

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA
DE LOS FRUTOS DE ZARZAMORA (*Rubus robustus* C. Presl)**

PRESENTADA POR:

BACHILLER MADELEINE ZULOETA SÁNCHEZ

ASESOR:

Dr. BERARDO ESCALANTE ZUMAETA

Cajamarca - Perú

2017

COPYRIGHT © 2017 by
Madeleine Zuloeta Sánchez
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas, enseñándome a afrontar las adversidades sin perder nunca la esperanza de mejorar la situación.

A mis padres y hermanos por su apoyo, consejos, comprensión y amor incondicional.

A mis profesores quienes compartieron sus conocimientos en mi vida académica.

A mis amigos por ser parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia.

Gracias a Dios por haberme dado mis padres, porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que me aman y a las que yo sé que más amo en la vida, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres por su infinito amor.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias al Dr. Berardo Escalante Zumaeta por apoyo en la realización de la tesis.

Gracias a mis amigos y amigas que me ayudaron en la realización de este objetivo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis de investigación.....	3
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes teóricos a la investigación	4
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Producción mundial	8
2.2.2. Descripción botánica	8
2.2.3. Especies silvestres en el Perú.....	9
2.2.4. Etapas fenológicas.....	9

2.2.5.	Composición química del fruto de zarzamora	10
2.3.	Madurez y cosecha	11
2.3.1.	Maduración.....	11
2.3.2.	La cosecha.....	15
2.4.	Fisiología y bioquímica postcosecha	16
2.4.1.	Respiración	16
2.4.2.	Intensidad respiratoria (I.R.).....	18
2.4.3.	Transpiración	19
2.4.4.	Almacenamiento.....	19
2.4.5.	Temperatura de almacenamiento.....	20
2.5.	Criterios de calidad del fruto de zarzamora	20
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		23
3.1.	Ubicación del experimento	23
3.1.1.	Fase campo	23
3.1.2.	Fase experimental.....	23
3.2.	Material experimental.....	23
3.3.	Factores, niveles y tratamientos en estudio	24
3.4.	Diseño experimental.....	26
3.5.	Análisis estadístico	26
3.6.	Conducción del experimento.....	27
3.6.1.	Cosecha de los frutos de zarzamora (<i>Rubus robustus</i> C. Presl) ...	27
3.6.2.	Almacenamiento de los frutos de <i>Rubus robustus</i> C. Presl.....	28
3.7.	Evaluaciones registradas	29
3.7.1.	Características físicas	29
3.7.2.	Características químicas.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32

4.1. Variación de las características físicas	32
4.1.1. Rendimiento	33
4.2. Variación de características químicas	35
4.2.1. Variación de sólidos solubles totales	35
4.3. Variación del pH	37
4.4. Variación de la acidez titulable (m Eq/100ml).....	38
4.5. Índice de madurez.....	40
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez en los frutos de <i>Rubus glaucus</i> , bajo dos condiciones de almacenamiento	5
Tabla 2. Variación del contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable, según la tabla de colores de la mora de Castilla.....	6
Tabla 3. Estadios de maduración determinados por el color de las drupas y tamaño del fruto. El porcentaje de color hace referencia al porcentaje mayoritario de drupas con un mismo color, el porcentaje de crecimiento es respecto al tamaño final del fruto de zarzamora ‘Brazos’ (<i>Rubus sp.</i>).....	7
Tabla 4. Etapas de desarrollo del fruto de zarzamora (<i>Rubus glaucus</i>)	9
Tabla 5. Valor nutricional del fruto de zarzamora por cada 100g de producto fresco	22
Tabla 6. Tratamientos en estudio	25
Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación del peso en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez.....	32
Tabla 8. Coeficiente de correlación de Pearson para el rendimiento en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.	33
Tabla 9. Coeficiente de correlación de Pearson para variación de sólidos solubles en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.	35
Tabla 10. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación de pH, en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.	37

Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación de la acidez titulable (ácido málico), en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.....	38
Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación del índice de madurez, en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.....	40
Tabla 13. Resultados obtenidos de la variación de peso en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.....	48
Tabla 14. Resultados obtenidos del rendimiento en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.....	49
Tabla 15. Resultados obtenidos de la variación de los °Brix de los frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.....	50
Tabla 16. Resultados obtenidos de la variación de pH en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.....	51
Tabla 17. Resultados obtenidos de porcentaje de ácido málico en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.....	52
Tabla 18. Resultados obtenidos de variación del índice de madurez en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de color según el grado de madurez de la mora de Castilla: Grado 0= color verde, 1= menos verdes que rojas, 2= más rojas que verdes, 3= rojas, 4= más rojas que moradas, 5= más moradas que rojas, 6= moradas (negras).....	6
Figura 2. Racimo de zarzamora con frutos en diferente grado de madurez: Drupas con todas sus drupelas completamente moradas (G ₀), drupas con drupelas rojas y algunas moradas (G ₁), drupas con drupelas rojas y algunas verdes (G ₂).	27
Figura 3. Semillas aisladas de frutos de zarzamora en tres grados de madurez: Drupas con todas sus drupelas completamente moradas (G ₂), drupas con drupelas rojas y algunas moradas (G ₁), drupas con drupelas rojas y algunas verdes (G ₀).....	28
Figura 4. Lectura del refractómetro de lectura directa para determinar los grados °Brix	30
Figura 5. Diagrama de dispersión de la variación del peso en función de los días de almacenamiento	32
Figura 6. Diagrama de dispersión del rendimiento en función al grado de madurez.....	34
Figura 7. Diagrama de dispersión de la variación de los sólidos solubles en función de los días de almacenamiento.....	36
Figura 8. Diagrama de dispersión de la variación del pH en función de los días de almacenamiento	37
Figura 9. Diagrama de dispersión de la variación de la Acidez titulable en función al grado de madurez	39
Figura 10. Diagrama de dispersión de la variación del índice de madurez en función al grado de madurez	40

RESUMEN

El consumo de frutas y hortalizas en el mundo hacen particular énfasis en la calidad de los alimentos, donde las propiedades nutricionales y nutracéuticas son esenciales en aquellos alimentos funcionales. Uno de estos alimentos es la zarzamora. El objetivo de esta investigación fue determinar la variación de las características físicas y químicas del fruto de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*) en función a la temperatura de almacenamiento. La variación de peso en los frutos de zarzamora se debe a los días de almacenamiento con una relación inversa de 2.14%. La variación del rendimiento de los frutos de zarzamora está influenciada por el grado de madurez. El rendimiento es 84.25%, con una relación directa 2.20%. Los sólidos solubles de los frutos de zarzamora es 5.58 °Brix, al incrementar en una unidad el grado de madurez, los °Brix se incrementan en 0.6 °Brix. El pH de los frutos de zarzamora es de 2.59, al aumentar en dos unidades los días de almacenamiento la acidez disminuye en 0.74. La acidez titulable (Ácido málico) es de 3.04 %, al incrementar en una unidad el grado de madurez la acidez titulable se incrementará en 0.74 %. El índice de madurez es 1.85; al aumentar en una unidad el grado de madurez el índice de madurez se incrementa en 0.22.

ABSTRACT

There is a particular interest in food quality for human consumption around the world, and it is that nutritional and nutraceutical properties are essential in those functional foods, one of those fruits is blackberry. The objective of this research was to determine the variation of the physical and chemical characteristics of the blackberry fruit (*Rubus robustus C. Presl*) depending on its storage temperature. Weight variation in blackberry fruits is due to the amount of days of storage, with an inverse ratio of 2.14%. Yield variation of blackberry fruit is influenced by maturity degree. The yield is 84.25%, with a direct ratio of 2.20%. The soluble solids of the fruits of blackberry is 5.58 °Brix, by increasing in one unit the maturity degree, the Brix were increased in 0.6 °Brix. The pH of blackberry fruits is 2.59, increasing two days of storage results in a decrease of 0.74 in acidity. The titratable acidity (malic acid) is 3.04%, increasing maturity degree by one unit, results in a 0.74% increase of titratable acidity. The maturity index is 1.85, increasing maturity rate by one, results in a maturity index decrease of 0.22.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias en el consumo de frutas y hortalizas en el mundo hacen particular énfasis en la calidad y el sabor, sin que ello implique descuidar los aspectos relacionados con su madurez y facilidad para su consumo y preparación. Una nueva exigencia del consumidor es la sensibilización con el medio ambiente y el no uso de agroquímicos, en razón a lo cual se está ampliando la demanda de productos naturales y orgánicos, así como de los alimentos funcionales, donde las propiedades nutricionales y nutraceuticas son de marcada importancia (CORPOICA 2 008).

La identificación de las características nutraceuticas de la fruta de zarzamora (*Rubus spp.*) en todas las etapas fisiológicas, aporta una valiosa información nutricional para la salud de los consumidores (García 2 012), así por ejemplo, el alto contenido de antocianinas de los frutos maduros, nos permite recomendar su uso como antioxidante (Martínez 2 011), propiedad que contribuye a ampliar su demanda en el mercado nacional e internacional y obliga a los centros de investigación a iniciar un intenso proceso de selección y mejoramiento genético de la especie. En América latina destaca la producción de cultivares mejorados y silvestres de zarzamora con fines de exportación, actividad que está ayudando a mejorar los ingresos de pequeños agricultores mexicanos y guatemaltecos (OIRSA 2 003).

En el Perú, a pesar que la especie no forma parte de las habituales cédulas de cultivo, el fruto tiene futuro como producto de exportación en forma congelada y fresca; sin embargo, aún es necesario superar los problemas de transporte, ya que por su alta perecibilidad requiere de cuidados especiales en el proceso postcosecha (Reina 1 998). La alta perecibilidad y, por lo tanto, escasa vida de

postcosecha es acelerada por la presencia de patógenos, por lo que se requiere evaluar nuevas alternativas técnicas para incrementar su vida de anaquel, con mínimas alteraciones organolépticas y nutricionales (Piña et al. 2 001). Una de estas alternativas la constituye la refrigeración de la fruta con el propósito de disminuir el desarrollo de microorganismos y la temperatura celular, y con ello, la intensidad de los procesos fisiológicos como la respiración, transpiración y producción de etileno (Casp y Abril 2 003), lo que sin duda contribuirá a prolongar la vida postcosecha y mantener la calidad de la fruta de zarzamora.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los frutales nativos que hoy en día se utilizan se conservan en forma silvestre, en las zonas agroecológicas propias de cada especie. En el Perú, la zarzamora (*Rubus robustus* C. Presl) se halla en los cercos de protección, linderos o límites de parcelas, de manera silvestre y sin cuidado agronómico alguno. A partir de 1 980, con la nueva propuesta hacia una agricultura ecológica de desarrollo sostenible, unos países más que otros, empiezan a valorar los frutales nativos como sistemas agroforestales para así disponer de un recurso alimenticio de consumo directo y proveedor de vitaminas y micronutrientes a la población (Tapia y Fries 2 007), tal es así que la zarzamora (*Rubus robustus* C. Presl), resulta calificada como una de las especies nativas de hábito silvestre, adaptada a las condiciones edáficas y climáticas de Cajamarca-Perú, con enorme potencial para su consumo en fresco y procesado es; sin embargo, hasta la actualidad no es cultivada por los agricultores de la región Cajamarca, probablemente porque estos adolecen de evidencias científicas que respalden las ventajas seleccionar los mejores genotipos, propagarlos y cultivarlos con miras a satisfacer, al menos en parte, la creciente demanda de frutos ricos en principios nutritivos y moléculas antioxidantes que benefician a la salud humana.

En tal sentido, se inició la presente investigación como medio para conocer el efecto de la temperatura en la calidad físico química del fruto de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*), con la finalidad de promover el cultivo de la especie y la comercialización de sus frutos, lo que colateralmente contribuirá a mejorar los ingresos económicos y las condiciones de vida de los agricultores.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de la temperatura en la calidad físico química de los frutos de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*)?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura en la calidad físico química de los frutos de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*).

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Describir el efecto de la temperatura de almacenamiento en las características físicas del fruto de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*).
- b) Analizar el efecto de la temperatura de almacenamiento en las características químicas del fruto de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*).

1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La temperatura de almacenamiento afecta la calidad físico química de los frutos de zarzamora (*Rubus robustus C. Presl*).

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS A LA INVESTIGACIÓN

El nombre científico de la zarzamora es *Rubus fruticosus*, una especie vegetal integrante de la familia Rosáceae. Comercialmente, la zarzamora, frambuesa (*Rubus idaeus*), conjuntamente con el arándano (*Vaccinium myrtillus*), grosella (*Ribes rubrum*), zarzaparrilla (*Smilax aspera*) y la fresa (*Fragaria* sp.), pertenecen al grupo de los llamados berries, producidos en Norteamérica, Sudamérica y Europa. El mercado de la zarzamora, es principalmente para uso en fresco. Su uso industrial se orienta a la elaboración de mermeladas, vinos y concentrados. Por su alta demanda, en los países desarrollados, se considera un producto rentable. Además, la comercialización, es una oportunidad de negocios por la versatilidad de los frutos para su consumo y las posibilidades de exportación (Ibarra et al. 2 013).

La mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.), es considerada una fruta altamente perecedera, lo cual conlleva a una vida corta en almacenamiento Alzate et al. (2 010). Las condiciones para el óptimo desarrollo del cultivo son: Temperatura de 16 a 25 °C, altitud de 1 200 a 2 000 m.s.n.m., humedad relativa de 80 a 90 % y una precipitación pluvial de 1 500 a 2 500 mm/año. Los suelos donde mejor se desarrolla, son los franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica, ricos en fósforo y potasio, con pH 5,2 y 6,7 siendo el 5,7, el óptimo. Requiere un riego de 3 cm³ por semana por el método de goteo, así como un adecuado control de maleza, poda y tutorado (PRONOSTA 2 005).

Los frutos de *Rubus glaucus* almacenados a una temperatura de 28 °C, con 65 % de humedad por 66 horas pierden 15 % de peso, a diferencia de los que se almacenaron a 8 °C, con 80 % de humedad, que perdieron 9.4 % de peso. En cuatro días de almacenamiento, los frutos pierden 2.4 % de peso diario. A partir del cuarto día pierden 1.1 %; y finalmente, en el octavo día perdieron 14.1% su peso inicial. Los frutos tienen un rendimiento de 95.64 % de pulpa y 4.36 % de semilla (Reina 1 998).

Tabla 1. Variación de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez en los frutos de *Rubus glaucus*, bajo dos condiciones de almacenamiento

Día	Variación de peso		Grados Brix		pH		Acidez titulable		Índice de madurez	
	T 8 °C	T 28 °C	T 8 °C	T 28 °C	T 8 °C	T 28 °C	T 8 °C	T 28 °C	T 8 °C	T 28 °C
1	0.0 %		7.20	7.20	2.98	3.93	3.20	3.20	2.95	2.25
2	2.8 %		7.40	7.50	3	3.02	3	2.88	2.46	2.60
3	5.5 %		7.40	7.80	3.04	3.06	2.96	2.38	2.50	3.28
4	8.1 %		7.60	8	3.08	3.18	2.78	2.59	2.73	3.65
5	9.7 %		7.80		3.10		2.63		2.97	
6	11.2 %		8		3.08		2.51		3.19	
7	12.7 %		8.20		3.15		2.20		3.72	
8	14.1 %		7.60		3.13		2.31		3.29	

Fuente: Reina (2008)

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la variación de las características físicas y químicas de los frutos de zarzamora (*Rubus glaucus*) que van de 7.20 a 8.20 °Brix, el pH de 2.98 a 3.13, la acidez titulable varió de 2.20 a 2.31 y el índice de madurez de 2.95 a 3.29 en ocho días de almacenamiento a 8 °C y 65 % de humedad relativa (HR). En los frutos almacenados a 28 °C y 65 % HR el °Brix cambian de 7.20 a 8, el pH de 3.93 a 3.18, la acidez titulable de 3.20 a 2.59 y el índice de madurez de 2.25 a 3.65 en cuatro días de almacenamiento.

Alzate et al. (2010), en Colombia, evaluó la influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas en las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de los frutos de la mora (*Rubus glaucus* Benth.), y determinó que la intensidad respiratoria de los frutos, en los grados de madurez 3, 4 y 5, fue de 23,8; 30,5 y 26,4 mg CO₂/kg.h. La

mayor concentración de sólidos solubles se produjo en lugares con menor precipitación.

La madurez de la mora de castilla se aprecia visualmente por su color que varía conforme el fruto se va desarrollando, comenzando en un tono blanco verdoso pasando por rojo para finalmente llegar a un color vino tinto (Figura 1) (NTC 4106 1997, citado por Ramírez 2 012).



Figura 1. Tabla de color según el grado de madurez de la mora de Castilla: Grado 0= color verde, 1= menos verdes que rojas, 2= más rojas que verdes, 3= rojas, 4= más rojas que moradas, 5= más moradas que rojas, 6= moradas (negras).

Los indicadores que determinan el estado de madurez de la mora son: Sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable e índice de madurez. Los valores mínimos y máximos de estos parámetros anteriormente, se muestran en la Tabla 2 (NTC 4 106 1 997, citado por Ramírez 2 012).

Tabla 2. Variación del contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable, según la tabla de colores de la mora de Castilla.

Parámetro	Color	0	1	2	3	4	5	6
Mínimo		5.4	5.7	5.9	6.3	6.7	7.2	7.7
Máximo		5.7	6.1	6.4	6.9	7.3	7.9	8.5
Acidez titulable		3.3	3.4	3.5	3.4	3.1	2.8	2.5

En la zarzamora ‘Brazos’ (*Rubus* sp.), se identifican seis estadios de maduración con características morfológicamente definidas (Tabla 2).

En el estadio 1 (E1) los frutos son verdes y sus drupas se encuentran en las primeras etapas de llenado, su tamaño es de 40 % del crecimiento final, el crecimiento final se alcanza hasta el estadio 4 (E4), en el que la coloración de los frutos ya es roja en el 90 % de las drupas; la coloración de las drupas cambia gradualmente de verde a rojo y finalmente negro durante los seis estadios (Chávez et al. 2 012)

Tabla 3. Estadios de maduración determinados por el color de las drupas y tamaño del fruto. El porcentaje de color hace referencia al porcentaje mayoritario de drupas con un mismo color, el porcentaje de crecimiento es respecto al tamaño final del fruto de zarzamora ‘Brazos’ (*Rubus sp.*)

Estadio	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Fruto						
Color de drupas	100 % verdes	80 % verde	60 % rojas	90 % rojas	100 % rojas	100 % negras
% de crec.	40 %	70 %	90 %	100 %	40 %	40 %

Farinango (2 010), en un estudio realizado en Quito-Ecuador, determinó que la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) presenta un rendimiento de 93 %; 94.78 %; 95.69 %; 96.34 % en los grados de madurez 2, 3, 4 y 5, respectivamente; el porcentaje de agua fue de 83.68 % en el grado 2. En sus frutos predomina el ácido cítrico. Asimismo, menciona que la mora variedad Brazos (*Rubus sp.*), presenta un rendimiento de 93.4 %; 94.49 %; 94.85 %; 95.21% en los grados de madurez 2, 3, 4 y 5, respectivamente; y un porcentaje de agua de 83.58 % en el grado 2 y una acidez titulable de 2.46 % en el grado 2 disminuyendo a 1.61 % en el grado 5.

Dayron et al. (2 006), estudió el almacenamiento de frutos de mora de castilla bajo condiciones de atmósfera modificada y determinó que el uso

de películas de polímero, aumenta la vida postcosecha en 6 días, manteniendo las características sensoriales de calidad, comparado con la técnica de refrigeración convencional, que aumenta la vida útil hasta 3 días.

Los frutos de zarzamora (*Rubus glaucus* B) recubiertos con mucilago de *Aloe barbadensis* Miller), mostraron menor pérdida de peso (33 % menos), tasa de respiración (47 % menos), y una disminución de los sólidos totales solubles, el pH y la acidez titulable, conservando mejor estas propiedades a partir del día tres hasta el día 10 en comparación con los frutos sin recubrimiento (Ramírez 2 012).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Producción mundial

La mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) es una fruta de interés comercial y la más cultivada en regiones comprendidas entre 1 200 y 3 000 msnm, económicamente es una de las frutas importantes cultivadas en el mundo. El fruto es una baya muy perecedera, rica en vitamina C y agua. Es una planta originaria de las zonas altas tropicales de América, principalmente Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador, desde donde se ha diseminado en todo el mundo, excepto en las zonas desérticas (PRONOSTA 2 005).

El mayor productor de zarzamora en el mundo es México, con tres mil setecientos cincuenta hectáreas y una producción de treinta mil toneladas por año, de las cuales el noventa por ciento se exporta a Estados Unidos, Europa y Japón (Ibarra 2 013).

2.2.2. Descripción botánica

Con el nombre de moras o zarzamoras se agrupa a una diversidad de especies del genero *Rubus*, familia Rosaceae. A esta familia también

pertenecen la manzana (*Malus domestica*), pera (*Pyrus communis*), ciruela (*Spondias purpurea* L.) y el durazno (*Prunus persica*). Las zarzamoras son plantas arbustos generalmente con espinas, con hojas compuestas por tres a cinco folíolos de borde dentado, con el envés blanquecino debido a la presencia de vello. Las flores son blancas o rosadas con numerosos estambres y pistilos, son auto fértiles, terminales o axilares. Se pueden encontrar solitarias o formando inflorescencias en racimos o en panículas. Presenta un fruto agregado o polidrupa, que van cambiando de tonalidades conforme va madurando pasando de verde a rojo y de rojo a negro (Oirsa 2 003).

2.2.3. Especies silvestres en el Perú

Rubus weberbaueri Focke, *Rubus roseus* Var. *Santarosensis* Kuntze, *Rubus roseus* Poiret, *Rubus robustus* var. *Robustus*, *Rubus sparsiflorus* J.F. Macbride *Rubus urticifolius* Poiret, *Rubus nubigenus* H.B.K *Rubus floribundus* H. B.K (Brako y Zarucchi 1 993).

2.2.4. Etapas fenológicas

La primera cosecha se realiza a los 10 ó 12 meses después del trasplante y luego, semanalmente, con algunas épocas de concentración de la producción (García y García 2 001).

Tabla 4. Etapas de desarrollo del fruto de zarzamora (*Rubus glaucus*)

Etapa	Duración en días
De yema a botón floral	6
De inicio de floración a apertura floral	23
De apertura de flor a polinización	5
De polinización a formación de fruto	8
De formación de fruto a cosecha	40
Total	82

Fuente: Franco y Giraldo sf.

En la Tabla 4, muestra que las etapas de desarrollo del fruto de mora (*Rubus glaucus B.*) se inicia con la yema floral, luego pasa a botón floral que dura seis días, del inicio de floración a la apertura floral tarda veintitrés días, de la apertura floral a la polinización, cinco días; y, de la polinización a la formación del fruto, ocho días. La etapa más larga, es la de formación del fruto que dura 40 días aproximadamente.

2.2.5. Composición química del fruto de zarzamora

A. Agua

El contenido de agua está comprendido entre el 81 y 93 %, varía a lo largo del día por ello es conveniente cosechar los frutos cuando están turgentes, es decir, las primeras horas del día (Gil 2 010).

Este elemento cumple funciones biológicas y físicas, como la capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas en solución o en suspensión coloidal. En las reacciones químicas, interviene en la fotosíntesis y en muchas reacciones enzimáticas de hidrólisis; es decir, participa activamente en la síntesis de hidratos de carbono a partir de CO₂ (Badui 2 006).

B. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos presentes en las frutas decrecen a medida que la maduración avanza, por la razón que son convertidos a azúcares (Gil 2 010). La acidez se valora con hidróxido de sodio (NaOH) y se expresa en gramos de ácido /100 ml de muestra (Salgado y Martínez 2 006).

C. Carbohidratos

Son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Presentan la forma general C_x(H₂O)_n y los grupos funcionales C=O o -OH. En el reino vegetal, los carbohidratos se originan como producto de la fotosíntesis y son los principales compuestos químicos que almacenan energía radiante (Badui 2 006).

Además del agua, ácidos orgánicos y carbohidratos las zarzamoras contienen una cantidad elevada de fibra, la cual es importante en la prevención del estreñimiento. Además, son ricas en potasio que ayuda a eliminar el agua en el organismo; contienen arbutina, un glucósido con propiedades diuréticas y antibacterianas (Parra 2 011).

La fibra es una parte estructural de las plantas, resistente a las enzimas presentes en el aparato digestivo del hombre. Se clasifica en soluble e insoluble. La fibra soluble comprende la lignina, celulosa y hemicelulosa, se encuentra en cereales integrales, granos enteros, productos de trigo, salvado, verduras y algunas frutas. Este tipo de fibra es resistente a la degradación bacteriana en el colon y es excretada intacta en las heces, aunque no se disuelve en agua, sí la retiene, lo que le permite aumentar el volumen de las heces fecales y acelerar el tránsito intestinal. La fibra insoluble, que incluye a las pectinas, gomas y mucílagos, se encuentra en legumbres, cereales, frutas y verduras (Soriano 2 006).

Los frutos de *R. adenotrichus* contienen fenoles: 29.23 ± 1.4 mg equivalentes de ácido gálico (GAE), flavonoides: 5.26 ± 0.25 mg equivalentes de catequina (CE), antocianinas: 12.3 mg por cada gramo de fruto seco. Además, se identificó la antocianina cianidina-3-glucósido, habiéndose obtenido 11.5 mg de antocianinas como equivalentes de cianidina-3-glucósido por g de fruto seco y 2.2-difenil-1-picrilhidracil en una cantidad de 148 $\mu\text{g/mL}$ y vitamina C en una cantidad de 18.7 $\mu\text{g/mL}$ (Martínez 2 011).

2.3. MADUREZ Y COSECHA

2.3.1. Maduración

La maduración es un fenómeno bioquímico que condiciona los cambios de aspectos y atributos de calidad. Así por ejemplo, se producen cambios en la consistencia (de duro a blando), en el sabor (de amargo a

dulce) y en el color (de verde a otros colores). El almidón y los ácidos orgánicos se transforman en azúcares, las pectinas se hidrolizan volviéndose solubles; y los taninos se pierden (Arraneta y Pérez 2 006). Dados estos antecedentes es conveniente distinguir dos tipos de madurez:

2.3.1.1. Maduración fisiológica

Se presenta cuando las semillas completan su desarrollo fisiológico y se encuentran aptas para su reproducción (García y García 2 001).

2.3.1.2. Maduración organoléptica

Consiste en la transformación de un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible; en otro visual, olfativo y gustativamente atractivo. Señala el final del desarrollo de un fruto y el comienzo de su senescencia; ordinariamente es un proceso irreversible (Wills et al. 1 998).

La maduración escalonada de la zarzamora y el carácter espinoso de la planta hacen de la cosecha la parte más delicada de este cultivo, pues se requiere cosechar frutos maduros habiendo frutos verdes en la misma planta. Desde el punto de vista fisiológico, la zarzamora produce frutos no climatéricos, por lo que deben ser cosechados cuando ya han alcanzado la madurez (Muños y Juárez 1 995).

2.3.1.3. Cambios cualitativos y cuantitativos durante el proceso de maduración

- a. **Color:** Es el más notorio de los cambios que experimentan muchas frutas durante la maduración y el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decir si la fruta está o no madura (Wills et al. 1 998).
- b. **Hidratos de carbono:** El cambio asociado a la maduración de los frutos y hortalizas, es la degradación de hidratos de carbono poliméricos. Estas transformaciones cambian tanto el sabor como la

textura del producto. El aumento del contenido de azúcares hace más dulces a los frutos e incrementa su aceptabilidad (Wills et al. 1998).

Conforme cambia el estado de madurez de la fruta, se incrementa la cantidad de sólidos solubles. La mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) posee 11.30 °Brix en el grado 5; la variedad Brasos, en el grado 5 tiene un valor de 8.62 °Brix (Farinango 2010).

En la mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*), el aumento de los sólidos solubles de 4 a 7 durante el proceso de maduración es debido al desdoblamiento de las reservas de almidón y la disminución de los ácidos libres como consecuencia de su dilución y metabolización (García 2012).

- c. **Acidez o pH:** El pH cambia de 2.47 a 2.66 en el momento de la cosecha, lo cual es congruente con la disminución en la acidez (García 2012).

2.3.1.4. Métodos para determinar la maduración de los frutos

García y García (2001), sostiene que los indicadores de maduración se han desarrollado como consecuencia de la aplicación de cinco tipos de métodos:

- a. **Métodos temporales:** No son destructivos. Se pueden realizar en el campo, y se basan en cálculos directos sobre el tiempo desde la floración o la siembra hasta la maduración, de acuerdo con las unidades de calor.
- b. **Métodos físicos:** Se basan en la madurez respecto a la medición o apreciación de alguna cualidad física, tales como color de la piel o corteza, color de la pulpa, llenado del fruto, presencia de hojas secas, secamiento de la planta, facilidad de la abscisión, dimensiones,

consistencia (dureza), peso seco y fresco, gravedad específica y textura.

- c. **Métodos fisiológicos:** La madurez se establece a nivel de laboratorio, básicamente determinando la producción de etileno y la intensidad respiratoria del fruto. Otro indicador es el rendimiento de la pulpa, jugo o almendra, la producción de etileno y la intensidad respiratoria.

- d. **Métodos organolépticos:** Están dados por características que pueden ser percibidas por los sentidos, determinado su madurez por medio de sabor, aroma, olor y color. Es un proceso en el que se transforma un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible, en otro visual, olfatorio y cualitativamente atractivo.

2.3.1.5. Métodos químicos para determinar la madurez

Según Salgado y Martínez (2 006), son:

- a. **Concentración en sólidos solubles.** Se expresa en grados (°) Brix, una medida de la densidad que tiene una solución de sacarosa al 1 %, a 20 °C. A esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción. Los sólidos están formados por sacarosa y otros azúcares, ácidos y sales, °Brix no equivale a una concentración de sólidos disueltos de 1g/10 ml. Los grados Brix son un índice comercial aproximado de esta concentración que se acepta convencionalmente como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa.

- b. **Acidez titulable.** La determinación de la acidez de alimentos se lleva a cabo mediante una valoración ácido-base; los resultados que se obtienen corresponden a la suma de los ácidos minerales y orgánicos, aunque de manera general en el caso de frutas y hortalizas, se tratan de los ácidos cítrico, málico, oxálico y tartárico.

Los ácidos durante la maduración son respirados o convertidos en azúcares, disminuyendo su contenido a medida que avanza la maduración. La acidez se valora con Hidróxido de sodio (NaOH) y se expresa en gramos de ácido /100 ml de muestra.

- c. **Índice de madurez.** Es el producto de dividir los valores de los sólidos solubles totales corregidos, entre el porcentaje de acidez total. Esta relación es utilizada por varios mercados para determinar el momento óptimo en el que se debe cosechar la fruta según su existencia.

2.3.2. La cosecha

Al momento de realizar la cosecha de los frutos de zarzamora, se recomienda cortar el pedúnculo lo más cercano al cáliz, con lo cual se evitará el daño por ataque e microorganismos (García y García 2 001). La cosecha se hace manualmente. Cada fruto se desprende de la planta y se coloca directamente en el contenedor, con los cuidados necesarios para evitar daños en sus drupas. Los frutos defectuosos, con pocas drupas, con pinchaduras o drupas de diferentes coloraciones se colocan aparte. Los frutos deben ser cosechados en madurez para lograr la máxima calidad, pero no sobre maduro pues su vida postcosecha se acorta de manera notable (Calderón s.f).

2.3.2.1. Actividades consecutivas para la cosecha de zarzamora

Franco y Giraldo (s.f), señala como principales actividades a las siguientes:

- Identificación del fruto que va a cosechar.
- Observación de la calidad del fruto, color, tamaño, sanidad e integridad.
- Desprendimiento el fruto de la planta, presionándolo suavemente entre los dedos.

- Clasificación de la fruta según los grados o niveles de calidad identificados en el mercado.
- Colocar suavemente la fruta en el recipiente.
- Descartar la fruta que se encuentra en el suelo.
- Realizar la cosecha de fruta enferma y dañada al día siguiente.
- Lavar y desinfectar las manos frecuentemente.
- Usar uniforme completo (gorro, tapa bocas, overol) y elementos higiénicos de protección.
- Evitar poner en contacto con el suelo, los recipientes para depositar la mora.
- Utilizar los recipientes, utensilios y herramientas lavados y desinfectados.
- Empacar en recipientes pequeños y sub divididos.

2.4. FISIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA POSTCOSECHA

Las frutas y verduras después de la recolección continúan desarrollando los procesos metabólicos y manteniendo los sistemas fisiológicos que operaban mientras se hallaban unidas al vegetal del cual proceden. Continúan respirando y transpirando y como han perdido contacto con la fuente de agua, fotosintatos y minerales, dependen exclusivamente de sus reservas alimentarias y de su propio contenido de agua (Wills et al. 1 998).

2.4.1. Respiración

Proceso metabólico que conlleva a una descomposición de sustratos orgánicos, con liberación de energía y reducción de reservas (Salgado y Martínez 2 006). La velocidad respiratoria de las frutas es un índice de los cambios de composición que se dan durante la maduración. A mayor velocidad respiratoria, mayor velocidad de cambios en la composición. El proceso en el cual la velocidad se duplica y hasta se cuadruplica se denomina climaterio o pico climaterio. Mientras que el fruto esta

adherido a la planta, los carbohidratos que son oxidados a CO₂ y agua son remplazados por fotosintatos procedentes de las hojas verdes u órganos de reserva de la planta. Una vez separado de la planta, la respiración degrada los carbohidratos de reserva acumulados en el fruto (Arraneta y Pérez 2 006).

Reina (1 998), determinó que el día de la cosecha, la mora presenta una tasa respiratoria de 154 mg de CO₂/kg /hora, y a las 66 horas después, la respiración es de 61.68 mg de CO₂/kg /hora, lo cual es típico de un fruto no climatérico.

Las frutas se clasifican en climáticas y no- climáticas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo. Las frutas climáticas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. Las frutas no-climáticas, los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno (Toledo 2 007).

Existen básicamente dos tipos de respiración.

2.4.1.1. Respiración anaeróbica

Es la respiración en ausencia de oxígeno. Predomina en frutos senescentes, con alteraciones fisiológicas o en tejidos golpeados porque la permeabilidad de los tejidos a los gases se va reducida, pudiendo producirse reacciones enzimáticas anormales (Casp y Abril 2 003).

2.4.1.2. Respiración aeróbica

Es la que domina en los frutos y hortalizas recién recolectadas (Casp y Abril 2 003). Implica la degradación oxidativa de ciertas sustancias orgánicas almacenadas en los tejidos. El sustrato común en este proceso es la glucosa, la cual se degrada a sustancias simples como el

agua, CO₂. Si su reacción es completa la reacción global es así: C₆ H₁₂ O₆ + 6 O₂=6CO₂+6H₂O+energía (Wills et al. 1 999).

2.4.2. Intensidad respiratoria (I.R.)

Es un índice significativo del tiempo de vida de cualquier fruta después de la cosecha, punto que indica la velocidad con la que fruta consume sus reservas alimenticias. Se expresa en términos de mg CO₂/24 horas/100 gramos de materia fresca; es decir, es la cantidad de CO₂ que un kilogramo de fruta produce en una hora por efectos de la respiración. En la mora de castilla (*Rubus glaucus* B.) la IR es de 110 a 160 mg CO₂ (García y García 2 001).

De acuerdo a su comportamiento respiratorio, la mora es considerada como un fruto no climatérico, esto se refiere a que el fruto al ser cosechado, presenta una disminución en la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios principalmente en los contenidos de azúcares y ácidos (Ramírez 2012).

Diversos factores afectan la respiración; por ejemplo, las hojas respiran más intensamente que las frutas y estas más que las raíces. El área superficial, por unidad de volumen o área de contacto con el aire, es menor en productos grandes que en productos pequeños, por lo tanto el intercambio de gases es menor en los primeros. Los vegetales más jóvenes tienen menor intensidad respiratoria. Los daños mecánicos y la sanidad del producto afectan la actividad respiratoria, aumentando en la zona afectada, debido a la acción enzimática o al aumento del área de contacto con el oxígeno (García y García 2 001). De otro lado, la temperatura es el más importante de los factores que gobiernan el mantenimiento de la calidad pos cosecha de las frutas (Wills et al. 1 999), pues influye en la intensidad de la actividad respiratoria. Cuando la temperatura es menor, se reduce la respiración y los procesos de maduración y senescencia (Casp y Abril 2 003).

Las atmósferas ricas en CO₂ y pobres en O₂, reducen el proceso de respiración de los productos, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un mayor tiempo (Ospina y Cartagena 2 008).

2.4.3. Transpiración

Es la pérdida de agua en forma de vapor por el pericarpio de la fruta. Esta pérdida de agua es la responsable de la presentación del producto, y tiene un valor comprendido entre el 5 y 8 % del agua interna. La mayoría de las frutas y hortalizas contienen agua entre el 85 a 95 % de su peso y si la humedad relativa alrededor de estos productos es menor, el agua interna empieza a salir y se deshidratan. Los factores que afectan la transpiración son: la especie o variedad (cada producto tiene un ritmo característico de transpiración), naturaleza de la piel, daños por manipulación o microorganismos (aceleran la deshidratación), la humedad relativa alrededor de los productos, temperaturas altas, y los vientos. La humedad relativa es la cantidad de agua presente en la atmósfera y es el principal factor que afecta la transpiración ya que, si esa cantidad de vapor, que se expresa en porcentaje, es menor al porcentaje de humedad o agua que contiene el producto, este se deshidrata y deteriora. La temperatura también muestra una gran influencia en la transpiración ya que a medida que ésta aumenta, el agua interna del producto también tiende a salir para equilibrar el estado de calor. Además, la temperatura acelera los procesos de respiración, crecimiento y maduración de los productos, al igual que su deterioro (López 2 000).

2.4.4. Almacenamiento

La mora es una fruta que tiene una vida muy corta (3 a 5 días). Por lo tanto, solo se deben almacenar frutas en buen estado, en un lugar

fresco, ventilado y limpio, alejado de animales, abonos, fertilizantes o cualquier producto que pueda contaminar (Bejarano s.f.)

2.4.5. Temperatura de almacenamiento

Existen distintas formas de almacenamiento de los productos frescos, las cuales tienen en común la disminución de los procesos fisiológicos, como la respiración, la transpiración y todos procesos de maduración y degradación que redundan en la calidad y conservación del producto y su eficiencia se mide por la cantidad de tiempo que puede mantenerse la calidad del producto (García y García 2 001).

Durante el periodo de almacenamiento de moras (*Rubus glaucus B*) se alteran las características físico químicas y organolépticas que afectan su calidad. Con el fin de evitar estos cambios, es necesario tener en cuenta las condiciones ambientales. Así, las temperaturas entre 15 y 20 °C se utilizan en las zonas de producción para almacenar moras a corto plazo, temperaturas entre 6 y 9 °C permiten almacenar el producto aproximadamente una semana y las temperaturas inferiores permiten conservar moras durante largos periodos de tiempo (Reina 1 998).

Los frutos deben ponerse en recipientes pequeños y almacenarse en cuartos fríos; la temperatura óptima de almacenamiento es de 0 a 5°C. En estas condiciones, puede almacenarse de 7 a 14 días sin perder su calidad (Pérez y Vásquez 2 004).

2.5. CRITERIOS DE CALIDAD DEL FRUTO DE ZARZAMORA

Son un conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que determinan el grado de adecuación de un alimento o materia prima alimentaria a los requerimientos sanitarios, nutricionales, sensoriales y fisicomecánicos que deben ser verificados para su consumo humano

directo, su preparación culinaria o su beneficio y transformación industrial (Bohórquez 2 003).

Los criterios de calidad, según Wills et al. (1 999), son cinco:

a. Aspecto.

El tamaño puede apreciarse objetivamente, mediante la determinación del diámetro, longitud, el peso o el volumen. La forma es parte del aspecto, el consumidor exige una forma determinada.

b. Condición y defectos

Entre los atributos de calidad más importantes se encuentran el grado de frescura y el grado de madurez o envejecimiento, así mismo, la intensidad del daño mecánico recibido y la incidencia de enfermedades o infestaciones.

c. Textura

Hace referencia a la sensación global que un alimento despierta en la boca del consumidor. Se trata de un conjunto de sensaciones percibidas por los labios, la lengua y las paredes de la boca.

d. Sabor y aroma

El sabor de las frutas y hortalizas suele ser una mezcla, resultado de un determinado equilibrio de sensaciones dulces y agrias, de ordinario con un fondo ligeramente amargo, debido a los taninos. El aroma se percibe en virtud del estímulo de los receptores olfativos por compuestos orgánicos volátiles.

e. Valor nutritivo

Las moras son de bajo valor calórico por su escaso aporte de carbohidratos, aportan fibra, potasio, hierro y calcio (en menor cantidad que los alimentos de origen animal), taninos y ácidos

orgánicos (Cabezas 2 008). Son ricas en vitamina C como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Valor nutricional del fruto de zarzamora por cada 100g de producto fresco

Componente	Cantidad
Agua	58.64 g
Energía	52 Kcal
Grasa	0.39 g
Proteína	0.72 g
Hidrato de carbono	12.7 g
Fibra	5.6 g
Potasio	196 mg
Fosforo	40 mg
Hierro	0.75 mg
Magnesio	20 mg
Manganeso	1.29 mg
Selenio	0.6 mg
Zinc	0.27 mg
Cobre	0.14 mg
Calcio	32 mg
Vitamina C	21 mg
Vitamina E	0.71 mg
Vitamina A	165 UI
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0.030 mg
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	0.40 mg
Ácido Fólico	34 mg
Niacina	0.40mg

Fuente: Chávez (2 011)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

3.1.1. Fase campo

Los frutos de zarzamora fueron recolectados del caserío San José, distrito de Namora, provincia y región de Cajamarca. San José presenta una temperatura ambiente de 4 °C a 18 °C, humedad relativa promedio anual de 80 % y está ubicado a una altitud de 2 800 m.s.n.m., entre las coordenadas 7° 10' 7" de latitud Sur y 78° 29' 42" de longitud oeste.

3.1.2. Fase experimental

Fue instalada y conducida en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), la cual está ubicada a 2 682 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 661.4 mm, humedad relativa promedio anual de 74 % y temperatura promedio anual de 14 °C. La UNC está localizada entre las coordenadas de 78° 29' 42" de longitud oeste y 7° 10' 07" de latitud sur.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Muestra de frutos de plantas de zarzamora *Rubus robustus* C. Presl (160g), agitador magnético (IKA C-MAG HS7), balanza analítica (Mettler Toledo), potenciómetro (Pen Type Ph-meter-Pometer),

refractómetro (Portable Refractometer Rhb/0-80), refrigeradora (Electrolux).

Reactivos:

Ácido clorhídrico (HCl 1.5 N), agua destilada, hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N), fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) al 1%.

3.3. FACTORES, NIVELES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Factor G: Grado de madurez del fruto

g₂= Drupelas moradas y rojas

g₁= Drupelas rojas

g₀= Drupelas rojas y verdes

Factor T: Temperatura de almacenamiento

t₁= 4 °C

t₂= 8 °C

t₃= 18 °C

Factor A: Tiempo de almacenamiento

a₁= Dos días

a₂= Cuatro días

a₃= Seis días

a₄= Ocho días

Tabla 6. Tratamientos en estudio

N°	Clave	Descripción
1	t _{1g2a1}	4°C+ Drupelas moradas y rojas + 2 días de almacenamiento
2	t _{1g2a2}	4°C+ Drupelas moradas y rojas + 4 días de almacenamiento
3	t _{1g2a3}	4°C+ Drupelas moradas y rojas + 6 días de almacenamiento
4	t _{1g2a4}	4°C+ Drupelas moradas y rojas + 8 días de almacenamiento
5	t _{1g1a1}	4°C+ Drupelas rojas + 2 días de almacenamiento
6	t _{1g1a2}	4°C+ Drupelas rojas + 4 días de almacenamiento
7	t _{1g1a3}	4°C+ Drupelas rojas + 6 días de almacenamiento
8	t _{1g1a4}	4°C+ Drupelas rojas + 2 días de almacenamiento
9	t _{1g0a1}	4°C+ Drupelas rojas y verdes + 2 días de almacenamiento
10	t _{1g0a2}	4°C+ Drupelas rojas y verdes + 4 días de almacenamiento
11	t _{1g0a3}	4°C+ Drupelas rojas y verdes + 6 días de almacenamiento
12	t _{1g0a4}	4°C+ Drupelas rojas y verdes + 8 días de almacenamiento
13	t _{2g2a1}	8°C+ Drupelas moradas y rojas + 2 días de almacenamiento
14	t _{2g2a2}	8°C+ Drupelas moradas y rojas + 4 días de almacenamiento
15	t _{2g2a3}	8°C+ Drupelas moradas y rojas + 6 días de almacenamiento
16	t _{2g2a4}	8°C+ Drupelas moradas y rojas + 8 días de almacenamiento
17	t _{2g1a1}	8°C+ Drupelas rojas + 2 días de almacenamiento
18	t _{2g1a2}	8°C+ Drupelas rojas + 4 días de almacenamiento
19	t _{2g1a3}	8°C+ Drupelas rojas + 6 días de almacenamiento
20	t _{2g1a4}	8°C+ Drupelas rojas + 8 días de almacenamiento
21	t _{2g0a1}	8°C+ Drupelas rojas y verdes + 2 días de almacenamiento
22	t _{2g0a2}	8°C+ Drupelas rojas y verdes + 4 días de almacenamiento
23	t _{2g0a3}	8°C+ Drupelas rojas y verdes + 6 días de almacenamiento
24	t _{2g0a4}	8°C+ Drupelas rojas y verdes + 8 días de almacenamiento
25	t _{3g2a1}	18°C+ Drupelas moradas y rojas + 2 días de almacenamiento
26	t _{3g2a2}	18°C+ Drupelas moradas y rojas + 4 días de almacenamiento
27	t _{3g2a3}	18°C+ Drupelas moradas y rojas + 6 días de almacenamiento
28	t _{3g2a4}	18°C+ Drupelas moradas y rojas + 8 días de almacenamiento
29	t _{3g1a1}	18°C+ Drupelas rojas + 2 días de almacenamiento

30	t _{3g1a2}	18°C+ Drupelas rojas + 4 días de almacenamiento
31	t _{3g1a3}	18°C+ Drupelas rojas + 6 días de almacenamiento
32	t _{3g1a4}	18°C+ Drupelas rojas + 8 días de almacenamiento
33	t _{3g0a1}	18°C+ Drupelas rojas verdes + 2 días de almacenamiento
34	t _{3g0a2}	18°C+ Drupelas rojas verdes + 4 días de almacenamiento
35	t _{3g0a3}	18°C+ Drupelas rojas verdes + 6 días de almacenamiento
36	t _{3g0a4}	18°C+ Drupelas rojas verdes + 8 días de almacenamiento

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar, bajo arreglo factorial 3×3×4 con 36 tratamientos y 5 repeticiones, dentro de cada repetición, los tratamientos involucraron a una unidad experimental compuesta de 160g de fruta fresca.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primero se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar cuál variable independiente produce mayor efecto en la variable dependiente con la ayuda del programa estadístico EXCEL 2 013. Una vez identificada la variable que produce mayor efecto se elabora el diagrama de dispersión y la ecuación lineal respectiva para interpretar los resultados. Primero se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar cuál variable independiente produce mayor efecto en la variable dependiente con la ayuda del programa estadístico EXCEL 2 013. Una vez identificada la variable que produce mayor efecto se elabora el diagrama de dispersión y la ecuación lineal respectiva para interpretar los resultados.

3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.6.1. Cosecha de los frutos de zarzamora (*Rubus robustus* C. Presl).

Al momento de su recolección, los racimos estuvieron compuestos de frutos (drupas) con diferente grado de madurez, la que externamente fue reconocida en base a la pigmentación predominante de sus drupelas. Luego de cosechar los racimos, se aislaron y clasificaron los frutos con peciolo, teniendo en cuenta tres grados de madurez: Drupas con todas sus drupelas completamente moradas (G_0), drupas con drupelas rojas y algunas moradas (G_1), drupas con drupelas rojas y algunas verdes (G_2) (fig. 2).

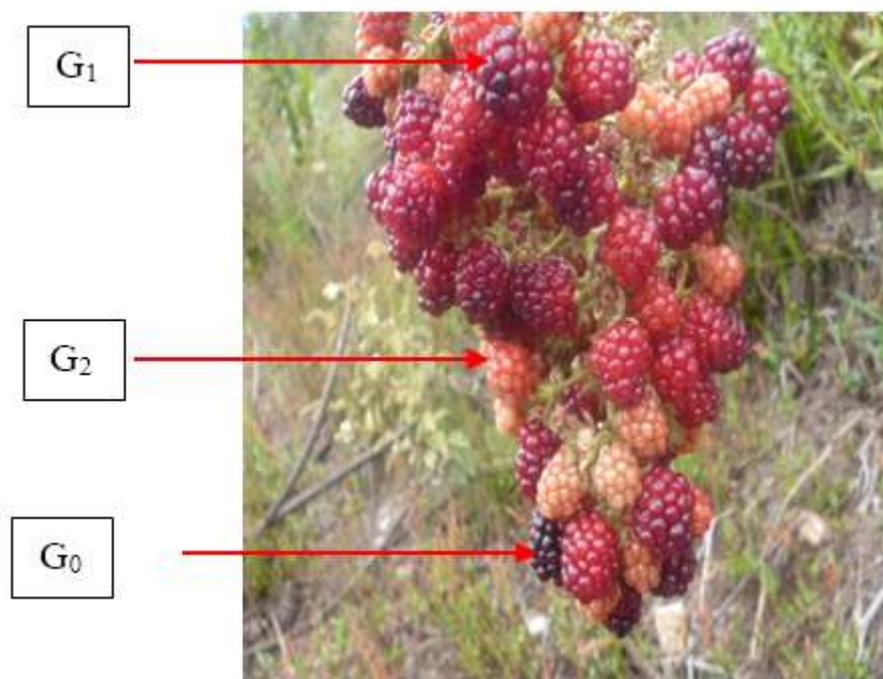


Figura 2. Racimo de zarzamora con frutos en diferente grado de madurez: Drupas con todas sus drupelas completamente moradas (G_0), drupas con drupelas rojas y algunas moradas (G_1), drupas con drupelas rojas y algunas verdes (G_2).

Previo al aislamiento manual de los frutos, los recipientes (tapers de 250 g de capacidad), utensilios y herramientas, fueron lavados con agua potable corriente, superficialmente desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% y enjuagados con agua destilada

estéril. Posteriormente, los frutos fueron pre enfriados en agua potable a 10°C, clasificados en función a su grado de madurez y suavemente depositados en el recipiente (160 g de fruta por recipiente).

3.6.2. Almacenamiento de los frutos de *Rubus robustus* C. Presl

Días antes del periodo experimental, se acondicionó una refrigeradora (Electrolux) a fin de obtener y estabilizar dos de las tres temperaturas de conservación: 4 y 10 °C. Mientras estas temperaturas fueron obtenidas en la nevera y la parte inferior del refrigerador, respectivamente, la tercera temperatura de experimentación (18 °C) fue registrada dentro del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la UNC.

Una vez estabilizadas las temperaturas de conservación, los frutos contenidos en recipientes (Figura 3), debidamente identificados en función al tratamiento, fueron cuidadosamente colocados dentro del refrigerador o fuera de él, bajo la temperatura correspondiente.



Figura 3. Semillas aisladas de frutos de zarzamora en tres grados de madurez: Drupas con todas sus drupelas completamente moradas (G_2), drupas con drupelas rojas y algunas moradas (G_1), drupas con drupelas rojas y algunas verdes (G_0).

3.7. EVALUACIONES REGISTRADAS

3.7.1. Características físicas

3.7.1.1. Pérdida de peso

Los frutos inicialmente pesados (160 g por recipiente), fueron nuevamente pesados (peso final) en una balanza de precisión, a los dos, cuatro, seis y ocho días de almacenamiento. En cada uno de estos momentos, se determinó la pérdida promedio de peso por tratamiento, la cual finalmente fue expresada en porcentaje:

$$\text{Pérdida de peso (\%pp)} = \frac{(pi - pf)}{pi}$$

Donde: pi = peso inicial

pf = peso final

3.7.1.2. Rendimiento

Muestras compuestas de 20 g de frutos de mora, en los tres grados de madurez previamente descritos, sin peciolo, fueron convenientemente seleccionadas y manualmente trituradas para favorecer la separación de las semillas. Para tal propósito se utilizó agua potable corriente, un tamiz con un diámetro de poro de 1 mm y una cuchara de plástico (Fig. 4).

El rendimiento del fruto en porcentaje, fue estimado con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de la pulpa} \times 100}{\text{Peso total de la fruta}}$$

3.7.2. Características químicas

3.7.2.1. Variación de sólidos solubles totales

A los dos, cuatro, seis y ocho días de iniciado el almacenamiento, se tomó una muestra aleatoria y representativa de frutos de cada tratamiento. Seguidamente con la ayuda de una malla, los frutos fueron exprimidos hasta obtener dos gotas de jugo, las que se colocaron en el refractómetro de escala de 0 a 30 grados Brix, a 20 °C. Los resultados de las lecturas directas fueron expresados como porcentaje de sólidos solubles totales (% SST) (Figura 4).



Figura 4. Lectura del refractómetro de lectura directa para determinar los grados °Brix

3.7.2.2. Variación de Ph

Dos, cuatro, seis y ocho días de iniciado el almacenamiento, se midió el pH del zumo de una muestra representativa y aleatoria de frutos de cada tratamiento en estudio, obtenida por trituración. Se utilizó 2 ml de zumo, el cual fue homogenizado en 100 ml de agua destilada. Finalmente, se determinó el valor del pH utilizando un potenciómetro de lectura directa.

3.7.2.3. Variación de acidez titulable

Las variaciones de la acidez titulable de las muestras de frutos de cada tratamiento, fueron determinadas sobre una solución compuesta de 8 ml de agua destilada y 2 ml de jugo de mora, a la cual se le adicionó dos gotas de fenolftaleína al 1%. Luego de homogenizada la solución, se realizó la titulación con hidróxido de sodio 0.1 N. La acidez titulable fue expresada en términos de porcentaje de ácido málico, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{V_1 \cdot N}{V_2} (K \cdot 100)$$

Donde: V1 = Volumen de NaOH consumido (ml)

V2 = Volumen de la muestra (ml)

K = Peso equivalente del ácido málico (0.067 g/meq)

N = Normalidad del NaOH (mq/ml)

3.7.2.4. Índice de madurez

Fue estimado con el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Variación de los sólidos solubles totales}}{\text{Variación de pH}}$$

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación del peso en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez.

	C°	G	D.A	V.P.F
Temperatura (°C)	1			
Grado de madurez (G)	0	1		
Días de almacenamiento (D.A)	0	0	1	
Variación de peso fresco (V.P.F)	0.36	0.23	0.86	1

En la Tabla 7 se muestra que existe una correlación directa positiva entre la variación del peso con los días de almacenamiento ($r=0.86$), la temperatura de almacenamiento ($r=0.36$) y el grado de madurez (0.23).

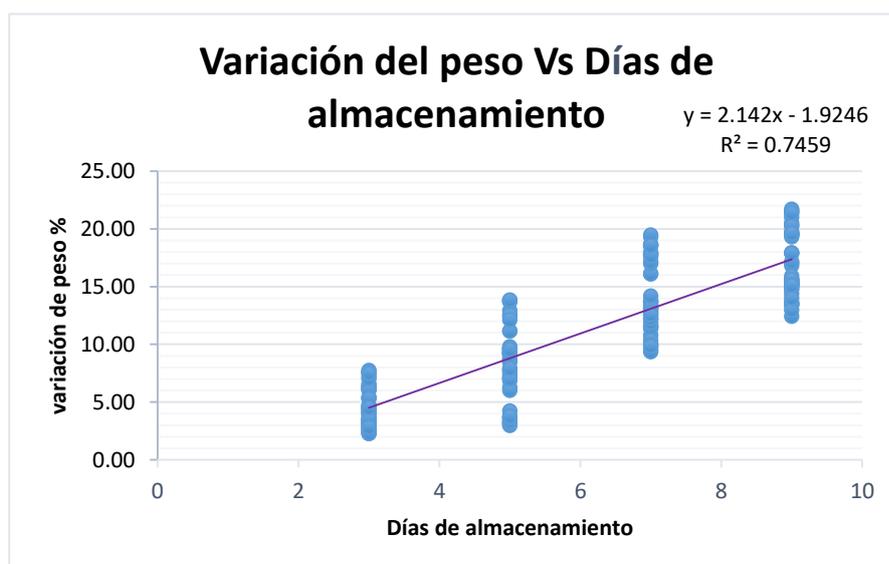


Figura 5. Diagrama de dispersión de la variación del peso en función de los días de almacenamiento

La ecuación lineal de la Figura 5 muestra que los frutos de zarzamora presentan un peso promedio de 1.92 g, cuando los días de almacenamiento aumenten en dos días la pérdida de peso inicial aumenta en 2.14 %. El 75 % de la variación del peso depende de los días de almacenamiento.

Según Wills et al. (1998), la pérdida de peso a lo largo de los días de almacenamiento en la etapa de postcosecha se debe a la pérdida de reservas orgánicas e inorgánicas causadas por las actividades fisiológicas especialmente la respiración. Según Salgado y Martínez (La respiración es un proceso metabólico que conlleva a la descomposición de sustancias orgánicas con liberación de energía y reducción de reservas.

Los resultados obtenidos no coinciden con lo reportado con Reina (1998), donde evalúa efecto de la temperatura y humedad relativa en el almacenamiento en los frutos de zarzamora quien menciona que la mora almacenada a 28 °C y 65 % de humedad relativa (HR), pierde 15.4 % de peso inicial, y los frutos almacenada a 8 °C y 80 % de HR, pierde 14.1 % de peso inicial en 66 horas.

4.1.1. Rendimiento

Tabla 8. Coeficiente de correlación de Pearson para el rendimiento en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.

	T °C	G	D.A	R %
Temperatura °C (T °C)	1			
Grado (G)	0	1		
Días de almacenamiento (D.A)	0	0	1	
Rendimiento % (R%)	0.12	0.73	0.53	1

Con la Tabla 8 determinamos cual de las variables independientes influye en mayor grado en el rendimiento, con ello podemos observar que las interacción de las variables grado de madurez con rendimiento

presentan el valor mayor (0.73), seguida por los días de almacenamiento (0.53) y finalmente la temperatura de almacenamiento (0.12). Todos los valores de interacción entre variables son positivos lo que indica que la relación es directa positiva que señala que al incrementar el grado de madurez, los días de almacenamiento y la temperatura de almacenamiento el rendimiento aumenta.

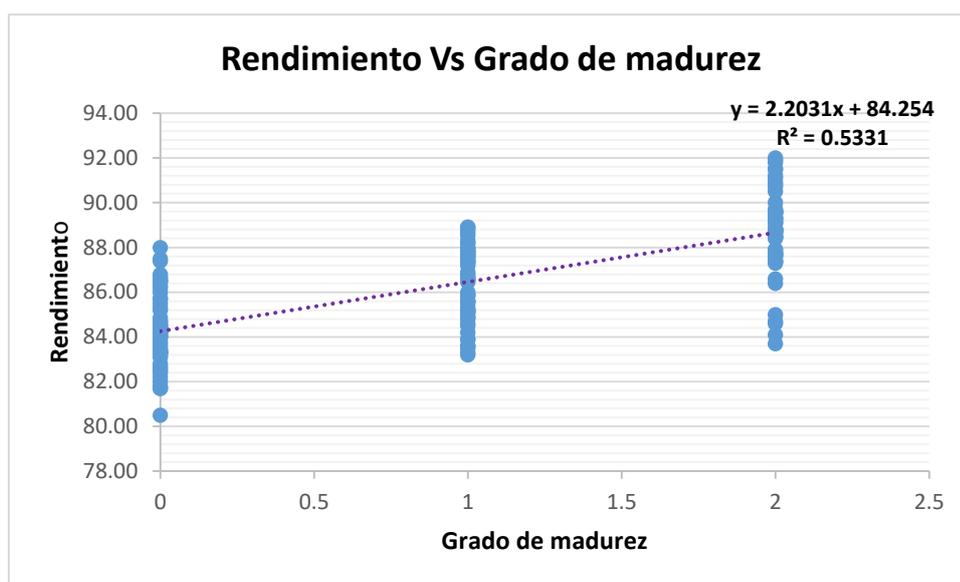


Figura 6. Diagrama de dispersión del rendimiento en función al grado de madurez

La ecuación lineal de la figura 6 indica que el rendimiento es de 84.25 %, al variar en una unidad el grado de madurez el rendimiento se incrementa en 2.20 %. El 53 % de de la variación del rendimiento depende del grado de madurez.

Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportado por Reina(1998), quien afirma que el fruto la zarzamora (*Rubus glaucus* B.) presenta un rendimiento de 95.6 %. Farinango (2010), afirma de la misma especie presenta un rendimiento de acuerdo al estado de madurez grado 2 (drupas mas rojas que verdes) presenta 93 %, grado 3 (drupas rojas) 94.78 %, grado 4 (mas rojas que moradas) 95.69 % y el grado 5 (mas moradas que rojas) 96.34 % la clasificación de los grados lo realiza según la Tabla 1 . Para la zarzamora Brazos' (*Rubus* sp.) para el grado

2 (drupas mas rojas que verdes) presenta un rendimiento de 93.4 % , grado 3 (drupas rojas) 94.49 % , grado 4 (mas rojas que moradas) 94.85 % y grado 5 (mas moradas que rojas) 95.21 % . La diferencia de resultados puede ser causado por la diferencia de especies y manejo agronómico.

4.2. VARIACIÓN DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.2.1. Variación de sólidos solubles totales

Tabla 9. Coeficiente de correlación de Pearson para variación de sólidos solubles en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.

	Temperatura	Grado	Días	Sólidos solubles
Temperatura	1			
Grado	0	1		
Días	0	0	1	
°BRIX	-0.34	0.63	-0.22	1

Con la Tabla 9 determinamos cuál de las variables independiente (temperatura de almacenamiento, grado de madurez y días de almacenamiento) influyen en la variación de los sólidos solubles de los frutos de zarzamora, es el grado de madurez con sólidos solubles (0.67), correlación directa positiva. Las variables temperatura de almacenamiento y grado de madurez presenta una correlación directa negativa con (-0.34) y (-0.22), esto señala que conforme se incrementa la temperatura y los días de almacenamiento los sólidos solubles disminuyen.

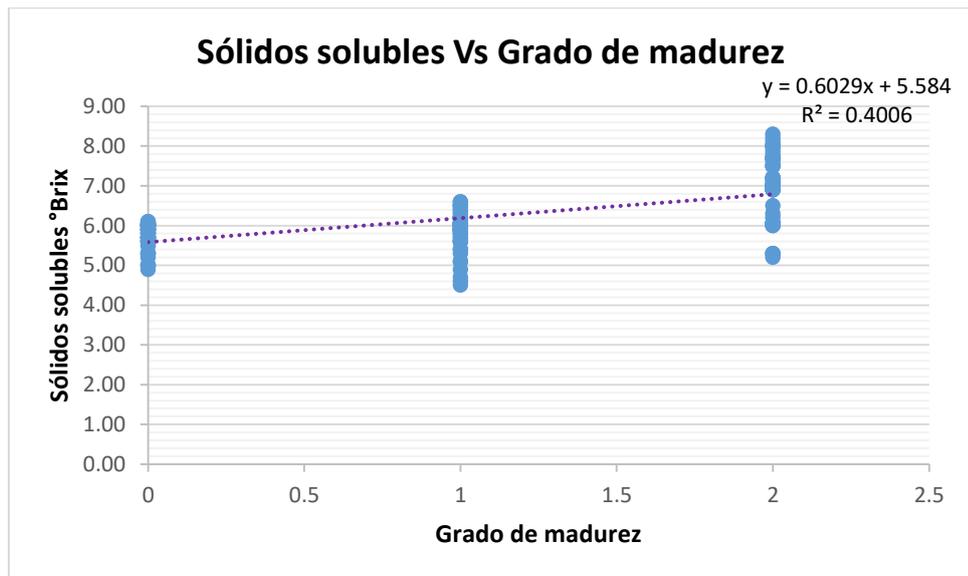


Figura 7. Diagrama de dispersión de la variación de los sólidos solubles en función de los días de almacenamiento

La correlación entre las variables grado de madurez y sólidos solubles (°Brix) en frutos de zarzamora (Figura 7), presenta un $R^2 = 0.40$, lo que ayuda a afirmar que el 40 % de la variación de los sólidos solubles depende del grado de madurez de zarzamora. La ecuación de regresión lineal señala que los sólidos solubles de los tres grados de madurez presenta 5.58 °Brix en promedio, también indica que al aumentar en una unidad el grado de madurez, el contenido de sólidos solubles aumenta en 0.60 °Brix.

Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros reportados por Ramírez (2012) donde los sólidos solubles mínimos van de 5.4 °Brix en el grado 0 (color verde) a 7.7 °Brix en el grado 6 (color morado) y los máximos valores en los frutos de zarzamora (*Rubus robustus* C. Presl) son de 5.7 grado 0 (color verde) a 8.5 °Brix grado 6 (color morado).

Los resultados obtenidos son diferentes a los reportados por Reina (1998), quien afirma que los frutos de zarzamora (*Rubus glaucus* Benth) varía el contenido de sólidos solubles de 7.20 a 8.20 °Brix, almacenados a 8 °C (65 % HR) por cuatro días.

4.3. VARIACIÓN DEL PH

Tabla 10. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación de pH, en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.

	Temperatura	Grado	Días	pH
Temperatura	1			
Grado	0	1		
Días	0	0	1	
pH	0.26	0.27	0.69	1

En la Tabla 10 se muestra que existe una correlación lineal positiva entre la variación del pH y los días de almacenamiento (0.69), y de menor grado la interrelación de las variables grado de madurez con pH (0.27) y seguida por la temperatura de almacenamiento (0.26). Pero entre las tres variables existe una relación directa positiva, lo que indica es que, al aumentar los días de almacenamiento, el grado de madurez y la temperatura de almacenamiento el pH disminuye.

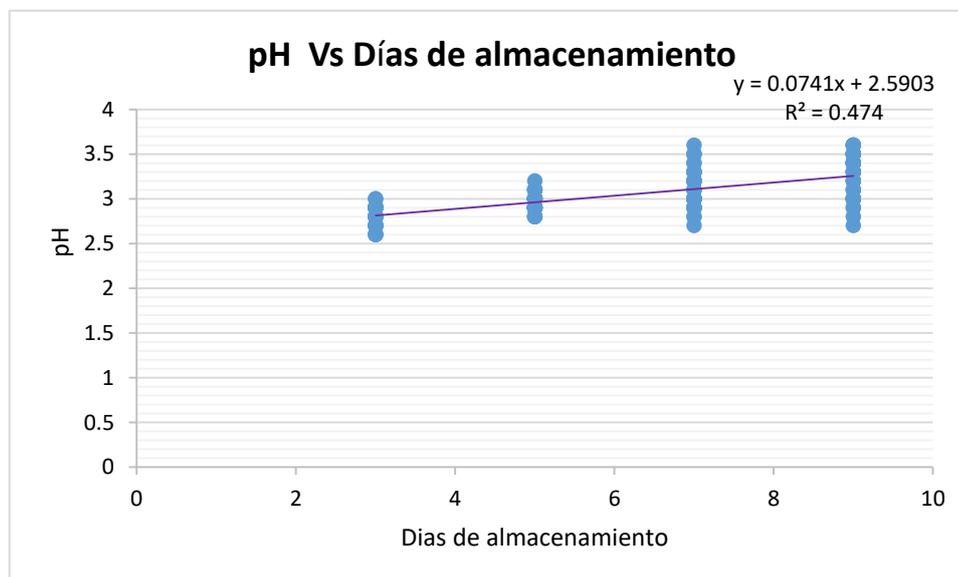


Figura 8. Diagrama de dispersión de la variación del pH en función de los días de almacenamiento

La correlación entre las variables días de almacenamiento con variación de pH en frutos de zarzamora afirma que el 47 % ($R^2 = 0.47$) de la variación del pH depende de los días de almacenamiento. El valor

promedio de pH es 2.59, también afirma que por cada dos días transcurridos en el almacenamiento el valor del pH disminuye en 0.07 su valor inicial. El valor del pH está cercano a lo reportado por García (2012), la acidez varía de 2.47 a 2.66, conforme avanza el estado de madurez de los frutos así como de lo reportado por (Chuquilin 2012), los valores de pH varían en función a las equivalencias de grado de color (grado 0 al 6), que describen el desarrollo de los frutos, desde su estado verde al maduro (Figura 1), señalan que el pH del zumo de la fruta, alcanza su máximo valor (3.12), en el grado 2 (más rojas que verdes); y su mínimo (2.43), en el grado 3 (rojo), el pH resultó ser más elevado, debido a que las drupas están en su fase activa de crecimiento y desarrollo, concentran más fotosintatos (glúcidos) que ácidos. En las fases posteriores del desarrollo, los fotosintatos pueden ser metabolizados a sustancias ácidas las cuales contribuyen a la disminución del pH en la fruta.

4.4. VARIACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE (m Eq/100ml)

Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación de la acidez titulable (ácido málico), en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.

	Temperatura	Grado	Días	Ac. Titulable
Temperatura	1			
Grado	0	1		
Días	0	0	1	
Ac. Titulable	-0.17	-0.85	-0.29	1

La tabla 11 indica que existe una correlación directa negativa entre la temperatura de almacenamiento (-0.17), los días de almacenamiento (-0.29) y el grado de madurez (-0.85), con la variación de la acidez titulable, lo que quiere decir es que al incrementar la temperatura de almacenamiento, el grado de madurez y los días de almacenamiento la acidez titulable (Ácido málico) disminuye.

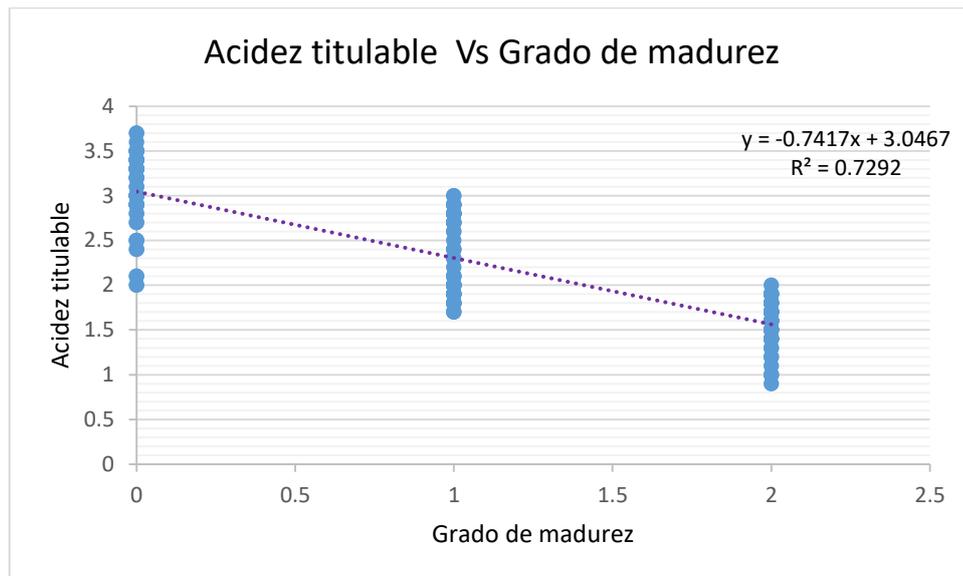


Figura 9. Diagrama de dispersión de la variación de la Acidez titulable en función al grado de madurez

La acidez titulable de los fruto de zarzamora presenta 3.04 % de ácido malico. Cuando aumente en una unidad el grado de madurez el porcentaje de ácido malico aumenta en 0.74 %.

Los datos coinciden con lo afirmado por Salgado y Martínez (2 006) que la variación de la acidez, están asociadas a la intensificación del proceso catabólico conducente a la degradación de compuestos orgánicos y producción de ácidos orgánicos, favorecido por el aumento de la temperatura de almacenamiento y edad fisiológica del producto. Sobre el segundo aspecto, afirman que el contenido de ácidos disminuye conforme avanza la maduración por motivo que estos son convertidos en azúcares o respirados.

Los promedios de la variación de la acidez titulable en función a las equivalencias del color (grado del 0 al 6) que describen el desarrollo de los frutos, desde el estado verde al maduro (Figura 1), señalan que la acidez titulable del zumo de la fruta alcanza su máximo valor 3.3 en el grado 0 (color verde) y el mínimo valor 2.5 en el grado 6 (color morado) (Ramírez 2 012).

4.5. ÍNDICE DE MADUREZ

Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson para la variación del índice de madurez, en función a la temperatura de almacenamiento, días de almacenamiento y grado de madurez de los frutos de zarzamora.

	Temperatura	Grado	Días	In. madurez
Temperatura	1			
Grado	0	1		
Días	0	0	1	
In. madurez	-0.31	0.52	-0.48	1

La tabla 18 nos muestra los coeficientes de correlación de las variables temperatura de almacenamiento (-0.31), grado de madurez (0.52) y días de almacenamiento (0.48) en la variación del índice de madurez, el que presenta mayor valor es grado de madurez, por lo tanto, es la que influye con mayor fuerza en la variación del índice de madurez y presenta una relación directa positiva. La interrelación del índice de madurez con los días de almacenamiento y la temperatura la relación es inversa.

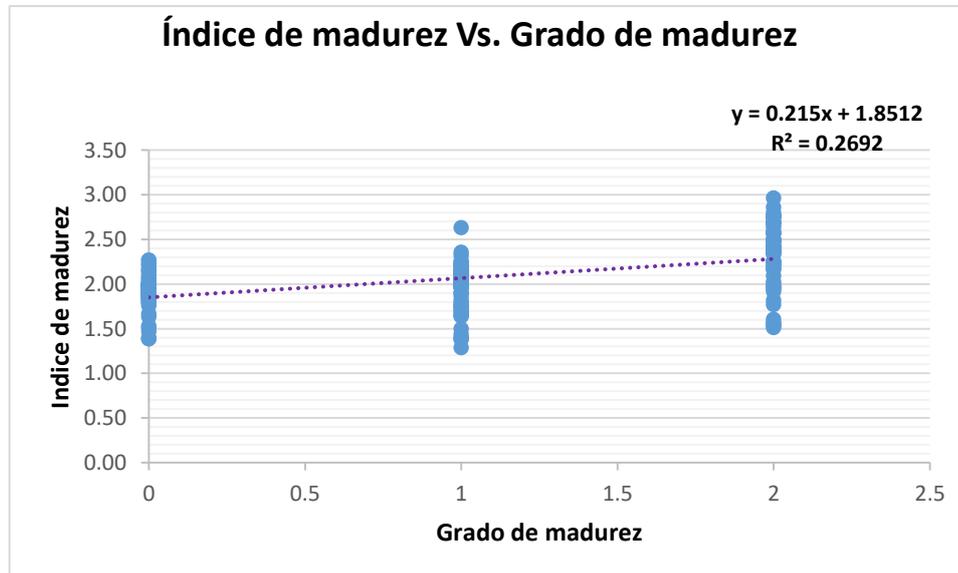


Figura 10. Diagrama de dispersión de la variación del índice de madurez en función al grado de madurez

En la ecuación lineal de la figura 11 el $R^2 = 0.27$ lo que nos ayuda a afirmar que el 27 % de la variación del índice de madurez depende del grado de madurez. El índice de madurez de los frutos de zarzamora es

de 1.85. Cuando aumenta en un grado el estado de madurez el índice de madurez en una unidad se incrementa en 1.22. Estos datos no coinciden con lo reportado por Salgado y Martínez (2006), señala el efecto positivo de la temperatura de almacenamiento en el contenido de sólidos solubles totales o el efecto contrario del mismo factor en la acidez total de los frutos analizados el índice de madurez es el cociente de la relación entre los sólidos solubles totales corregidos, y el porcentaje de acidez total, el cual es ampliamente utilizado en los mercados para la comercialización de productos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La variación de peso en los frutos de zarzamora depende en un 75 % a los días de almacenamiento el peso promedio de es de 1.92 gr. Al aumentar en dos unidades los días el almacenamiento la pérdida de peso se incrementa en 2.14 % la pérdida de peso inicial fresco. La temperatura de almacenamiento es un factor secundario.
2. La variación del rendimiento de los frutos de zarzamora está influenciada por el grado de madurez en un 53%. El rendimiento de los frutos es 84.25 %, al aumentar en una unidad el grado de madurez el rendimiento se incrementa en 2.20 %.
3. La variación de los sólidos solubles depende del grado de madurez en 40 %. Los sólidos solubles de los frutos de zarzamora es 5.58 °Brix, al incrementar en una unidad el grado de madurez los °Brix se incrementa en 0.6 °Brix. La temperatura de almacenamiento es un factor secundario.
4. La variación del pH de los frutos de zarzamora depende de los días de almacenamiento en un 47 %, el pH es 2.59, al aumentar en dos unidades los días de almacenamiento la acides disminuye en 0.74. La temperatura de almacenamiento es un factor secundario.
5. La variación de la acidez titulable (Ácido málico) depende del grado de madurez en un 73 %. La acides titulable es de 3.04 %, al incrementar en una unidad el grado de madurez la acidez titulable se incrementará en 0.74 %. La temperatura de almacenamiento es un factor secundario.
6. La variación del índice de madurez depende del grado de madurez en 27 %, el valor del índice de madurez es 1.85 al aumentar en una unidad el grado de madurez el índice de madurez se incrementa en 0.22. La temperatura de almacenamiento es un factor secundario.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alzate, A; Mayor, N; Montoya, S. 2010. Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus Benth*) en dos zonas de la región centro sur del departamento de caldas. *Agronomía* 18(2):37-46.
- Aranceta, J. Pérez, C. 2006. Frutas, verduras y salud. Barcelona España.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4 ta ed. Pearson edt. Mexico.
- Bejarano, A. sf. Frutales de clima frio moderado. Guía para la producción de frutos de clima frio moderado. CLMR (Corporación latinoamericana Misión Rural).
- Bohórquez, A. 2003. Guía para postcosecha y mercadeo de productos agrícolas. Colombia.
- Brako, L; Zarucchi, J. 1993. Catalogue of the Flowering Plant and Gymnosperms of Peru. USA, Editorial Assistant DianaGUnter. 45 v. (Serie ISBN 0-915279-19-3/ISSN 0161-1542).
- Cabezas, M. 2008. Evaluación nutritiva y nutraceutica de la mora de castilla (*Rubus glucus*) deshidratada a tres temperaturas por el método de secado en bandejas. Tesis: Bioquímico farmacéutico. Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias. Ecuador.
- Casp, A; Abril, J, 2003. Procesos de conservación de alimentos. 2 ed. Madrid España.

- Calderón, G. s.f. Producción forzada de zarzamora en México. III Sinopsio nacional de morango II encuentro sobre pequeñas frutas nativas de mercosul- Palestras.
- Chuquilin, J. 2012. Evaluación de parámetros de calidad en frutos de zarzamora (*Rubus spp.*). Tesis:Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional De Cajamarca.
- CORPOICA. (Corporación Colombiana de investigación agropecuaria). 2008. Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora. Colombia.
- Dayron, A; Fischer, A; Florez, R. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth.*) en empaques con atmósfera modificada. 24(2) 306-316.
- Farinango, M. 2010. Estudio de la fisiología postcosecha de la Mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) y de la mora de variedad brazos (*Rubus sp.*).
- Franco, J; Giraldo, M. sf. El cultivo de la mora. Proyecto de transferencia de tecnología del cultivo de mora. Colombia.
- García, M; García, H. 2001. Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia.
- García, C. 2012. Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y poscosecha de mora (*Rubus glaucus Benth*) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de silvania – Cundinamarca. Tesis para optar el grado de Magíster en Ing. Agrícola Universidad Nacional de Colombia departamento de ingeniería civil y agrícola maestría en ingeniería agrícola.

- Gil, A. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2 ed. edt Médica Panamericana. Madrid España.
- Ibarra, L; Romero, V; Meuly, R; Hurtado, B. 2013. Estudio de factibilidad para la comercialización de zarzamora en mercados internacionales. Revista internacional administración y finanzas. 6(2):57-71.
- López, J. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas.
- Martínez, N; Arévalo, K; Verde, S; Rivas, M; Oranday, A; Núñez, A; Morales, E. 2011. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl. Farmaceuticas 4(4): 66-71.
- Martínez, A; Beltrán, O; Velastequi, G; Ayala, G; Jácome, R; Yáñez, W; OIRSA (Organismo internacional regional de sanidad agropecuaria). 2003. Buenas prácticas agrícolas de mora orgánica. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional. Guatemala.
- Muñoz y Juárez 1995. El mercado mundial de la frambuesa y zarzamora. México.
- Ospina, S; Cartagena, J. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Lasllista. 5(2) 112-123 Colombia.
- Parra, L. 2011. Proyecto de inversión para el cultivo y venta de zarzamora.
- Pérez, H; Vásquez, V. 2004. Zarzamora (*Rubus spp*), su cultivo y producción en el trópico mexicano.
- Piña, G, Saucedo, V; Ayala, E y Muratalla, A. 2001. Atmósferas controladas para combatir daños postcosecha en Zarzamora (*Rubus sp.*). Luz no.18: 87-105.

- PRONOSTA (Proyecto de modernización de servicios de transferencia de tecnología agrícola). 2005. El cultivo de mora (*Rubus glaucus*). Colombia.
- Ramírez, J. 2012. Conservación de Mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadenses Miller*) Tesis Mag. Sc. Ciencia y tecnología de alimentos Medellín - Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Reina, C. 1998. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la mora de castilla (*Rubus glaucus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva.
- Salgado y Martínez. 2006. Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano (*Musa sapientum* L) var. criollo, tomate de árbol (*Solamun betaceum*) var. morada y mango (*Mangifera indica* L) var. Azúcar. Colombia.
- Soriano, J. 2006. Nutrición básica humana.
- Tapia, M y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos.
- Wills, R; Glasson, B; Joys, D.1999. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas y hortalizas y plantas ornamentales. Trad. J Burgos .2 ed. Acriba, S. A. España.

ANEXOS

ANEXO 1. Valores del coeficiente de correlación de Pearson

Valores del coeficiente de correlación de Pearson
$r = -1$ correlación inversa
$-1 < r < 0$ correlación inversa
$r = 0$ no hay correlación
$r = 1$ correlación directa perfecta

ANEXO 2. Resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas en el trabajo experimental.

Tabla 13. Resultados obtenidos de la variación de peso en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.

°T	G	T'	Repeticiones					
			I	II	III	IV	V	
4 °C	G ₂	2	3.5	4.7	3.3	3.2	4.1	
		4	7.4	7.2	7.7	7.8	7.0	
		6	12.2	12.9	11.5	11.4	12.8	
		8	15.1	15.4	15.3	15.3	15.6	
		G ₁	2	3.1	2.5	3.4	3.4	2.3
			4	6.9	7.1	6.3	6.0	7.9
			6	11.6	11.7	10.0	10.3	11.9
			8	13.5	13.5	14.8	14.4	14.9
	G ₀	2	3.4	3.9	3.7	2.8	3.5	
		4	3.7	3.1	3.6	3.2	3.6	
		6	9.7	9.5	9.3	10.0	9.8	
		8	13.4	13.6	12.4	13.0	14.0	
		G ₂	2	6.1	7.6	7.6	6.1	7.0
			4	9.3	9.5	8.8	8.5	9.1
			6	16.1	17.0	17.1	17.9	17.9
			8	17.1	17.9	17.1	17.9	17.9
8 °C	G ₁	2	4.2	4.3	4.0	4.7	4.5	
		4	9.2	9.3	9.8	9.6	9.4	
		6	13.2	13.0	13.6	13.4	14.2	
		8	15.2	16.8	15.5	15.3	15.1	
	G ₀	2	2.6	3.0	2.3	2.4	2.8	
		4	4.2	3.0	3.2	3.4	3.8	
		6	10.8	13.1	13.8	12.2	12.3	

18°C	G ₂	8	15.5	15.9	15.6	15.2	15.1
		2	7.2	7.7	6.5	6.5	7.5
		4	11.2	12.4	11.1	12.6	12.1
		6	16.1	17.8	17.7	18.6	17.7
	G ₁	8	21.0	21.7	21.4	21.6	21.4
		2	6.2	6.2	5.4	6.0	5.3
		4	12.9	13.8	13.7	13.7	13.8
		6	18.7	18.6	19.3	19.5	18.6
	G ₀	8	19.6	19.5	19.3	19.5	19.5
		2	3.3	5.4	2.7	4.5	4.5
		4	8.5	8.7	9.2	9.7	9.5
		6	12.6	13.6	13.8	13.2	12.6
		8	19.8	20.5	20.3	20.2	19.6

Tabla 14. Resultados obtenidos del rendimiento en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.

T°C	G	T°	Repetición				
			I	II	III	IV	V
4°C	G ₂	2	9.1	8	8.1	8.9	9.2
		4	12.24	12.37	12.24	12.09	12.63
		6	11.2	11.6	10.4	10.5	10.4
		8	11.3	12.3	12.4	12.7	12.3
	G ₁	2	11.8	12.4	12.5	12.3	12.2
		4	12.63	12.12	13.40	12.12	12.37
		6	13.1	12.2	12.6	13.4	13.3
		8	15.2	14.4	15.1	14.4	14.9
	G ₀	2	13.5	12.5	12.6	13.7	12
		4	15.63	16.00	16.33	15.15	16.00
		6	16.7	15.8	16.5	16.7	15.5
		8	15.8	15.6	16.7	16	16.6
8°C	G ₂	2	10.4	10.4	10.4	11.2	11.2
		4	10.00	11.34	10.91	10.75	10.87
		6	10.7	11.5	10.7	11.3	11.5
		8	12.6	12.1	13.4	13.6	12.6
	G ₁	2	12.4	12.7	12	13.2	12.6
		4	12.24	11.46	12.00	11.34	11.22
		6	13.4	13.5	14.5	14	14.1
		8	14.8	14.4	15.5	14.9	14.8

18°C	G ₀	2	13.2	14.7	14.5	14.8	13.8
		4	15.96	15.31	16.84	15.79	15.46
		6	16.9	15.7	16.7	15.3	15.6
		8	18.3	19.5	18.3	18.2	18
	G ₂	2	8.5	8.5	8.2	9.5	8.8
		4	11.58	11.54	10.68	10.48	9.28
		6	11.2	10.3	11.3	11.2	10.9
		8	15.3	15	16.3	15.9	15.4
	G ₁	2	11.8	11.1	11.1	11.7	12.8
		4	13.54	14.89	14.14	14.14	14.71
		6	16.8	16.4	16.1	15.4	15.1
		8	16.4	16.7	15.8	16.1	16.5
	G ₀	2	13.5	13.5	13.3	14.3	13.4
		4	14.29	15.63	15.84	14.00	15.46
		6	17.8	17.4	16.2	17.3	17.2
		8	17.5	16.6	17.6	16.7	16

Tabla 15. Resultados obtenidos de la variación de los °Brix de los frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.

T°C	G	T	Repetición				
			I	II	III	IV	V
4°C	G ₂	2	7.2	7	6.9	7.2	7
		4	7.2	7	6.9	7.2	7
		6	8.1	8.2	8	8.3	7.9
		8	7.7	7.9	7.8	7.6	7.8
	G ₁	2	6.2	6.3	6.4	6.5	6
		4	6.2	6.3	6.4	6.5	6
		6	6.2	5.9	5.9	6	6.1
		8	5.9	6	6	6.1	6.1
	G ₀	2	6	5.6	5.3	6.1	6
		4	6	5.6	5.3	6.1	6
		6	6	5.6	5.3	5.6	5.5
		8	5.6	5.9	5.8	5.9	6
8°C	G ₂	2	7.5	7.7	8	7.7	8
		4	7.5	7.7	8	7.7	8
		6	7.5	7.7	8	7.7	8
	G ₁	8	6.9	6.9	6.9	7	7.1
		2	6.2	6.5	6.2	6.6	6.2

18°C	G ₁	4	6.2	6.5	6.2	6.6	6.2
		6	5.7	6	5.7	5.8	6
		8	5.1	5.3	5.4	5.1	5.3
	G ₀	2	5.9	5.7	5.7	5.9	5.9
		4	5.9	5.7	5.7	5.9	5.9
		6	5.9	5.7	5.7	5.8	5.9
	G ₂	8	6	5.6	5.8	6	6
		2	6.9	7	7	7.1	7.2
		4	6.9	7	7	7.1	7.2
	G ₁	6	6.5	6	6.3	6.2	6
		8	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3
		2	5.6	5.9	5.8	5.9	6
	G ₀	4	5.6	5.9	5.8	5.9	6
		6	5.6	5.9	5.6	5.4	5.5
		8	4.6	4.5	4.7	4.9	4.7
	G ₂	2	5.7	5.9	5.5	5.8	5.6
4		5.7	5.9	5.5	5.8	5.6	
6		5.7	5.3	5	5	5.4	
G ₁	8	5	4.9	5.2	5	4.9	

Tabla 16. Resultados obtenidos de la variación de pH en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones.

T°C	G	T	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
4 °C	G ₂	2	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8
		4	3	2.9	2.9	2.8	2.9
		6	3	3.3	3.2	3.5	3
		8	3.5	3.2	3.3	3.4	3.6
	G ₁	2	2.9	2.7	2.9	2.8	2.9
		4	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		6	2.9	3.3	3	2.8	3
		8	2.9	3.3	3	2.8	3
	G ₀	2	2.8	2.8	2.8	2.7	2.9
		4	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		6	2.9	2.9	2.8	2.9	3
		8	2.9	3	3.1	3	3
8°C	G ₂	2	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		4	3	3.1	2.9	3	3

18 °C	G ₁	6	3	3.1	3.4	3.2	3.3
		8	3.5	3.3	3.6	3.6	3.5
		2	2.8	2.7	2.9	2.8	2.9
		4	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		6	2.9	2.9	2.9	3.3	3
		8	3.1	3.2	3.3	3.4	3
	G ₀	2	2.6	2.7	2.6	2.7	2.9
		4	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		6	3	3.1	3.2	2.7	3
		8	3	3.1	3.2	2.7	3
		2	2.9	2.8	3	2.9	2.9
		4	3.1	3.1	3.1	3.2	3
	G ₂	6	3	3.3	3.2	3.5	3
		8	3.3	3.4	3.4	3.5	3.4
		2	2.7	2.9	2.8	2.8	2.9
		4	3	3.1	2.9	3	3
		6	3.2	3.1	3.3	3.2	3.2
		8	3.2	3.5	3.4	3.5	3.4
	G ₁	2	2.7	2.9	2.6	2.7	2.6
		4	3	3.1	2.9	3	3
		6	3	3.5	3.4	3.6	3
		8	3.6	3.5	3.4	3.6	3
		2	2.7	2.9	2.6	2.7	2.6
		4	3	3.1	2.9	3	3
G ₀	6	3	3.5	3.4	3.6	3	
	8	3.6	3.5	3.4	3.6	3	

Tabla 17. Resultados obtenidos de porcentaje de ácido málico en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones

T°C	G	T	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
4°C	G ₂	2	1.7	1.9	1.6	1.8	2
		4	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6
		6	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8
			1.5	1.4	1.6	1.6	1.4
		2	2.9	2.9	2.9	2.8	3
		4	2.2	2.3	2	2.8	2.1
	G ₁	6	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7
		8	2.6	2.8	2.7	2.7	2.7
		2	3.5	3.4	3.3	3.4	3.4
		4	3.5	3.4	3.3	3.4	3.4
		6	3.3	3.2	3.3	3.3	3.4

8°C	G ₂	8	3	2.9	2.9	2.9	2.8
		2	1.7	1.6	1.6	1.9	1.7
		4	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7
		6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.2
	G ₁	8	1.5	1.4	1.4	1.5	1.2
		2	2	1.9	2	2.1	2
		4	2	1.9	2	2.1	2
		6	2	1.9	2	2.1	2
	G ₀	8	1.7	1.9	1.7	1.8	1.9
		2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.4
		4	3.3	3.2	3.3	3	3.2
		6	3.1	3	3	2.9	3
18 °C	G ₂	8	2.8	2.7	2.7	2.9	2.9
		2	1.7	1.6	1.6	1.9	1.7
		4	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7
		6	1.4	1.3	1.3	1.5	1.5
	G ₁	8	0.9	1.1	1	1	1
		2	2.9	2.6	2.7	2.8	3
		4	2.4	2.3	2.5	2.4	2.4
		6	2	1.8	1.9	1.8	2
	G ₀	8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.8
		2	3.5	3.7	3.6	3.5	3.7
		4	3.1	3	2.9	3	3
		6	3.5	2.4	2	2.1	2.5
		8	2.5	2.4	2	2.1	2.5

Tabla 18. Resultados obtenidos de variación del índice de madurez en frutos de zarzamora almacenados en tres tipos de temperatura* tres grados de madurez* en cuatro evaluaciones

T°C	G	T'	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
4° C	G ₂	2	2.41	2.34	2.41	2.57	2.33
		4	2.4	2.41	2.38	2.57	2.41
		6	2.70	2.48	2.50	2.37	2.63
		8	2.20	2.47	2.36	2.24	2.17
	G ₁	2	2.14	2.22	2.07	2.14	2.07
		4	2.14	2.17	2.21	2.32	2.00
		6	2.63	1.79	1.97	2.14	2.03
		8	2.03	1.82	2.00	2.18	2.03

	G ₀	2	1.86	1.86	1.89	2	1.86
		4	2.07	1.93	1.83	2.18	2.00
		6	2.07	1.93	1.89	1.93	1.83
		8	1.93	1.97	1.87	1.97	2.00
8 °C	G ₂	2	2.59	2.69	2.76	2.75	2.77
		4	2.50	2.48	2.76	2.57	2.67
		6	2.50	2.48	2.35	2.41	2.42
		8	1.97	2.09	1.92	1.94	2.03
	G ₁	2	2.21	2.22	2.14	2.14	2.07
		4	2.14	2.24	2.14	2.36	2.10
		6	1.97	2.07	1.97	1.76	2.00
		8	1.65	1.66	1.64	1.50	1.77
	G ₀	2	2.00	1.93	2.00	1.89	1.76
		4	2.3	1.97	1.97	2.11	1.97
		6	1.97	1.84	1.78	2.15	1.97
		8	2.00	1.81	1.81	2.22	2.00
18 °C	G ₂	2	2.69	2.96	2.80	2.76	2.86
		4	2.23	2.26	2.26	2.22	2.40
		6	2.17	1.82	1.97	1.77	2.00
		8	1.61	1.53	1.56	1.51	1.56
	G ₁	2	2.26	2.03	2.11	2.11	2.07
		6	1.75	1.90	1.70	1.69	1.72
		4	1.87	1.90	2.00	1.97	2.00
		8	1.44	1.29	1.38	1.40	1.38
	G ₀	2	2.22	2.03	2.27	2.15	2.27
		4	1.90	1.90	1.90	1.93	1.87
		6	1.90	1.51	1.47	1.39	1.80
		8	1.67	1.40	1.53	1.39	1.63