto, el uso de bajas temperaturas permite mantener la calidad y extender la vida útil de las frutas, mediante una reducción de la tasa metabólica y del crecimiento microbiano (**Joo et al., 2011**).

4.2.1.2 Caracterización físico-química

En las tablas 4 y 5 se presentan los datos de pH, acidez titulable, sólidos solubles, color (L^* y $^{\circ}\text{Hue}$) y firmeza de la mora de Castilla nativa y colombiana, respectivamente, cosechada en los estados de madurez 3 y 5 durante el almacenamiento a 8 y 18 °C.

Tabla 4. Características físico-químicas de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado madurez	T (°C)	Día	pH	Acidez Titulable (%) ¹	SST (°Brix)	COLOR		Firmeza (N)
						L*	°Hue	
3	8	1	2,62 ± 0,38Aa	3,69 ± 0,13Aa	9,63 ± 0,69Aa	25,02 ± 2,89 Aa	23,75 ± 5,03Aa	12,63 ± 6,45Aa
		4	2,63 ± 0,40Aa	3,64 ± 0,20Aa	9,17 ± 0,23Aa	23,93 ± 2,84 Aa	23,32 ± 5,76Aab	10,94 ± 4,65Aa
		7	2,68 ± 0,41 a	3,72 ± 0,34 a	9,33 ± 0,61 a	24,05 ± 2,15 a	21,07 ± 3,52 b	8,65 ± 3,27 b
		10	2,29 ± 0,05 a	3,80 ± 0,05 a	9,22 ± 0,39 a	24,29 ± 2,96 a	21,37 ± 6,03 ab	8,65 ± 3,48 b
	18	1	2,62 ± 0,38Aa	3,69 ± 0,13Aa	9,63 ± 0,69Aa	25,02 ± 2,89 Aa	23,75 ± 5,03 Aa	12,63 ± 6,45Aa
		4	2,66 ± 0,43Aa	3,75 ± 0,14Aa	9,70 ± 0,40Ba	25,32 ± 3,24 Ba	23,64 ± 5,06 Aa	7,58 ± 3,56Bb
5	8	1	2,80 ± 0,35Aa	2,78 ± 0,21Aa	11,00 ± 1,67Aa	17,62 ± 2,17 Aa	11,67 ± 6,20 Aa	3,91 ± 1,32Aa
		4	2,92 ± 0,45Aa	2,57 ± 0,22Aa	10,60 ± 0,88Aa	17,57 ± 1,72 Aa	10,37 ± 7,28 Aa	3,45 ± 0,95Aab
		7	2,87 ± 0,42 a	2,58 ± 0,16 a	11,50 ± 0,83 a	17,28 ± 1,35 ab	9,89 ± 6,37 a	3,34 ± 0,90 b
		10	2,92 ± 0,38 a	2,58 ± 0,16 a	12,78 ± 1,96 a	16,71 ± 1,62 b	9,41 ± 7,50 a	2,55 ± 1,30 c
	18	1	2,80 ± 0,35Aa	2,78 ± 0,21Aa	11,00 ± 1,67Aa	17,62 ± 2,17 Aa	11,67 ± 6,20 Aa	3,91 ± 1,32Aa
		4	2,90 ± 0,49Aa	2,59 ± 0,19Aa	9,93 ± 1,17Aa	17,94 ± 1,25 Aa	10,78 ± 6,83 Aa	2,19 ± 1,04Bb

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de seis mediciones. En el caso de color (L* y °Hue) y firmeza se tomaron 10 submuestras de seis repeticiones, totalizando 60 mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

¹g de ácido cítrico / 100 g de fruta

Tabla 5. Características físico-químicas de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado madurez	T (°C)	Día	pH	Acidez Titulable(%) ¹	SST (°Brix)	COLOR		Firmeza (N)
						L*	°Hue	
3	8	1	2,24 ± 0,01Aa	2,89 ± 0,10Aa	6,00 ± 0,00Aa	24,72 ± 2,42Aa	23,56 ± 15,20Aa	16,96 ± 5,21Aa
		4	2,29 ± 0,03Ab	3,23 ± 0,12Ab	6,57 ± 0,33Ab	24,07 ± 2,10Aab	22,84 ± 4,73 Aa	17,75 ± 5,45Aa
		7	2,33 ± 0,04 c	3,14 ± 0,11 b	6,47 ± 0,41 b	23,25 ± 2,30 b	21,20 ± 4,64 a	16,19 ± 6,48 a
		10	2,34 ± 0,01 c	3,29 ± 0,03 b	7,00 ± 0,00 c	23,34 ± 2,56 b	19,57 ± 4,61 a	10,38 ± 5,52 b
	18	1	2,24 ± 0,01Aa	2,89 ± 0,10Aa	6,00 ± 0,00Aa	24,72 ± 2,42Aa	23,56 ± 15,20Aa	16,96 ± 5,21Aa
		4	2,31 ± 0,02Ab	3,23 ± 0,07Ab	7,02 ± 0,04Bb	23,64 ± 2,06Ab	21,41 ± 5,18 Aa	15,53 ± 5,35Ba
5	8	1	2,54 ± 0,06Aab	2,67 ± 0,32Aa	9,55 ± 0,50Aa	20,51 ± 1,31Aa	14,44 ± 9,30Aa	5,71 ± 1,84Aa
		4	2,57 ± 0,02Ab	2,48 ± 0,16Aa	9,05 ± 0,12Ab	17,57 ± 1,22Ab	13,01 ± 7,89Aa	5,52 ± 1,74Aa
		7	2,48 ± 0,09 a	2,64 ± 0,07 a	9,17 ± 0,26 ab	19,24 ± 1,83 c	15,57 ± 9,80 a	4,49 ± 1,44 b
		10	2,62 ± 0,03 b	2,43 ± 0,10 a	9,03 ± 0,08 b	19,41 ± 1,94 c	16,50 ± 10,20 a	3,02 ± 0,96 c
	18	1	2,54 ± 0,06Aa	2,67 ± 0,32Aa	9,55 ± 0,50Aa	20,51 ± 1,31Aa	14,44 ± 9,30Aa	5,71 ± 1,84Aa
		4	2,60 ± 0,02Bb	2,67 ± 0,22Aa	9,15 ± 0,23Aa	19,71 ± 1,27Bb	16,10 ± 8,84Ba	4,03 ± 1,26Bb

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de seis mediciones. En el caso de color (L* y °Hue) y firmeza se tomaron 10 submuestras de seis repeticiones, totalizando 60 mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

¹g de ácido cítrico /100 g de fruta.

- pH, acidez titulable y sólidos solubles totales

Durante el almacenamiento de la mora nativa e independientemente de la temperatura, no se registraron cambios significativos en ninguno de estos parámetros. En el caso de la mora colombiana, no se observaron cambios significativos para estos parámetros en la fruta cosechada más madura durante el almacenamiento a ambas temperaturas. Por el contrario, en la mora cosechada en estado 3 e independientemente de la temperatura de almacenamiento, se produjo un aumento significativo en los tres parámetros (Tablas 4 y 5). Otros autores (**Joo et al., 2011; Perkins-Veazie, Collins & Clark, 1999**) también reportaron aumentos en el pH durante el almacenamiento de diferentes cultivares de mora y lo atribuyeron a la unión de polifenoles con fragmentos de pectina liberados de la pared celular durante el proceso de maduración.

Los valores de pH, SST y acidez titulable fueron similares a los reportados por **Reyes-Carmona et al., (2005)** y **Carvalho & Betancur (2015)**, quienes estudiaron las características fisicoquímicas de diferentes cultivares de moras cosechadas en diferentes grados de madurez y en diferentes localidades.

Por otro lado, al comparar los estados de madurez se observó que en las dos variedades, las moras cosechadas en estado 5 mostraron mayor contenido de sólidos solubles, menor acidez y valores similares de pH que las moras cosechadas más inmaduras (Tabla 6). Estas diferencias se debieron principalmente a los cambios perceptibles sensorialmente asociados a la maduración de la fruta, durante la cual se produjo la conversión de ácidos orgánicos en azúcares (**Ayala et al., 2013**). Además, el aumento en la acidez titulable y los SST de la mora cosechada en estado 3 y conservada a 18 °C podría haberse debido a un efecto de concentración por la deshidratación sufrida por la fruta conservada en estas condiciones.

Tabla 6. pH, acidez titulable (AT) y sólidos solubles totales (SST) de mora de Castilla nativa y colombiana cosechadas en los estados de madurez 3 y 5 y almacenadas a 8 y 18 °C

MORA DE CASTILLA NATIVA							
		pH		AT (%)*		SST(°Brix)	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	2,62 ± 0,38A	2,80 ± 0,35A	3,69 ± 0,13A	2,78 ± 0,21B	9,63 ± 0,69A	11,00 ± 1,67A
	4	2,63 ± 0,40A	2,92 ± 0,45A	3,64 ± 0,20A	2,57 ± 0,22B	9,17 ± 0,23A	10,60 ± 0,88B
	7	2,68 ± 0,41A	2,87 ± 0,42A	3,72 ± 0,34A	2,58 ± 0,16B	9,33 ± 0,61A	11,50 ± 0,83B
	10	2,29 ± 0,05A	2,92 ± 0,38B	3,80 ± 0,05A	2,58 ± 0,16B	9,22 ± 0,39A	12,78 ± 1,96B
18	1	2,62 ± 0,38A	2,80 ± 0,35A	3,69 ± 0,13A	2,78 ± 0,21B	9,63 ± 0,69A	11,00 ± 1,67A
	4	2,66 ± 0,43A	2,90 ± 0,49A	3,75 ± 0,14A	2,59 ± 0,19B	9,70 ± 0,40 B	9,93 ± 1,17A
MORA DE CASTILLA COLOMBIANA							
		pH		AT (%)*		SST(°Brix)	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	2,24 ± 0,01A	2,54 ± 0,06B	2,89 ± 0,10A	2,67 ± 0,32B	6,00 ± 0,00A	9,55 ± 0,50A
	4	2,29 ± 0,03A	2,57 ± 0,02B	3,23 ± 0,12A	2,48 ± 0,16B	6,57 ± 0,33A	9,05 ± 0,12B
	7	2,33 ± 0,04A	2,48 ± 0,09B	3,14 ± 0,11A	2,64 ± 0,07B	6,47 ± 0,41A	9,17 ± 0,26B
	10	2,34 ± 0,01A	2,62 ± 0,03B	3,29 ± 0,03A	2,43 ± 0,10B	7,00 ± 0,00A	9,03 ± 0,08B
18	1	2,24 ± 0,01A	2,54 ± 0,06B	2,89 ± 0,10A	2,67 ± 0,32B	6,00 ± 0,00A	9,55 ± 0,50A
	4	2,31 ± 0,02A	2,60 ± 0,02B	3,23 ± 0,07A	2,67 ± 0,22B	7,02 ± 0,04A	9,15 ± 0,23B

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de seis mediciones de cada parámetro.

Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre las frutas cosechadas en los distintos grados de madurez.

*: acidez titulable, expresada en g ácido cítrico/ 100 g fruta.

- Color

El color es un parámetro importante ya que se utiliza como índice de madurez para determinar el momento óptimo de cosecha en muchas frutas y hortalizas (**Carvalho & Betancur, 2015**).

En general, el color (L^* y $^{\circ}\text{Hue}$) de las moras nativas de cada grado de madurez se mantuvo estable durante el almacenamiento, independientemente de la temperatura de conservación. Sólo en las moras más maduras y luego de 10 días de almacenamiento a 8 °C, se registró un menor valor de L^* , lo que indicó una pérdida de brillo en la fruta, asociada con la senescencia de la misma. Además, el valor de $^{\circ}\text{Hue}$ más bajo de las moras cosechadas en estado 5 indicó una coloración roja más intensa, asociada a su mayor grado de madurez (Tabla 4).

Durante el almacenamiento de la mora colombiana e independientemente de la temperatura de conservación, se registró una disminución significativa en el valor de L^* , mientras que el valor de $^{\circ}\text{Hue}$ se mantuvo estable durante todo el período de almacenamiento (Tabla 5).

Cabe destacar que en las dos variedades se encontró una gran variabilidad en el color superficial de la fruta, especialmente en aquellas moras cosechadas en estado 3, lo cual podría enmascarar diferencias debidas a la temperatura durante el almacenamiento.

- Firmeza

El ablandamiento que ocurre durante el almacenamiento incrementa la susceptibilidad de los frutos de mora a los ataques microbianos, reduciendo así su vida útil (**Restrepo et al., 2013**).

Durante el almacenamiento e independientemente de la temperatura y el grado de madurez, se observó un ablandamiento significativo en las moras de las dos variedades estudiadas (Tablas 4 y 5). Sin embargo, la pérdida de firmeza fue significativamente mayor en la fruta conservada a temperatura ambiente, lo cual demuestra la utilidad del uso de bajas temperaturas para retrasar la pérdida de calidad de estas frutas.

En las figuras 7 (mora nativa) y 8 (mora colombiana) se muestran los valores de firmeza de la fruta cosechada en los dos estados de madurez durante la conservación a 8 °C (a) y 18 °C (b).

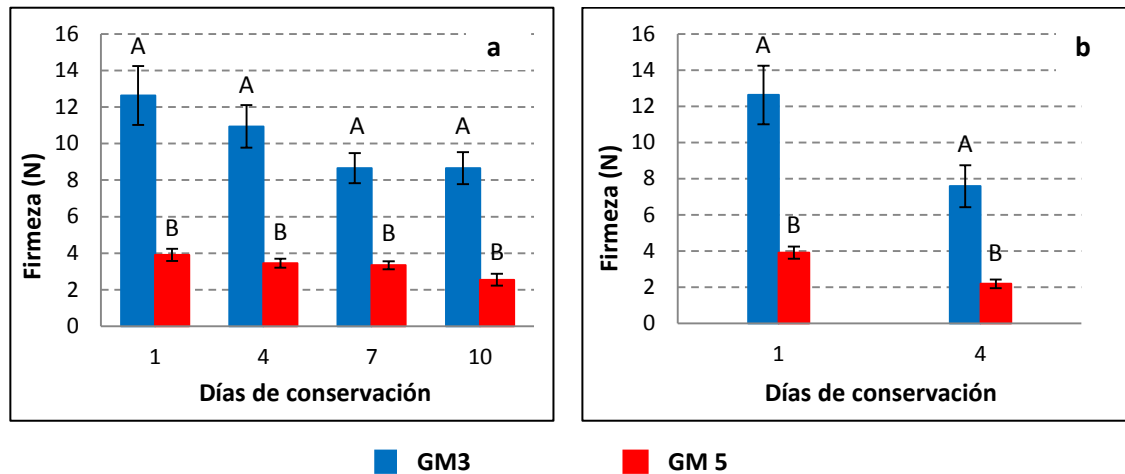


Figura 7. Firmeza de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 (b) °C.

Los valores representan el promedio de la firmeza de 10 submuestras de seis repeticiones, totalizando 60 mediciones. Las barras de error representan el IC_(95%) de la media. Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre los grados de madurez.

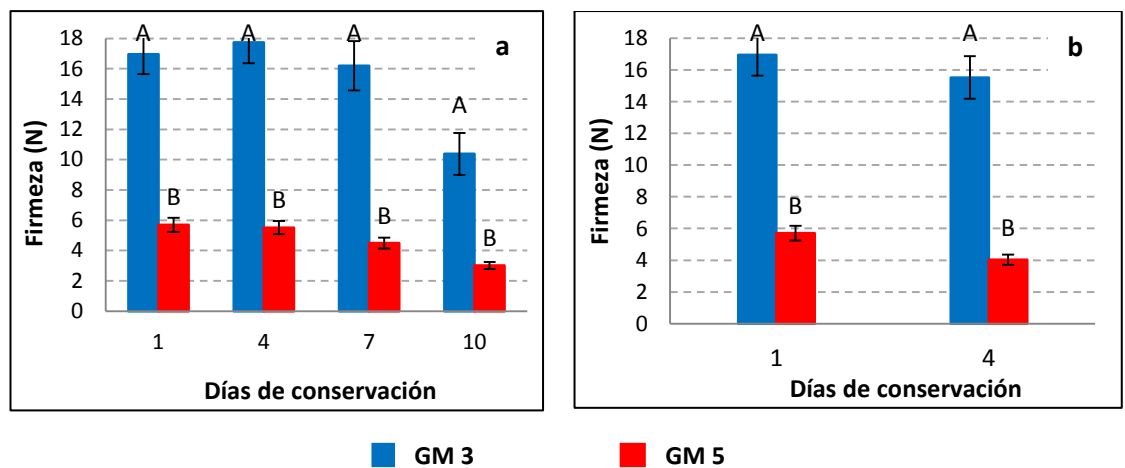


Figura 8. Firmeza de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y conservada a 8°C (a) y 18 (b) °C.

Los valores representan el promedio de la firmeza de 10 submuestras de seis repeticiones, totalizando 60 mediciones. Las barras de error representan el IC_(95%) de la media. Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre los grados de madurez.

Como se observa en estas figuras, en todas las fechas de evaluación la fruta más inmadura presentó valores de firmeza significativamente superiores a los registrados en la fruta más madura.

Estos resultados son similares a los reportados por **Kim et al., (2015)** y **Oliveira et al., (2014)**, quienes observaron una disminución de la firmeza con el proceso de maduración de la fruta. Este ablandamiento se puede atribuir a los cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante la maduración y que incluyen la conversión del almidón en azúcares, la biosíntesis de compuestos volátiles responsables del sabor y aroma y cambios en el metabolismo y en la estructura de la pared celular.

4.2.2 ANÁLISIS NUTRICIONALES

En las tablas 7 y 8 se presentan los valores de los contenidos de ácidos orgánicos (ascórbico, málico y cítrico), antocianinas y polifenoles totales y de la capacidad antioxidante de mora de Castilla nativa y colombiana en los estados de madurez 3 y 5, almacenadas a 8 y 18 °C.

Tabla 7. Valores nutricionales de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado de madurez	T (°C)	Día	Ácidos orgánicos (mg/100 g mora MF)			Antocianinas (mg/100 g MF)	Polifenoles totales (Eq mg ác. gálico/100 g MF)	Actividad Antioxidante (Eq µmol trolox/100 g MF)
			Ascórbico	Málico	Cítrico			
3	8	1	8,24 ± 0,50Aa	478,10 ± 35,69Aa	1004,26 ± 76,91Aa	30,78 ± 6,27Aa	559,96 ± 16,39Aa	6009,48 ± 342,36Aa
		4	8,42 ± 1,83Aa	385,18 ± 52,31Aab	1110,66 ± 273,95Aa	46,16 ± 2,82Aa	517,35 ± 109,83Aa	5756,08 ± 276,47Aa
		7	6,62 ± 1,51 ab	340,55 ± 86,44 b	1278,02 ± 223,21 a	119,88 ± 81,84 b	618,44 ± 141,35 a	6597,02 ± 1216,80a
		10	5,78 ± 1,47 b	294,09 ± 72,56 b	1290,27 ± 75,56 a	64,53 ± 12,10ab	729,91 ± 37,69 a	6955,74 ± 214,13 a
	18	1	8,24 ± 0,50Aa	478,10 ± 35,69Aa	1004,26 ± 76,91Aa	30,78 ± 6,27Aa	559,96 ± 16,39Aa	6009,48 ± 342,36Aa
		4	7,38 ± 1,53Aa	187,55 ± 7,92 Bb	1388,49 ± 18,72Bb	61,23 ± 19,09Ab	613,49 ± 77,91Aa	6585,76 ± 256,47Ba
5	8	1	8,25 ± 1,05Aab	180,43 ± 75,10Aab	993,13 ± 156,67Aa	175,66 ± 36,94Aa	446,49 ± 66,08Aa	5264,09 ± 308,92Aa
		4	5,17 ± 1,79Aa	95,73 ± 21,04 Aa	739,52 ± 251,29Aa	174,89 ± 14,77Aa	554,98 ± 99,20Aa	5490,21 ± 638,54Aa
		7	11,61 ± 3,65 b	263,44 ± 84,44 b	1586,40 ± 422,17 b	195,73 ± 27,44 ab	501,50 ± 171,49 a	5170,35 ± 1232,13a
		10	7,72 ± 1,38 a	145,43 ± 30,54 a	1040,60 ± 102,13 a	227,97 ± 14,69 b	558,18 ± 59,35 a	5845,66 ± 336,43a
	18	1	8,25 ± 1,04Aa	180,43 ± 75,10Aa	993,13 ± 156,67Aa	175,66 ± 36,94Aa	446,49 ± 66,08Aa	5264,09 ± 308,92Aa
		4	7,33 ± 2,78Aa	207,18 ± 108,17Ba	1084,45 ± 170,46Ba	137,09 ± 75,35Aa	585,35 ± 40,77Ab	5594,39 ± 249,89Aa

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

Tabla 8. Valores nutricionales de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado de madurez	T (°C)	Día	Ácidos orgánicos (mg/100 g mora MF)			Antocianinas (mg/100 g MF)	Polifenoles totales (Eq mg ác. gálico/100 g MF)	Actividad Antioxidante (Eq μmol trolox/100 g MF)
			Ascórbico	Málico	Cítrico			
3	8	1	4,91 ± 1,98Aa	324,58 ± 53,27Aa	795,43 ± 194,41Aa	32,86 ± 1,46Aa	417,87 ± 92,45Aa	4208,23 ± 718,18Aa
		4	5,65 ± 0,93Aab	330,46 ± 18,54Aa	985,68 ± 226,33Aab	51,51 ± 8,79Aab	552,80 ± 113,93Aa	5715,19 ± 511,75Ab
		7	8,02 ± 0,89 b	279,45 ± 10,78 ab	1101,24 ± 97,97 b	74,94 ± 25,01 bc	525,80 ± 67,73 a	5292,27 ± 249,41 ab
		10	7,89 ± 1,75 b	223,46 ± 47,56 b	1193,78 ± 38,54 b	87,34 ± 19,91 c	529,20 ± 38,07 a	5739,49 ± 478,30 b
	18	1	4,91 ± 1,98Aa	324,58 ± 53,27Aa	795,43 ± 194,41Aa	32,86 ± 1,46 Aa	417,87 ± 92,45Aa	4208,23 ± 718,18Aa
		4	6,65 ± 1,80Aa	268,47 ± 124,37Aa	1231,81 ± 139,85Bb	86,78 ± 35,53Bb	660,17 ± 96,26Ab	6399,72 ± 769,90Ab
5	8	1	8,37 ± 0,53Aa	165,27 ± 11,40Aa	1057,99 ± 62,51Aa	169,16 ± 11,83Aab	504,38 ± 88,05Aa	4905,28 ± 391,58Aa
		4	3,71 ± 0,12Ab	115,24 ± 14,54Ab	961,37 ± 69,49Aab	148,59 ± 34,73Aa	517,67 ± 167,08Aa	4823,59 ± 803,33Aa
		7	2,74 ± 1,44 b	106,89 ± 16,29 b	833,69 ± 128,36 ab	195,44 ± 19,47 b	542,20 ± 32,64 a	5244,60 ± 259,95 a
		10	3,73 ± 1,66 b	114,19 ± 22,55 b	798,25 ± 279,11 b	199,76 ± 11,25 b	499,49 ± 79,96 a	4764,39 ± 737,17 a
	18	1	8,37 ± 0,53Aa	165,27 ± 11,40Aa	1057,99 ± 62,51Aa	169,16 ± 11,83 Aa	504,38 ± 88,05Aa	4905,28 ± 391,58Aa
		4	5,46 ± 2,22Ab	114,64 ± 60,64Aa	929,49 ± 290,94Aa	145,91 ± 41,79 Aa	565,50 ± 145,51Aa	5475,27 ± 499,95Aa

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

- Ácidos orgánicos (ascórbico, málico y cítrico)

En las dos variedades de mora se encontró que el ácido predominante fue el ácido cítrico, seguido del málico y el ascórbico. Los valores hallados para estos parámetros son superiores a los reportados por **Kafkas et al. (2006)**, **Hassimotto et al. (2008)** y **Guedes et al. (2013)** para otros genotipos de mora y se encuentran dentro del rango de 5 a 30 mg/100 g materia fresca para ácido ascórbico (**Skrovankova et al., 2015**) y 87,5-603 y 15,2-1892 mg/100 g materia fresca para los ácidos málico y cítrico, respectivamente (**Fan-Chiang, 1999**).

Además, **Kafkas et al., (2006)** encontraron que el ácido principal fue el málico, seguido del ácido ascórbico y no detectaron ácido cítrico en ninguna de las variedades estudiadas, mientras que **Fan-Chiang (1999)** estudió 52 cultivares de mora y reportó que el ácido orgánico predominante en estas frutas depende, además de las condiciones de cultivo, del cultivar considerado.

Durante el almacenamiento de la mora nativa cosechada en estado 3, e independientemente de la temperatura de conservación, se produjo un aumento significativo en el contenido de ácido cítrico, mientras que se observó una disminución en el ácido málico y el ascórbico. En la mora cosechada más madura se registraron cambios similares en el contenido de los ácidos orgánicos cuando la fruta fue almacenada a 8 °C, mientras que a temperatura ambiente no hubo cambios significativos en ninguno de los ácidos estudiados (Tabla 7).

En el caso de la mora colombiana más inmadura, se registró un aumento significativo en el contenido de los ácidos ascórbico y cítrico después de 7 días de almacenamiento refrigerado a la vez que disminuyó la concentración del ácido málico. Una tendencia similar se observó en la fruta conservada a temperatura ambiente. Por otra parte, en la mora cosechada en estado 5 todos los ácidos disminuyeron significativamente durante el almacenamiento, independientemente de la temperatura de conservación (Tabla 8).

- Antocianinas

Las antocianinas son sustancias antioxidantes, responsables del color de las moras y se sintetizan durante la maduración de las frutas (**Bernal-Roa, Melo & Díaz-Moreno, 2014**). Por su elevado contenido en antocianinas, que suele ser más elevado que en otras frutas rojas como frutillas y acerola, las moras pueden ser consideradas una fruta funcional (**de Moura et al., 2012**).

Las concentraciones de antocianinas halladas para ambas variedades son similares a las reportadas por otros autores (**Hassimotto et al., 2008; Jakobek et al., 2007; Jakobek et al., 2009; Siriwoharn & Wrolstad, 2004**), aunque en la bibliografía se han encontrado valores muy variables y esto podría estar relacionado con las condiciones de cultivo, el estado de madurez y los cultivares considerados en cada investigación (**Mikulic-Petkovsek et al., 2015**).

Durante el almacenamiento e independientemente de la temperatura de conservación, la concentración de antocianinas aumentó en las moras cosechadas más inmaduras de las dos variedades y en la mora del estado 5 conservada en refrigeración. En el caso de las moras cosechadas en estado 5 y conservadas a temperatura ambiente, se registró una disminución en la concentración de antocianinas, aunque no fue significativa. Además, como se puede observar en la tabla 9, las moras cosechadas en estado 5 mostraron mayor contenido de antocianinas que las moras cosechadas más inmaduras.

En bibliografía se han encontrado resultados contradictorios en relación a la evolución de las antocianinas durante el almacenamiento de moras. Mientras que **Joo et al., (2011)** reportaron una disminución significativa en el contenido de antocianinas de dos cultivares de mora durante 18 días de almacenamiento, **Perkins-Veazie et al., (2000)** no observaron cambios significativos en la concentración de estos compuestos. Finalmente, **Kim et al. (2015)** encontraron un aumento en las antocianinas durante el almacenamiento de diferentes cultivares de moras, especialmente a temperatura ambiente. **Giusti & Wrolstad (2001)** mencionan que este comportamiento impredecible de las antocianinas puede deberse a diferencias en

las condiciones de cultivo y almacenamiento, el estado de madurez y los diferentes métodos utilizados para su determinación.

-Polifenoles totales

Los polifenoles son conocidos por su actividad antioxidante y por sus propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras por lo que cumplen un papel beneficioso en la salud humana, contribuyendo a reducir el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías (**Paredes-López et al., 2010; Sellappan, Akoh & Krewer, 2002**).

Los valores obtenidos en este estudio para las dos variedades y los dos estados de madurez son similares o superiores a los reportados por otros autores, quienes obtuvieron en distintos cultivares de mora valores de 373-513 equivalentes mg ácido gálico/100 g materia fresca (**Connor, Finn & Alspach, 2005**); 226-308 eq mg ácido gálico/100 g materia fresca (**Wang & Lin, 2000**) y 341-499 eq mg ácido gálico/100 g materia fresca (**Hassimotto et al., 2008**).

Durante el almacenamiento e independientemente de la temperatura, no se registraron diferencias significativas en ninguna de las dos variedades de mora de Castilla cosechadas tanto en el estado 3 como en el estado 5 (Tablas 7 y 8).

En la mora colombiana, el contenido de polifenoles totales fue similar en los dos estados de madurez y durante todo el periodo de almacenamiento (Tabla 9). Por el contrario, en la mora nativa, las frutas cosechadas más inmaduras presentaron un mayor contenido de polifenoles que la fruta más madura. Estos resultados son similares a los encontrados por **Wang y Lin (2000)**, quienes estudiaron la evolución de los compuestos fenólicos en frutos de 3 cultivares de mora cosechados en distintos grados de madurez. Esta disminución en el contenido de polifenoles de la fruta más madura podría deberse a la síntesis de antocianinas que consume algunos de los ácidos polifenólicos presentes inicialmente en el fruto (**Bernal-Roa et al., 2014**).

-Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de la mora nativa, expresada como eq $\mu\text{mol trolox}/100\text{g MF}$ no se vio afectada por la temperatura de conservación, con un comportamiento similar en la fruta cosechada en los dos estados de madurez. Durante el almacenamiento, se observó un aumento en la capacidad antioxidante de toda la fruta, aunque éste no fue significativo (Tabla 7).

En la mora colombiana cosechada en estado 5 se observó un comportamiento similar a la mora nativa. Por el contrario, en la fruta más inmadura de esta variedad, la actividad antioxidante de la fruta aumentó significativamente durante el almacenamiento, tanto a 8 °C como a 18 °C (Tabla 8)

Al comparar los estados de madurez, en la mora nativa la actividad antioxidante fue mayor en la fruta cosechada en estado 3 con respecto al estado 5, mientras que en la mora colombiana no se registraron diferencias significativas para este parámetro (Tabla 9).

Los valores de actividad antioxidante observados en las moras de este estudio fueron superiores a los reportados por otros autores (**Hassimotto et al., 2008; Vasco et al., 2009**) y siguieron la misma tendencia que el contenido de polifenoles totales de la fruta. **Wang y Lin (2000)** y **Lee et al. (2015)** observaron una correlación entre la actividad antioxidante de moras y el contenido de polifenoles de las mismas e indicaron que, en estas frutas, los compuestos fenólicos aportan más a la actividad antioxidante que otros compuestos como las vitaminas C y E.

Las diferencias observadas en la actividad antioxidante con respecto a otros estudios pueden deberse a factores agroclimáticos y genéticos, el grado de madurez a cosecha así como a los solventes utilizados para la obtención de los extractos (**Wang et al., 2011**).

Tabla 9. Contenido de antocianinas, polifenoles y actividad antioxidante de mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenadas a 8 y 18 °C

MORA DE CASTILLA NATIVA							
		Antocianinas (mg/100 g MF)		Polifenoles totales (Eq mg ác. gálico/100 g MF)		Actividad antioxidante (Eq µmol trolox/100 g MF)	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	30,78 ± 6,27A	175,66 ± 36,94B	559,96 ± 16,39A	446,49 ± 66,08B	6009,48 ± 342,36A	5264,09 ± 308,92B
	4	46,16 ± 2,82A	174,89 ± 14,77B	517,35 ± 109,83A	554,98 ± 99,20A	5756,08 ± 276,47A	5490,21 ± 638,54A
	7	119,88 ± 81,84A	195,73 ± 27,44A	618,44 ± 141,35A	501,50 ± 171,49A	6597,02 ± 1216,80A	5170,35 ± 1232,13A
	10	64,53 ± 12,10A	227,97 ± 14,69B	729,91 ± 37,69A	558,18 ± 59,35 B	6955,74 ± 214,13A	5845,66 ± 336,43B
18	1	30,78 ± 6,27A	175,66 ± 36,94B	559,96 ± 16,39A	446,49 ± 66,08B	6009,48 ± 342,36A	5264,09 ± 308,92B
	4	61,23 ± 19,09A	137,09 ± 75,35B	613,49 ± 77,91A	585,35 ± 40,77A	6585,76 ± 256,47A	5594,39 ± 249,89B
MORA DE CASTILLA COLOMBIANA							
		Antocianinas (mg/100 g MF)		Polifenoles totales (Eq mg ác. gálico/100 g MF)		Actividad antioxidante (Eq µmol trolox /100 g MF)	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	32,86 ± 1,46A	169,16 ± 11,83B	417,87 ± 92,45A	504,38 ± 88,05A	4208,23 ± 718,18A	4905,28 ± 391,58A
	4	51,51 ± 8,79A	148,59 ± 34,73B	552,80 ± 113,93A	517,67 ± 167,08A	5715,19 ± 511,75A	4823,59 ± 803,33A
	7	74,94 ± 25,01A	195,44 ± 19,47B	525,80 ± 67,73A	542,20 ± 32,64 A	5292,27 ± 249,41A	5244,60 ± 259,95A
	10	87,34 ± 19,91A	199,76 ± 11,25B	529,20 ± 38,07A	499,49 ± 79,96 A	5739,49 ± 478,30A	4764,39 ± 737,17A
18	1	32,86 ± 1,46 A	169,16 ± 11,83B	417,87 ± 92,45A	504,38 ± 88,05A	4208,23 ± 718,18A	4905,28 ± 391,58A
	4	86,78 ± 35,53A	145,91 ± 41,79B	660,17 ± 96,26A	565,50 ± 145,51A	6399,72 ± 769,90A	5475,27 ± 499,95A

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones de cada parámetro.

Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre las frutas cosechadas en los distintos grados de madurez.

4.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

En las tablas 10 y 11 se presentan los resultados de los recuentos de aerobios mesófilos, psicrótrofos y de mohos y levaduras de la mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a dos temperaturas.

Tabla 10. Recuentos microbiológicos de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado de madurez	T (°C)	Día	Recuentos microbiológicos (log (ufc/g))		
			Aerobios mesófilos	Psicrótrofos	Mohos y levaduras
3	8	1	3,69 ± 0,64Aa	1,52 ± 1,63Aa	4,76 ± 0,15Aa
		4	4,82 ± 0,45Ab	3,16 ± 0,50Ab	5,07 ± 0,53Aa
		7	3,83 ± 1,26 ab	0,00 ± 0,00 c	4,77 ± 0,48 a
		10	3,65 ± 0,39 a	0,00 ± 0,00 c	4,90 ± 0,18 a
	18	1	3,69 ± 0,64Aa	1,52 ± 1,63Aa	4,76 ± 0,15Aa
		4	5,52 ± 0,50Bb	2,02 ± 2,16Aa	6,20 ± 0,49Bb
5	8	1	4,12 ± 0,54Aa	1,44 ± 1,57Aa	5,05 ± 0,16Aa
		4	3,84 ± 0,15Aa	1,61 ± 1,73Aa	4,84 ± 0,17Aa
		7	2,73 ± 0,27 b	0,77 ± 1,46 a	4,46 ± 0,70 a
		10	5,21 ± 0,28 c	0,83 ± 1,53 a	4,22 ± 2,61 a
	18	1	4,12 ± 0,54Aa	1,44 ± 1,57Aa	5,05 ± 0,16Aa
		4	5,06 ± 0,19Bb	2,02 ± 2,16Aa	6,85 ± 0,68Bb

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de seis mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

Tabla 11. Recuentos microbiológicos de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5 y almacenada a 8 y 18 °C

Estado de madurez	T (°C)	Día	Recuentos microbiológicos (log (ufc/g))		
			Aerobios mesófilos	Psicrótrofos	Mohos y levaduras
3	8	1	4,86 ± 0,45Aa	1,62 ± 1,74Aa	3,95 ± 0,13Aa
		4	5,00 ± 0,15Aa	0,00 ± 0,00Aa	4,76 ± 0,61Ab
		7	3,76 ± 0,16 b	1,30 ± 1,39 a	4,78 ± 0,42 b
		10	3,77 ± 1,21 b	1,54 ± 1,66 a	4,45 ± 0,29 ab
	18	1	4,86 ± 0,45Aa	1,62 ± 1,74Aa	3,95 ± 0,13Aa
		4	5,03 ± 0,16Aa	0,00 ± 0,00Ab	6,09 ± 0,57Bb
5	8	1	3,98 ± 0,96Aa	0,00 ± 0,00Aa	4,61 ± 0,13Aa
		4	4,26 ± 0,40Aa	0,00 ± 0,00Aa	4,81 ± 0,28Aa
		7	3,46 ± 0,79 a	0,00 ± 0,00 a	4,64 ± 0,31 a
		10	3,79 ± 0,49 a	0,00 ± 0,00 a	5,00 ± 0,60 a
	18	1	3,98 ± 0,96Aa	0,00 ± 0,00Aa	4,61 ± 0,13Aa
		4	4,58 ± 0,83Aa	0,00 ± 0,00Aa	5,55 ± 0,71Bb

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de seis mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

Como se puede observar en la tabla 10, en la mora nativa se produjo un aumento significativo en los recuentos de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras en las frutas de los dos estados de madurez, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Por el contrario, durante la conservación a 8 °C no se observaron aumentos significativos en los recuentos microbianos de ninguno de los grupos estudiados. Además, el día 4, los recuentos de aerobios mesófilos y mohos y levaduras fueron significativamente mayores en la fruta conservada a temperatura ambiente que en aquella conservada en refrigeración, mientras que no hubo diferencias para los recuentos de psicrótrofos.

En el caso de la mora colombiana y en los dos estados de madurez, los recuentos de mohos y levaduras aumentaron significativamente durante el almacenamiento a temperatura ambiente y a 8 °C, sólo para la mora más inmadura. En cuanto a los aerobios mesófilos y psicrótrofos, en general no se registraron cambios significativos para ninguno de los estados de madurez ni temperatura de conservación, excepto en las moras cosechadas en estado 3, en las que se observó una disminución y un

aumento de los recuentos de aerobios mesófilos en refrigeración y de los psicrótrofos a temperatura ambiente, respectivamente (Tabla 11).

Kim et al. (2015) y **de Arruda Palharini et al. (2015)** también reportaron mayor crecimiento microbiano en frutos de mora almacenados a temperatura ambiente en comparación con frutas conservadas en refrigeración.

Un enfriamiento rápido inmediatamente después de la cosecha ayuda a reducir el calor de campo y retrasa el desarrollo de microorganismos como *Botrytis*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Fusarium* (**de Arruda Palharini et al., 2015**). Además de la refrigeración, es muy importante que la manipulación de la fruta durante la cosecha y postcosecha se realice de forma muy cuidadosa para evitar daños y heridas que facilitan posteriores infecciones por patógenos (**Perkins-Veazie, Collins, Clark & Risse, 1997**).

El deterioro de las moras estuvo causado principalmente por el crecimiento de mohos y levaduras. El elevado contenido de agua y de azúcares y otros nutrientes, junto con el bajo pH, que limita el crecimiento de muchas especies bacterianas, favorecen el crecimiento fúngico en estas frutas y su consiguiente deterioro (**Oliveira et al., 2013**).

4.2.4 ANÁLISIS SENSORIAL

En la tabla 12 se presentan los resultados de los atributos sensoriales iniciales (calidad visual, color, aroma característico, firmeza e impresión global) de la mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5.

Tabla 12. Atributos sensoriales iniciales de la mora de Castilla nativa y colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5

Atributos	Mora de Castilla nativa		Mora de Castilla colombiana	
	Estado de madurez		Estado de madurez	
	3 (rojo claro)	5 (morado)	3 (rojo claro)	5 (morado)
Calidad visual	5,40 ± 0,89A	6,47 ± 0,51B	5,40 ± 0,56A	6,23 ± 0,63B
Color	3,00 ± 0,00A	5,00 ± 0,00B	3,13 ± 0,43A	5,00 ± 0,00B
Aroma característico	2,20 ± 0,85A	4,60 ± 0,40B	2,10 ± 0,61A	4,00 ± 0,98B
Firmeza	5,93 ± 0,74A	6,32 ± 0,48B	6,00 ± 0,53A	4,90 ± 0,76B
Impresión global	4,53 ± 0,78A	6,45 ± 0,56B	4,47 ± 0,51A	5,83 ± 0,65B

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada variedad, diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos estados de madurez.

Como se puede observar en la tabla 12, las dos variedades de mora de Castilla presentaron diferencias significativas entre los estados de madurez 3 y 5, con las mejores puntuaciones observadas en la fruta más madura. Sólo en el caso de firmeza, el valor fue más alto en las moras del estado 3, debido a su menor grado de madurez. Además, estas diferencias se mantuvieron durante el almacenamiento tanto a 8 °C como a 18 °C (ANEXO C, Tablas 13 y 14).

En las figuras 9 y 10 (mora nativa) y 11 y 12 (mora colombiana) se muestra la evolución de los atributos sensoriales evaluados durante el almacenamiento, de la mora cosechada en los dos estados de madurez y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b).

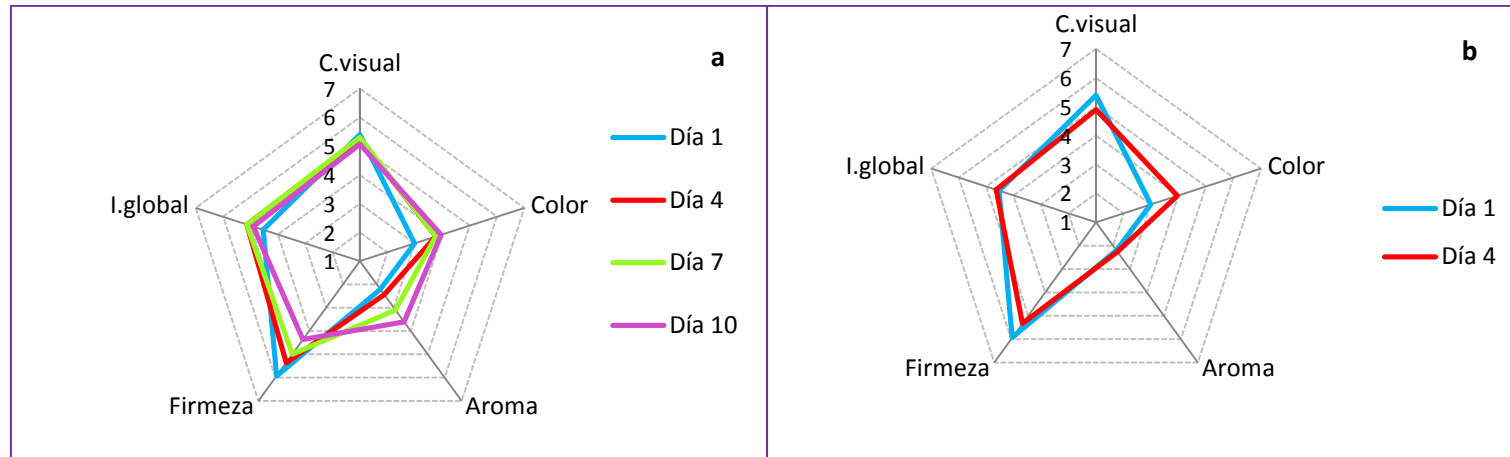


Figura 9. Atributos sensoriales de mora de Castilla nativa cosechada en el estado de madurez 3 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b).

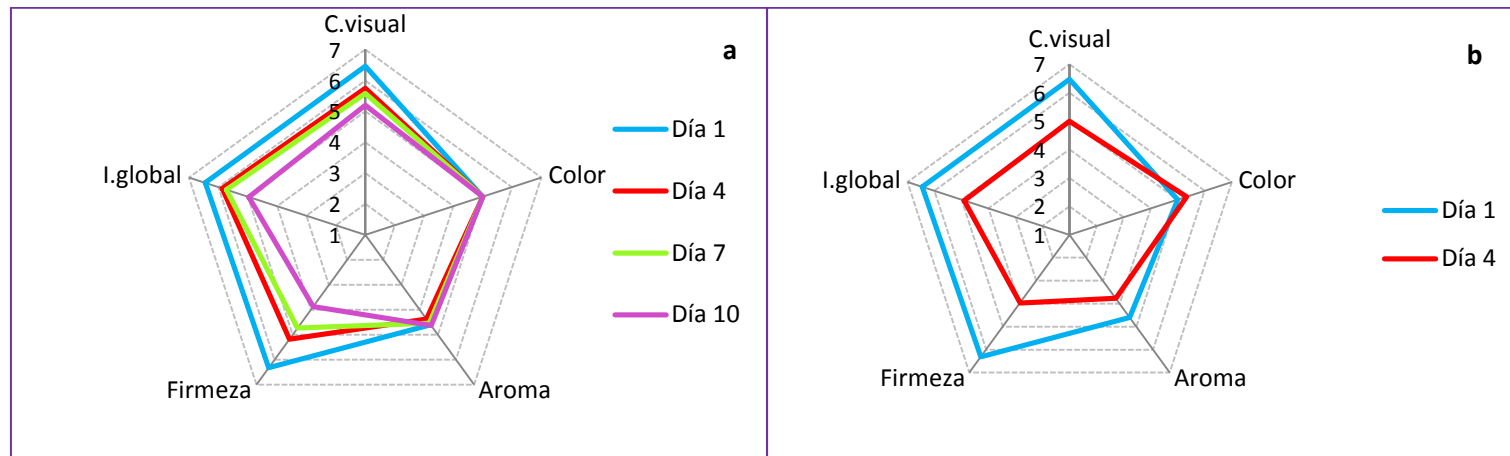


Figura 10. Atributos sensoriales de mora de Castilla nativa cosechada en el estado de madurez 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b).

Como se puede observar en las figuras 9 y 10, durante el almacenamiento e independientemente de la temperatura de conservación y el estado de madurez a cosecha, en las moras nativas se produjo una disminución significativa en los atributos de calidad visual, firmeza e impresión global. Por otro lado, el color y el aroma se mantuvieron sin cambios significativos en la mora cosechada en estado 5 y se registró una mayor puntuación en estos atributos a medida que transcurrió el almacenamiento de la mora más inmadura.

En cuanto al efecto de la temperatura de conservación sobre la calidad sensorial de las moras, se observó que el día 4, las puntuaciones para todos los parámetros excepto el color, fueron significativamente menores en la fruta conservada a temperatura ambiente y especialmente en la fruta cosechada en estado 5, indicando la importancia de la refrigeración para mantener la calidad postcosecha de estas frutas. En el caso de la fruta cosechada más inmadura el aroma y la firmeza fueron similares en las dos temperaturas de conservación (ANEXO C, Tabla 15).

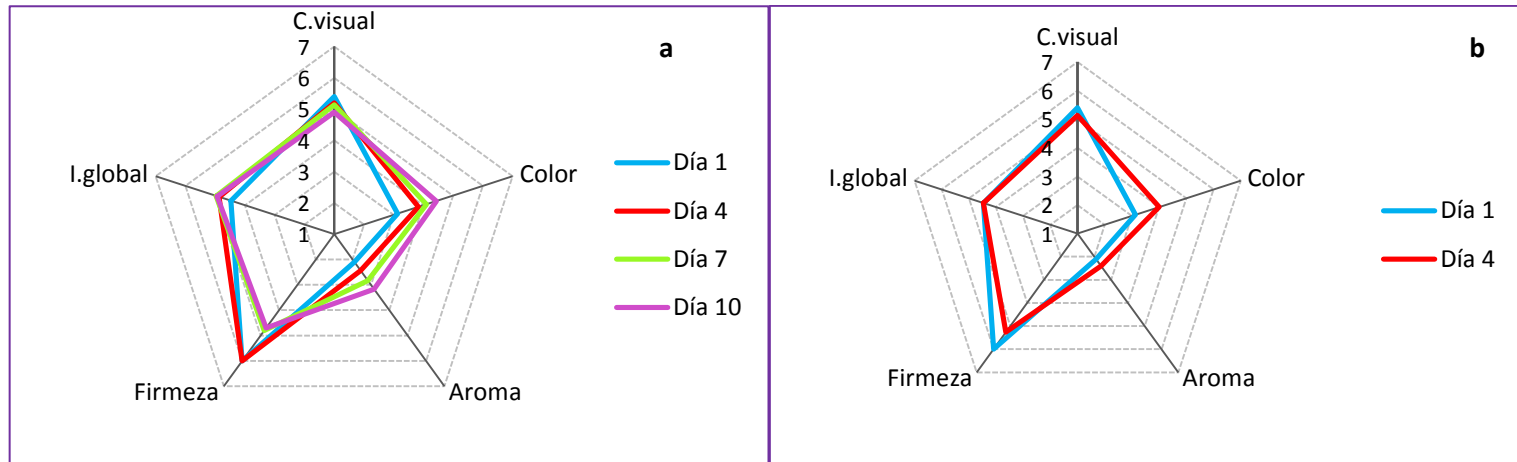


Figura 11. Atributos sensoriales de mora de Castilla colombiana cosechada en el estado de madurez 3 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b).

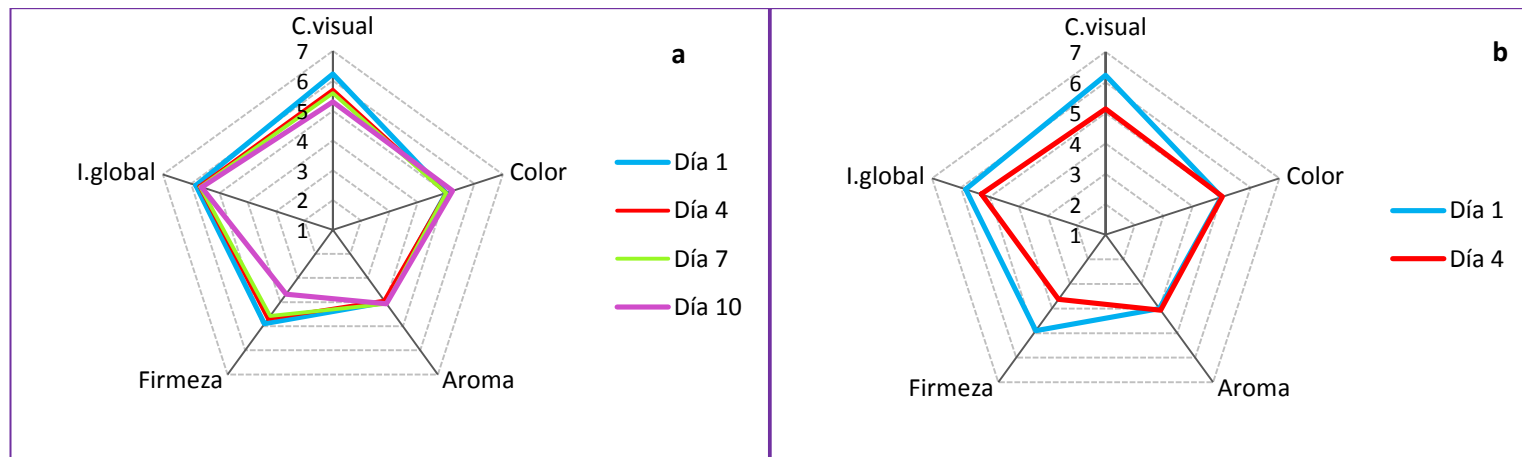


Figura 12. Atributos sensoriales de mora de Castilla colombiana cosechada en el estado de madurez 5 y conservada a 8 °C (a) y 18 °C (b).

En la mora colombiana también se registró durante el almacenamiento e independientemente de la temperatura de conservación y el estado de madurez a cosecha, una disminución significativa en los atributos de calidad visual y firmeza, mientras que el color aumentó significativamente en todas las moras evaluadas.

También hubo un desarrollo del aroma en la mora cosechada más inmadura, mientras que este atributo se mantuvo sin cambios en las moras cosechadas más maduras, independientemente de la temperatura de conservación. No se registraron cambios en las puntuaciones para la impresión global de las moras cosechadas en estado 5 y conservadas a 8 °C ni en la fruta más inmadura conservada a temperatura ambiente. Sin embargo, cuando esta fruta (cosechada en estado 3) fue conservada a 8 °C y debido a la evolución del color, se produjo un aumento significativo en las puntuaciones para la impresión global a lo largo del almacenamiento.

Finalmente, la fruta cosechada en estado 5 y conservada a 18 °C presentó síntomas de senescencia, por lo cual los valores de la impresión global de esta fruta disminuyeron al final del almacenamiento (Figura 11, a y b y Figura 12, a y b).

Al igual que en la mora nativa, la calidad sensorial de la fruta conservada a 8 °C fue mejor que la de las moras conservadas a temperatura ambiente, tanto para el estado 3 como para el estado 5 (ANEXO C, Tabla 16).

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa en la cual se afirma que la temperatura y el estado de madurez a cosecha, sí influyen en la calidad postcosecha y la vida útil de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) nativa y colombiana.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La calidad (físicoquímica, microbiológica, sensorial y nutricional) y el comportamiento postcosecha fueron similares en las dos variedades de mora de Castilla estudiadas (nativa y colombiana).
- La pérdida de peso no fue afectada por el grado de madurez de la fruta a la cosecha pero sí por la temperatura de almacenamiento, con una mayor pérdida de peso en la fruta conservada a 18 °C con respecto a las moras conservadas a 8 °C.
- A pesar de que la norma INEN 2427: 2010 indica que la cosecha de esta fruta puede iniciarse a partir de que los frutos alcanzan el estado de madurez 3, en este estado las moras de ninguna de las dos variedades estudiadas alcanzaron los valores mínimos establecidos para el índice de madurez y sobrepasaron el valor máximo de porcentaje de acidez, establecidos en dicha norma.
- El almacenamiento refrigerado permitió retrasar la pérdida de brillo en la fruta, el ablandamiento y el crecimiento microbiano. Esto demuestra la importancia del uso de bajas temperaturas para mantener la calidad y prolongar la vida postcosecha de esta fruta.
- El contenido de compuestos bioactivos (polifenoles, antocianinas) y la actividad antioxidante de las moras fueron superiores a los observados en otras frutas rojas como fresas y acerola y no fueron afectados durante el almacenamiento, tanto a 8 °C como a 18 °C.
- Tanto el estado de madurez a cosecha como la temperatura de conservación influyeron en la calidad sensorial de la fruta. Los mejores resultados se obtuvieron en el estado de madurez 5 y en la fruta conservada en refrigeración.

- La vida útil de las moras de las dos variedades estudiadas fue de 3 días a temperatura ambiente (18 °C) y 8 días en refrigeración (8 °C). Los principales factores limitantes para la vida útil fueron el crecimiento fúngico a temperatura ambiente y el ablandamiento de la fruta en refrigeración.
- El estado óptimo de madurez para la cosecha de la mora de Castilla nativa y colombiana fue el estado de madurez 5, puesto que en este estado, se obtuvo el mejor equilibrio entre ácidos y azúcares, una adecuada acumulación de sólidos solubles y desarrollo del fruto y una mejor calidad sensorial.

5.2 RECOMENDACIONES

- Dado que las condiciones agroclimáticas influyen en la calidad final de las frutas, sería recomendable revisar la norma INEN 2427:2010 para moras y adecuarla a las condiciones de nuestro país, ya que actualmente está basada en la Norma Técnica Colombiana (NTC). Las modificaciones sugeridas son:
 - ❖ Además del color, deberían considerarse en la norma INEN otros índices de madurez para determinar el momento óptimo de cosecha de las moras, como el contenido de sólidos solubles totales, el porcentaje de acidez y la relación entre estos dos parámetros, ya que éstos determinan el sabor y por lo tanto la calidad sensorial de las frutas.
 - ❖ Adicionalmente, convendría establecer límites para los recuentos microbiológicos en frutos frescos de mora de Castilla.
- La información acerca de la mora de Castilla colombiana es limitada, por lo que deberían realizarse más estudios sobre la maduración y postcosecha de la misma en las condiciones de cultivo ecuatorianas.
- Se debería realizar el mismo estudio en moras cosechadas en estado de madurez 4 para comprobar si en este estado la fruta cumple con los requisitos establecidos en la Norma INEN 2427:2010 y si es posible obtener un fruto con mayor firmeza y elevados contenidos de compuestos bioactivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala-Sánchez., L. C., Valenzuela-R, C. P., & Bohórquez-P., Y. (2013). Caracterización físicoquímica de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, **11**(2), 10-18.
- Bejarano, W. (1992). Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales (PROEXANT). Manual de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Quito, Ecuador.
- Ben-Yehoshua, S. (1987). Transpiration, water stress, and gas exchange. In J. Weichmann (Ed.), *Post-harvest physiology of vegetables* (pp. 113-170). New York: Marcel Dekker.
- Bernal-Roa, L. J., Melo, L. A., & Díaz-Moreno, C. (2014). Evaluación del perfil aromático y propiedades antioxidantes durante la maduración de frutos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Acta Horticulturae*, **1016**, 39-46.
- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírseda, P., Marín-Arroyo, M. R., & Navarro, M. (2015). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95**, 204-209.
- Bonnet, J. (1994). Programa de frutas tropicales ICA-CORPOICA (pp. 209-221). Bogotá-Colombia: Editorial Produmedios.
- Bruzzone, I. (2007). Frutas finas berries (Cadenas alimentarias). From http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_39/cadenas/Frutas_frutas_finas.htm.
- Cadena, J., & Orellana, A. (1985). *El cultivo de la mora. Manual para el capacitador*. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Capacitación Campesina (INCCA).14 páginas.

Carvalho, C. P., & Betancur, J. A. (2015). Quality characterization of Andean blackberry fruits (*Rubus glaucus* Benth) in different maturity stages in Antioquia, Colombia. *Agronomía Colombiana*, **33**(1), 74-83.

Connor, A. M., Finn, C. E., & Alspach, P. A. (2005). Genotypic and environmental variation in antioxidant activity and total phenolic content among blackberry and hybridberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **130**(4), 527-533.

de Arruda Palharini, M. C., Fischer, I. H., Vegian, M. R. d. C., Fileti, M. d. S., & Montes, S. M. N. M. (2015). Efeito da temperatura de armazenamento na conservação pós-colheita de amora-preta. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, **45**(4), 413-419.

de Moura, S. C. S. R., da Rocha T. P. E., Germer, S. P. M., Nisida, A. L. A. C., Alves, A. B., & Kanaan, A. S. (2012). Degradation kinetics of anthocyanin of traditional and low-sugar blackberry jam. *Food Bioprocess Technology*, **5**, 2488-2496.

Fan-Chiang, H. J. (1999). *Anthocyanin pigments, nonvolatile acid and sugar composition of blackberries*. (MSc thesis), Oregon State, Corvallis, Oregon.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. Roma, Italia: FAO.

Farinango-Taipe, M. E. (2010). Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) y de la mora variedad Brazos (*Rubus sp.*) (Ingeniería Agroindustrial), Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Franco, G., & Giraldo, M. J. (1999). *El cultivo de la mora*. Colombia: Corpoica, Comité de Cafeteros del Risaralda.

García, M. (2001). La agroindustria de la mora. Alternativas viables para los fruticultores. *Tecnología para el Agro*, **1**(2), 15-17.

- Gil, M. I., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (1997). Changes in Strawberry Anthocyanins and Other Polyphenols in Response to Carbon Dioxide Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**(5), 1662-1667.
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2001). Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, John Wiley & Sons, 1-13.
- Guedes, M. N. S., de Abreu, C. M. P., Maro, L. A. C., Pio, R., de Abreu, J. R., & de Oliveira, J. O. (2013). Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, **35**(2), 191-196.
- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Heinonen, M., Mykkänen, H. M., & Törrönen, A. R. (1999). Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 2274-2279.
- Hassimotto, N. M. A., Mota, R. V. d., Cordenunsi, B. R., & Lajolo, F. M. (2008). Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **28**(3), 702-708.
- Horvitz, S. (2014). Apuntes de clase, módulo de postcosecha. Trabajo no publicado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato.
- ICMSF. (1982). Microorganismos de los alimentos. Su significado y métodos de enumeración. Volumen 1, Editorial Acribia, Zaragoza.
- INEC-MAG-SICA. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ministerio de Agricultura y Ganadería., Sistema Integral de Control Agroalimentario). (2013). III Censo Agropecuario. From <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>. Consultado el 17 de Julio de 2015.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1997). Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones-NTC 4106 (Icontec, Colombia).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). INEN 1529-5:2006. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.

Instituto Ecuatoriano de Normalización.(2010). INEN 2427:2010. Frutas frescas. Mora. Requisitos. Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013a).INEN-ISO 2173:2013. Productos Vegetales y de Frutas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico (IDT).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013b). INEN-ISO 1842:2013. Productos Vegetales y de Frutas. Determinación de pH (IDT).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013c). INEN-ISO 750:2013. Productos Vegetales y de Frutas.Determinación de acidez titulable(IDT).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013d). INEN 1529-10:2013. Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y Levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.

Jakobek, L., Šeruga, M., Medvidovic-Kosanovic, M., & Novak, I. (2007). Antioxidant activity and polyphenols of Aronia in comparison to other berry species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, **72**(4), 301-306.

Jakobek, L., Šeruga, M., Šeruga, B., Novak, I., & Medvidovic-Kosanovic, M. (2009). Phenolic compound composition and antioxidant activity of fruits of *Rubus* and *Prunus* species from Croatia. *International Journal of Food Science and Technology*, **44**(4), 860-868.

Jiao, H., & Wang, S. Y. (2000). Correlations of antioxidant capacities of oxigen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **48**, 5672-5676.

Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte, J., & Almenar, E. (2011). Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chemistry*, **126**(4), 1734-1740.

Kader, A. (2007). Atmósfera modificada en el transporte y el almacenamiento. In A. Kader (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (pp. 570). California, Estados Unidos: Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha, Universidad de California.

Kafkas, E., Koşar, M., Türemiş, N., & Başer, K. H. C. (2006). Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. *Food Chemistry*, **97**, 732-736.

Kim, M. J., Perkins-Veazie, P., Ma, G., & Fernandez, G. (2015). Shelf life and changes in phenolic compounds of organically grown blackberries during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, **110**, 257-263.

Lee, S. G., Vance, T. M., Nam, T. G., Kim, D. O., & Koo, S. I. (2015). Contribution of anthocyanin composition to total antioxidant capacity of berries. *Plant Foods for Human Nutrition*, **70**, 427-432.

Martínez, A., Beltrán, O., Velastegui, G., Ayala, G., Jácome, R., Yáñez, M., & Luciano, E. (2007). *Manual del cultivo de la mora de Castilla*. Ambato-Ecuador: Convenio INIAP-UTA: 9-16.

Mikulic-Petkovsek, M., Rescic, J., Schmitzer, V., Stampar, F., Slatnar, A., Koron, D., & Veberic, R. (2015). Changes in fruit quality parameters of four *Ribes* species during ripening. *Food Chemistry*, **173**, 363-374.

Oliveira, D. M., Kwiatkowski, A., Rosa, C. I. L. F., & Clemente, E. (2014). Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus spp.*) conservation. *Journal of Food Science and Technology*, **51**(9), 2120–2126.

Oliveira, D. M., Rosa, C. I. L. F., Kwiatkowski, A., & Clemente, E. (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. *Revista Ciência Agronômica*, **44**(2), 302-309.

Oliveira, M., Pereira, J., Verde, S. C., Lima, M. G., Pintoa, P., de Oliveira, P. B., & Botelho, M. L. (2013). Evaluation of potential of gamma radiation as a conservation treatment for blackberry fruits. *Journal of Berry Research*, **3**, 93-102.

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**(3), 299-308.

Perkins-Veazie, P., Clark, J. R., Huber, D. J., & Baldwin, E. A. (2000). Ripening Physiology in 'Navaho' Thornless Blackberries: Color, Respiration, Ethylene Production, Softening, and Compositional Changes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **125**(3), 357-363.

Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., & Clark, J. R. (1999). Shelf-life and quality of 'Navaho' and 'Shawnee' blackberry fruit stored under retail storage conditions. *Journal of Food Quality*, **22**, 535-544.

Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., Clark, J. R., & Risse, L. (1997). Air shipment of 'Navaho' blackberry fruit to Europe is feasible. *HortScience*, **32**(1), 132.

Reid, M. S. (2002). Maturation and maturity indices. In A. Kader (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops* (pp. 55-62). Oakland, California, Estados Unidos: University of California, Agricultural and Natural Resources.

Restrepo, J. I., Ramírez, J. D., & Aristizábal, I. D. (2013). Conservación de mora de Castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae*, **20**(3), 172-183.

Reyes-Carmona, J., Yousef, G. G., Martinez-Peniche, R. A., & Lila, M. A. (2005). Antioxidant capacity of fruits extracts of blackberries (*Rubus* sp.) produced in different climatic regions. *Journal of Food Science*, **70**(7), s497-s503.

Romoleroux, K. (1996). *Flora of Ecuador. Herbario*. Departamento de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. Pp: 5-6.

- Scherer, R., Rybka., A. C. P., Ballus., C. A., Meinhart., A. D., Filho., J. T., & Godoy., H. T. (2012). Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. *Food Chemistry*, **135**(1), 150-154.
- Seeram, N. P. (2008). Berry Fruits: Compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**(3), 627-629.
- 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**, 2432-2438.
- Siriwoharn, T., & Wrolstad, R. E. (2004). Characterisation of phenolics in 'Marion' and 'Evergreen' blackberries. *Journal of Food Science*, **69**, 233-240.
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Science*, **16**, 24673-24706.
- Sora, A. D., Fischer, G., & Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana*, **24**(2), 306-316.
- Vasco, C., Riñen, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009). Phenolic compounds in *Rosaceae* fruits from Ecuador. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**, 1204-1212.
- Villarroel, V. (2010). Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de Castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada a tres potencias por el método de microondas. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 125 páginas.
- Wang, S., Meckling, K., Marcone, M., Kakuda, Y., & Tsao, R. (2011). Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 960-968.

Wang, S. Y., & Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 140-146.

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Zaragoza, España: ACRIBIA.

ANEXOS

ANEXO A

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)

ANEXO A-1

POLIFENOLES TOTALES

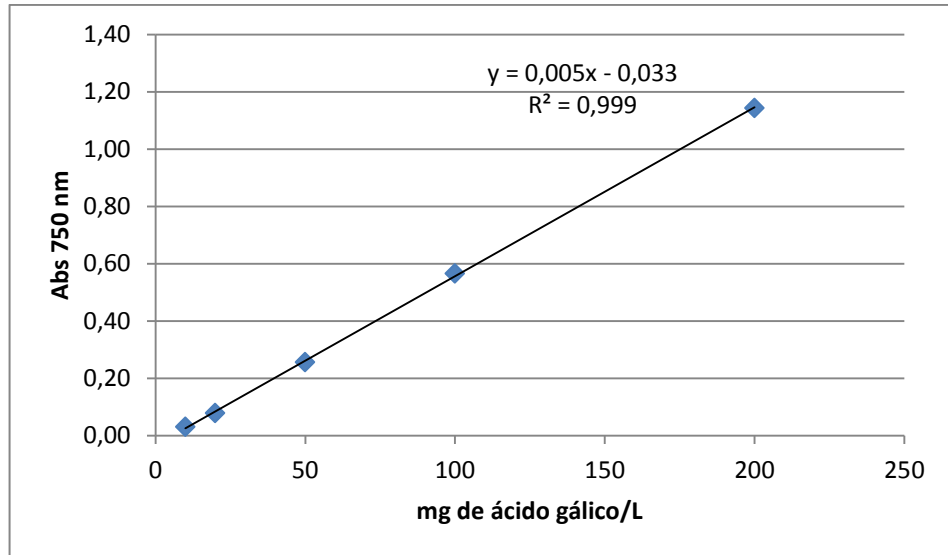
PROCEDIMIENTO

1. Preparación del carbonato sódico 10 % (p/v): se disolvieron 10 g en 100 ml agua (reacción exotérmica) y se dejó enfriar antes de enrasar.
2. Preparación del Reactivo de Folin-Ciocaltau (1:4): se diluyó en agua ultrapura en una proporción 1:4 (Folin:Agua).
3. La distribución de reactivos para los blancos fue la siguiente:
 - **Blanco:** 195 µl agua ultrapura
 - **Blanco de Reactivo (BR):** 20 µl agua + 100 µl Folin (1:4) + 75 µl carbonato sódico (10 %)
 - **Blanco de muestra (BM):** 20 µl muestra + 175 µl agua.
4. En una placa de 96 pocillos (400 µl) de fondo plano se añadieron:
 - 1) Agua destilada en las proporciones indicadas en el literal 3 (Blanco, BR y en su caso BM)
 - 2) 20 µl de muestra incluidos los BM
 - 3) 100 µl Folin (1:4) (muestras y BR). Agitación de 1 min + 4 min de incubación a 25 °C
 - 4) 75 µl de carbonato sódico al 10 % (p/v).
5. Se agitó 1 min (velocidad media).
6. Incubación: 2 h a la luz, con la placa tapada, hasta medición a 750 nm.
7. Medición de la absorbancia a 750 nm.

Recta patrón:

El ácido gálico (AG) se disolvió en agua, utilizando las siguientes diluciones: 10, 20, 50, 100, 200 mg AG/L.

El valor medio del Blanco de Reactivo se restó a los valores de muestra o patrón.



ANEXO A-2
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)

PROCEDIMIENTO

1. Preparación del reactivo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) 150 μ M en metanol al 80 %: se pesaron 0,0058 g DPPH que se disolvieron en 100 ml metanol al 80 %.
2. Se disolvió primero el reactivo DPPH en metanol y posteriormente se añadió el agua hasta enrasar y se agitó hasta disolución completa.
3. La distribución de reactivos para los blancos fue la siguiente:
 - **Blanco:** 20 μ l H₂O + 180 μ l metanol 80 %
 - **BR:** 20 μ l de agua + 180 μ l DPPH
 - **BM:** 20 μ l de muestra + 180 μ l metanol 80 %

El promedio del Blanco se restó a todos los valores obtenidos (Sustracción de Blanco). El promedio del blanco de muestra se restó a los valores de su correspondiente muestra. La media de los valores correspondientes al Blanco de Reactivo forma parte de la fórmula de cálculo del método.

4. En una placa de 96 pocillos (400 μ l) de fondo plano se añadieron:
 - 1) 20 μ l de agua ultrapura en los pocillos para el Blanco y el Blanco de Reactivo
 - 2) 20 μ l de muestra en los pocillos correspondientes
 - 3) 180 μ l de metanol al 80 % en los pocillos donde va el Blanco
 - 4) 180 μ l de DPPH 150 μ M en los pocillos de Blanco de Reactivo y Muestras.
5. Una vez añadidos los dos compuestos se realizó una agitación MEDIA de 5 s.
6. Incubación: 40 minutos en oscuridad y con tapa hasta la medición.
7. Medición de la absorbancia a 515 nm a temperatura ambiente (25 °C).

Recta Patrón:

Las concentraciones fueron: 500 μM Trolox (0,0125 g) disueltos en 100 ml agua:etanol (50:50,v/v) (Solución Madre). Se disolvió primero en etanol y luego se enrasó con agua. Esta reacción es exotérmica, por lo cual se esperó a que se atemperase para enrasar.

Las diluciones fueron: 50, 100, 200, 400 y 500 μM en un volumen final de 10 ml (agua:etanol, 50:50,v/v).

Cálculo del porcentaje de inhibición de DPPH

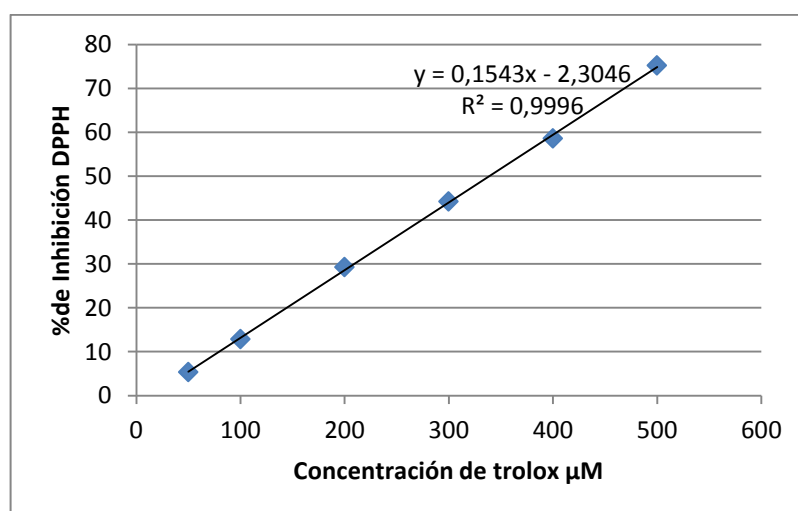
El Blanco se restó a todos los valores de la placa antes de empezar a hacer cálculos. El promedio de cada Blanco de Muestra se restó a sus correspondientes valores de muestra.

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = (1 - (\text{Abs}_{\text{muestra}}/\text{Abs}_{\text{BR}})) * 100$$

Siendo:

$\text{Abs}_{\text{muestra}}$ = abs a 515 nm tras 40 min en oscuridad, de la muestra

Abs_{BR} = abs a 515 nm tras 40 min en oscuridad, del Blanco de Reactivo.



ANEXO B
MÉTODO EMPLEADO PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

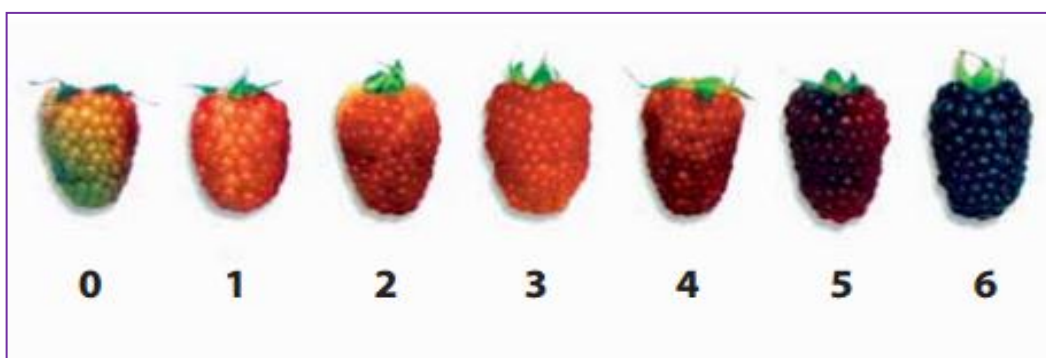
ANEXO B-1 HOJA DE CATACIÓN

Escala para el análisis sensorial de moras

Calidad Visual: entre paréntesis se indica el % de la superficie del fruto afectada.

1. Muy malo (> 51%)
2. Malo (41-50%)
3. Regular (21-40%)
4. Aceptable (11-20%)
5. Bueno (6-10%)
6. Muy bueno (hasta 5%)
7. Excelente

Color: clasificar las moras de acuerdo a la carta de color entregada.



Aroma característico: en caso de notar algún aroma anómalo, por favor describirlo.

1. Nada
2. Muy ligero
3. Ligero
4. Moderado
5. Intenso
6. Bastante intenso
7. Muy intenso

Firmeza: grado de deformación a la presión ejercida con los dedos índice y pulgar.

1. Muy blando
2. Bastante blando
3. Blando
4. Moderadamente firme
5. Firme
6. Bastante firme
7. Muy firme

Impresión global

1. Muy malo
2. Malo
3. Regular
4. Aceptable
5. Bueno
6. Muy bueno
7. Excelente

ANEXO B-2

ANÁLISIS SENSORIAL: HOJA DE RESPUESTAS

Nombre:

Fecha:

Nº Muestra	Calidad visual	Color	Aroma	Firmeza	Impresión global

Observaciones:.....
.....
.....
.....

¡¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!

ANEXO C
TABLAS RESUMEN ANÁLISIS SENSORIAL

Tabla 13. Efecto del estado de madurez en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla nativa almacenada a 8 y 18 °C durante 10 días

		Calidad visual		Color		Aroma	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	5,40 ± 0,89A	6,47 ± 0,51B	3,00 ± 0,00A	5,00 ± 0,00B	2,20 ± 0,85A	4,60 ± 0,40B
	4	5,27 ± 0,64A	5,75 ± 0,89B	3,77 ± 0,57A	5,00 ± 0,00B	2,43 ± 0,51A	4,37 ± 0,49B
	7	5,30 ± 0,47A	5,58 ± 0,57B	3,77 ± 0,43A	5,00 ± 0,00B	3,10 ± 0,76A	4,53 ± 0,49B
	10	5,07 ± 0,52A	5,20 ± 0,85A	3,97 ± 0,57A	5,00 ± 0,00B	3,60 ± 0,68A	4,63 ± 0,49B
18*	1	5,40 ± 0,89A	6,47 ± 0,51B	3,00 ± 0,00A	5,00 ± 0,00B	2,20 ± 0,85A	4,60 ± 0,40B
	4	4,90 ± 0,55A	5,00 ± 0,53A	3,97 ± 0,56A	5,33 ± 0,48B	2,27 ± 0,45A	3,77 ± 0,68B
		Firmeza		Impresión global			
T (°C)	EM Día	3	5	3	5		
8	1	5,93 ± 0,74A	6,32 ± 0,48B	4,53 ± 0,78A	6,45 ± 0,56B		
	4	5,37 ± 0,56A	5,18 ± 0,59B	5,13 ± 0,57A	5,67 ± 0,62B		
	7	5,00 ± 0,83A	4,73 ± 0,79B	5,13 ± 0,68A	5,73 ± 0,37B		
	10	4,37 ± 0,49A	3,87 ± 0,63B	4,90 ± 0,55A	4,97 ± 0,77B		
18*	1	5,93 ± 0,74A	6,32 ± 0,48B	4,53 ± 0,78A	6,45 ± 0,56B		
	4	5,33 ± 0,66A	3,97 ± 0,49B	4,63 ± 0,56A	4,90 ± 0,40B		

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones de cada parámetro

Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre las frutas cosechadas en los distintos grados de madurez

* la mora almacenada a 18 °C no superó los 4 días de almacenamiento (presencia de crecimiento fúngico)

Tabla 14. Efecto del estado de madurez en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla colombiana almacenada a 8 y 18 °C durante 10 días

		Calidad visual		Color		Aroma	
T (°C)	EM Día	3	5	3	5	3	5
8	1	5,40 ± 0,56A	6,23 ± 0,63B	3,13 ± 0,43A	5,00 ± 0,00B	2,10 ± 0,61A	4,00 ± 0,98B
	4	5,20 ± 0,71A	5,70 ± 0,65B	3,83 ± 0,38A	5,00 ± 0,00B	2,43 ± 0,50A	3,93 ± 0,69B
	7	5,13 ± 0,78A	5,57 ± 0,50B	4,10 ± 0,61A	5,00 ± 0,00B	2,83 ± 0,87A	4,07 ± 0,69B
	10	4,90 ± 0,71A	5,30 ± 0,60B	4,43 ± 0,50A	5,23 ± 0,43B	3,17 ± 0,75A	4,07 ± 0,74B
18*	1	5,40 ± 0,56A	6,23 ± 0,63B	3,13 ± 0,43A	5,00 ± 0,00B	2,10 ± 0,61A	4,00 ± 0,98B
	4	5,13 ± 0,63A	5,13 ± 0,97A	4,00 ± 0,74A	5,03 ± 0,41B	2,40 ± 0,50A	4,07 ± 0,58B
		Firmeza		Impresión global			
T (°C)	EM Día	3	5	3	5		
8	1	6,00 ± 0,53A	4,90 ± 0,76B	4,47 ± 0,51A	5,83 ± 0,65B		
	4	6,00 ± 0,26A	4,70 ± 0,47B	4,87 ± 0,68A	5,63 ± 0,62B		
	7	4,80 ± 1,06A	4,60 ± 0,72A	4,97 ± 0,62A	5,67 ± 0,66B		
	10	4,70 ± 0,65A	3,67 ± 0,48B	4,93 ± 0,52A	5,70 ± 0,65B		
18*	1	6,00 ± 0,53A	4,90 ± 0,76B	4,47 ± 0,51A	5,83 ± 0,65B		
	4	5,27 ± 0,64A	3,63 ± 1,00B	4,47 ± 0,51A	5,30 ± 0,60B		

Los resultados se expresan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones de cada parámetro

Letras diferentes indican, para cada fecha de evaluación, diferencias significativas entre las frutas cosechadas en los distintos grados de madurez.

* la mora almacenada a 18 °C no superó los 4 días de almacenamiento (presencia de crecimiento fúngico)

Tabla 15. Efecto del tiempo y la temperatura en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla nativa cosechada en los estados de madurez 3 y 5

Estado de madurez	T (°C)	Día	Calidad Visual	Color	Aroma característico	Firmeza	Impresión global
3	8	1	5,40 ± 0,89Aa	3,00 ± 0,00Aa	2,20 ± 0,85Aa	5,93 ± 0,74Aa	4,53 ± 0,78Aa
		4	5,27 ± 0,64Aa	3,77 ± 0,57Ab	2,43 ± 0,51Aa	5,37 ± 0,56Ab	5,13 ± 0,57Ab
		7	5,30 ± 0,47 a	3,77 ± 0,43 b	3,10 ± 0,76 b	5,00 ± 0,83 b	5,13 ± 0,68 b
		10	5,07 ± 0,52 a	3,97 ± 0,57 b	3,60 ± 0,68 c	4,37 ± 0,49 c	4,90 ± 0,55 ab
	18	1	5,40 ± 0,89Aa	3,00 ± 0,00Aa	2,20 ± 0,85Aa	5,93 ± 0,74Aa	4,53 ± 0,78Aa
		4	4,90 ± 0,55Bb	3,97 ± 0,56Ab	2,27 ± 0,45Aa	5,33 ± 0,66Ab	4,63 ± 0,56Ba
5	8	1	6,47 ± 0,51Aa	5,00 ± 0,00Aa	4,60 ± 0,40Aa	6,32 ± 0,48Aa	6,45 ± 0,56Aa
		4	5,75 ± 0,89Ab	5,00 ± 0,00Aa	4,37 ± 0,49Aa	5,18 ± 0,59Ab	5,67 ± 0,62Ab
		7	5,58 ± 0,57 bc	5,00 ± 0,00 a	4,53 ± 0,49 a	4,73 ± 0,79 c	5,73 ± 0,37 b
		10	5,20 ± 0,85 c	5,00 ± 0,00 a	4,63 ± 0,49 a	3,87 ± 0,63 d	4,97 ± 0,77 c
	18	1	6,47 ± 0,51Aa	5,00 ± 0,00Aa	4,60 ± 0,40Aa	6,32 ± 0,48Aa	6,45 ± 0,56Aa
		4	5,00 ± 0,53Bb	5,33 ± 0,48Bb	3,77 ± 0,68Bb	3,97 ± 0,49Bb	4,90 ± 0,40Bb

Los resultados se expresan como la media ± desviación estándar de tres mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación

Tabla 16. Efecto del tiempo y la temperatura en la evolución de los parámetros de calidad sensorial de mora de Castilla colombiana cosechada en los estados de madurez 3 y 5

Estado de madurez	T (°C)	Día	Calidad Visual	Color	Aroma característico	Firmeza	Impresión global
3	8	1	5,40 ± 0,56Aa	3,13 ± 0,43Aa	2,10 ± 0,61Aa	6,00 ± 0,53Aa	4,47 ± 0,51Aa
		4	5,20 ± 0,71Aab	3,83 ± 0,38Ab	2,43 ± 0,50Aab	6,00 ± 0,26Aa	4,87 ± 0,68Ab
		7	5,13 ± 0,78 ab	4,10 ± 0,61 b	2,83 ± 0,87 bc	4,80 ± 1,06 b	4,97 ± 0,62 b
		10	4,90 ± 0,71 b	4,43 ± 0,50 c	3,17 ± 0,75 c	4,70 ± 0,65 b	4,93 ± 0,52 b
	18	1	5,40 ± 0,56Aa	3,13 ± 0,43Aa	2,10 ± 0,61Aa	6,00 ± 0,53Aa	4,47 ± 0,51Aa
		4	5,13 ± 0,63Aa	4,00 ± 0,74Ab	2,40 ± 0,50Ab	5,27 ± 0,64Ba	4,47 ± 0,51Ba
5	8	1	6,23 ± 0,63Aa	5,00 ± 0,00Aa	4,00 ± 0,98Aa	4,90 ± 0,76Aa	5,83 ± 0,65Aa
		4	5,70 ± 0,65Ab	5,00 ± 0,00Aa	3,93 ± 0,69Aa	4,70 ± 0,47Aa	5,63 ± 0,62Aa
		7	5,57 ± 0,50 b	5,00 ± 0,00 a	4,07 ± 0,69 a	4,60 ± 0,72 a	5,67 ± 0,66 a
		10	5,30 ± 0,60 b	5,23 ± 0,43 b	4,07 ± 0,74 a	3,67 ± 0,48 b	5,70 ± 0,65 a
	18	1	6,23 ± 0,63Aa	5,00 ± 0,00Aa	4,00 ± 0,98Aa	4,90 ± 0,76Aa	5,83 ± 0,65Aa
		4	5,13 ± 0,97Bb	5,03 ± 0,41Aa	4,07 ± 0,58Aa	3,63 ± 1,00Bb	5,30 ± 0,60Bb

Los resultados se expresan como la media ± desviación estándar de tres mediciones.

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y fecha de evaluación, diferencias significativas entre las muestras conservadas a 8 y 18 °C.

Letras minúsculas diferentes indican, para cada grado de madurez y temperatura de conservación, diferencias significativas entre los días de evaluación.

ANEXO D
FOTOGRAFÍAS DE LA FASE EXPERIMENTAL

ANEXO D-1. FOTOGRAFÍAS DE LA COSECHA DE LA FRUTA



Figura 13. Recolección de la fruta



Figura 14. Fruta recolectada



Figura 15. Selección de la fruta



Figura 16. Pesado de la fruta



Figura 17. Envasado y almacenamiento de la fruta

ANEXO D-2. CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS



Figura 18. Pesaje individual de la fruta



Figura 19. Medición del calibre de la fruta con un pie de rey



Figura 20. Medición de sólidos solubles totales (°Brix) mediante refractometría



Figura 21. Determinación de firmeza mediante un texturómetro



Figura 22. Determinación de color mediante un colorímetro



Figura 23. Determinación de pH mediante potenciometría



Figura 24. Determinación de humedad mediante la balanza de infrarrojo

ANEXO D-4. LIOFILIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LAS MORAS



Figura 25.Liofilizador



Figura 26. Muestras para liofilizar



Figura 27.Muestras liofilizadas



Figura 29.Centrífuga

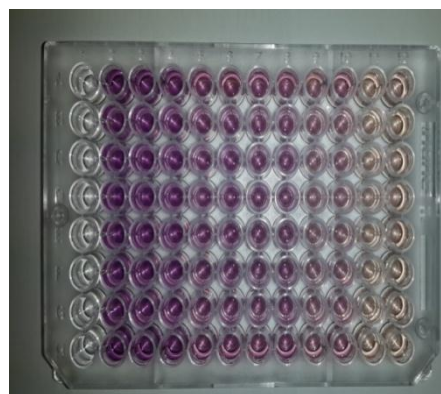


Figura 30. Muestras en la placa multipocillo para la determinación de la actividad antioxidante (DPPH).

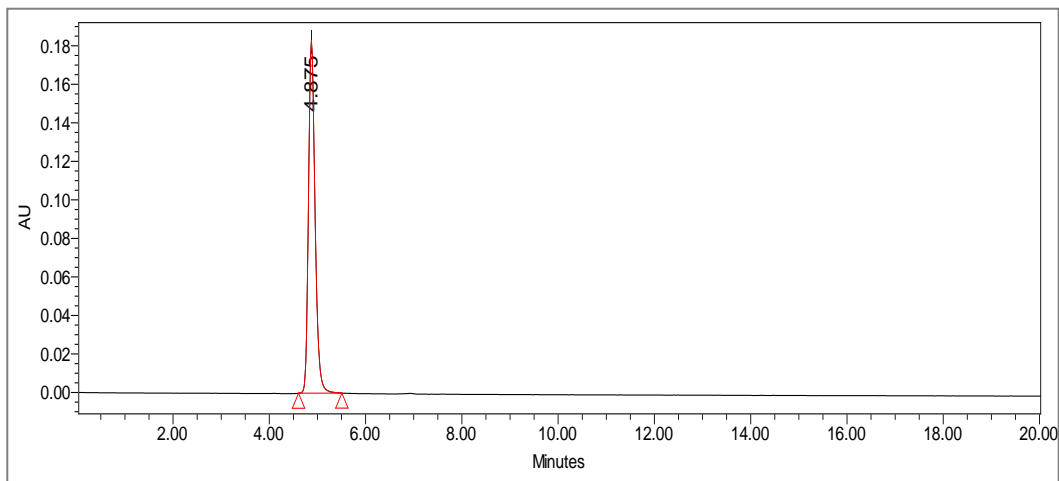


Figura 31. Cromatograma a 250 nm de una disolución patrón de ácido ascórbico

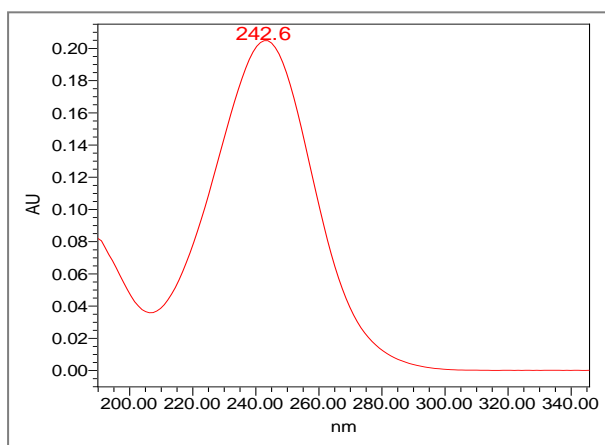


Figura 32. Espectro de absorción del ácido ascórbico

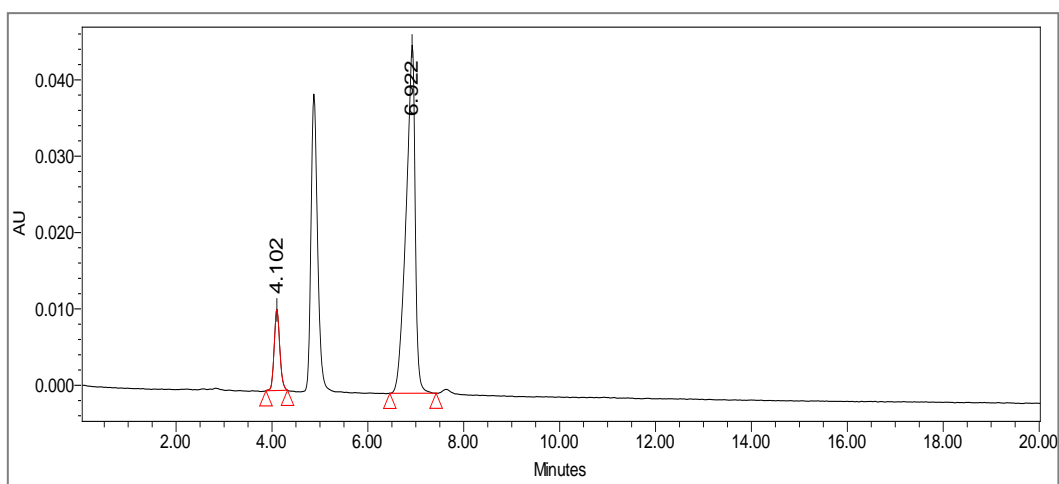


Figura 33. Cromatograma a 210 nm de una disolución patrón de ácidos málico y cítrico

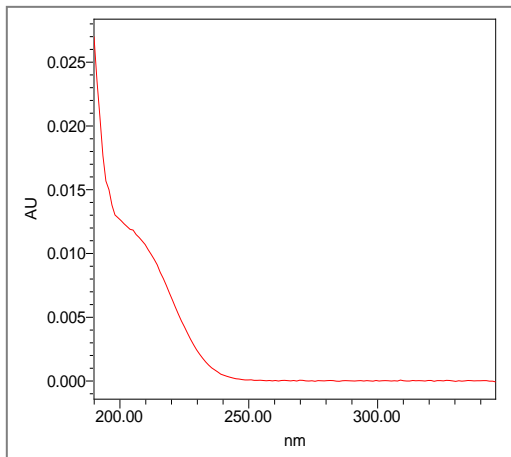


Figura 34. Espectro de absorción de ácido L-málico

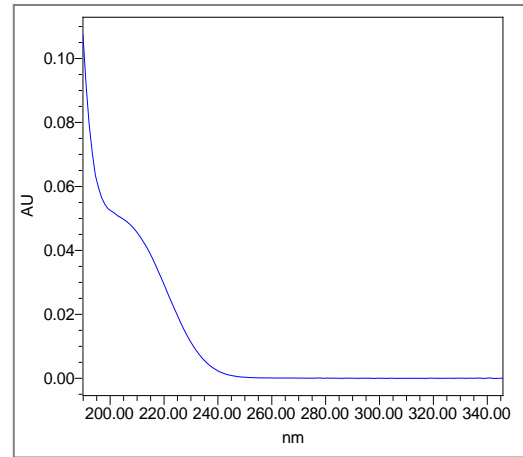


Figura 35. Espectro de absorción de ácido cítrico

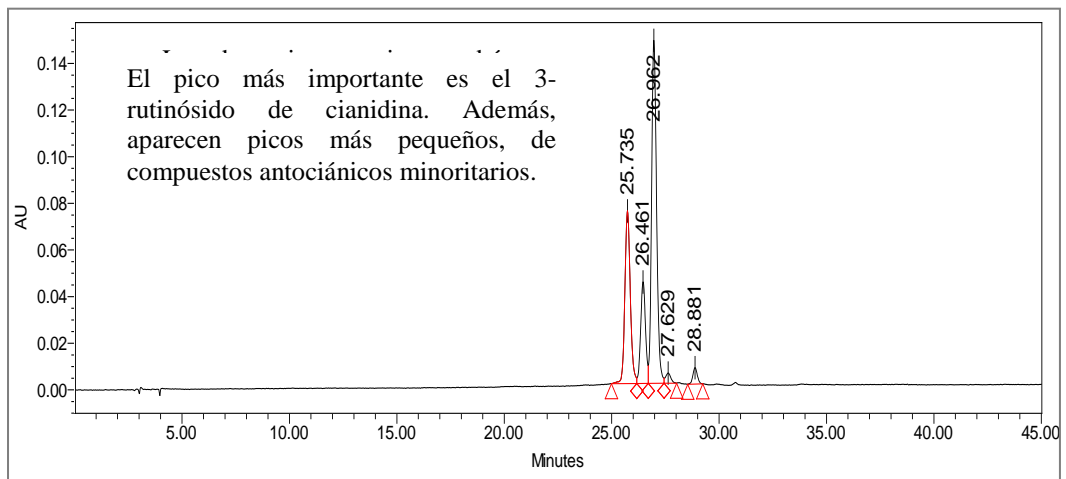


Figura 36. Cromatograma a 520 nm de un extracto antocianíico de mora

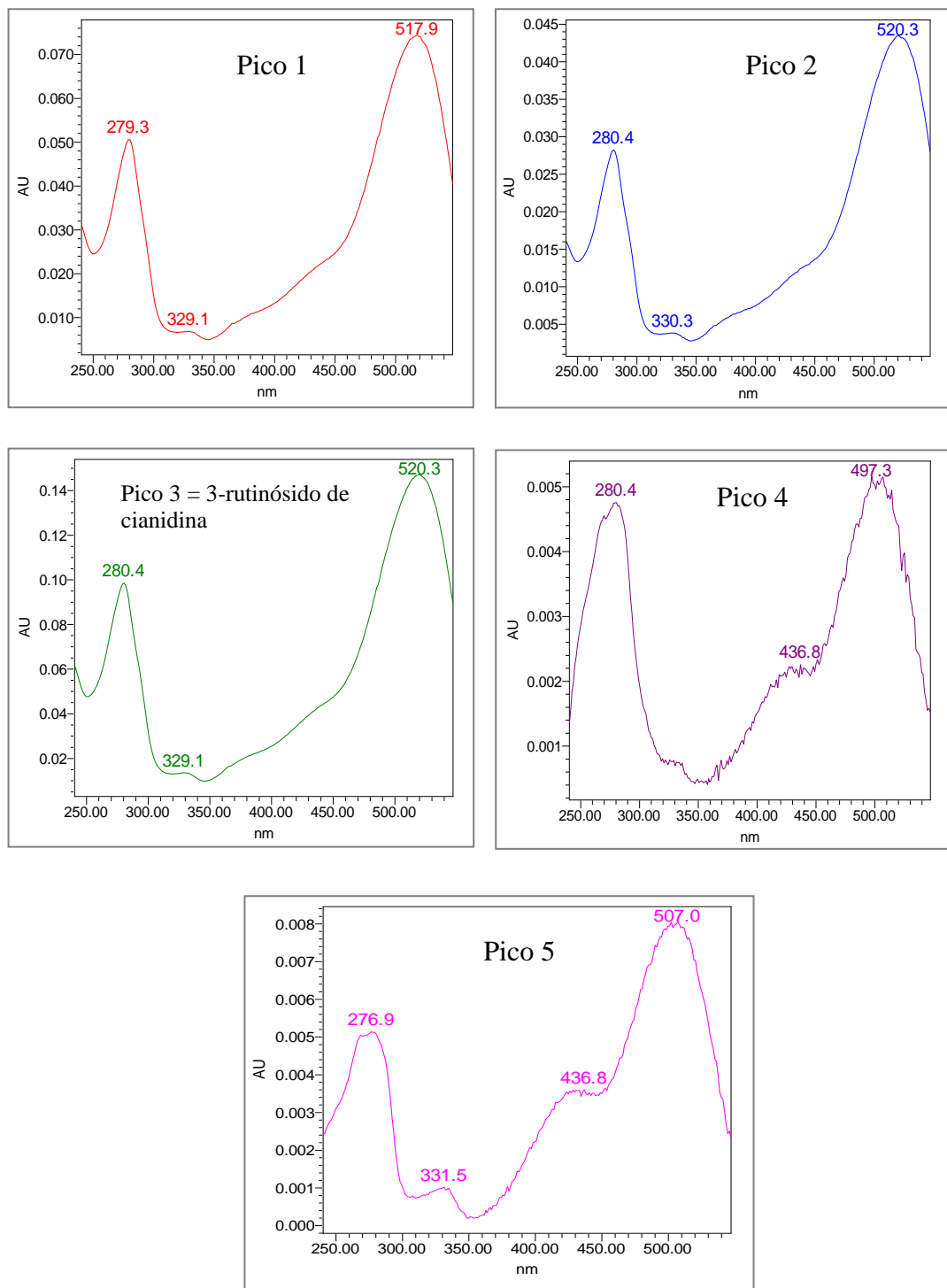


Figura 37. Espectros de absorción de los cinco picos de compuestos antocianínicos presentes en el extracto de mora de castilla.

ANEXO D-4. FOTOGRAFÍAS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



Figura 38. Siembras microbiológicas



Figura 39. Colonias de microorganismos aerobios mesófilos

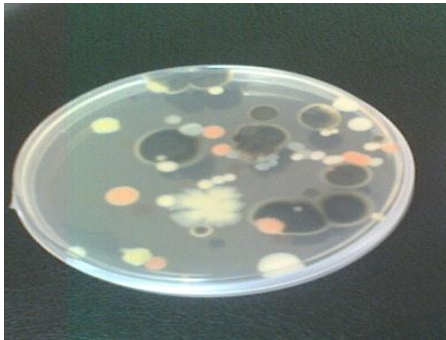


Figura 40. Colonias de mohos y levaduras

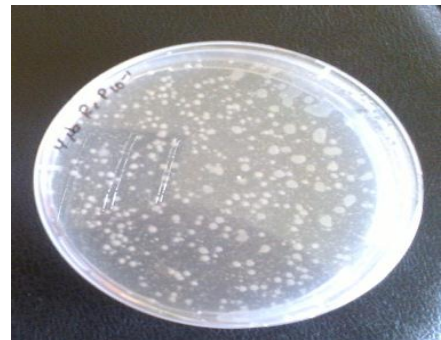


Figura 41. Colonias de psicrótrofos

ANEXO D-5. ANÁLISIS SENSORIAL- CATAACIONES



Figura 42. Cabinas para el análisis sensorial

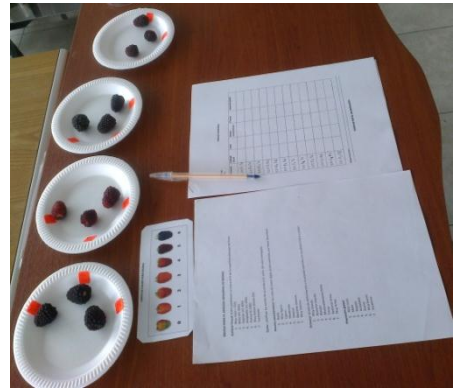


Figura 43. Muestras para el análisis sensorial



Figura 44. Catadores