

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía



**“EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ, TEMPERATURA Y TIEMPO
DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL
FRUTO DE PUSHGAY (*Vaccinium floribundum* H.B.K)”**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADA POR LA BACHILLER:

MARÍA ELSA GUEVARA CRUZADO

ASESOR: Dr. BERARDO ESCALANTE ZUMAETA

CAJAMARCA - PERÚ

-2017-

COPYRIGHT © 2017 by
María Elsa Guevara Cruzado
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

A mis padres:

Mariano y Domitila, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracteriza y que me han infundido siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos:

Mily, Erly y Marcel Wilde por su apoyo constante y amor incondicional.

A mis abuelos:

Por su gran ejemplo de superación y por brindarme su amor y apoyo en todo momento (Paula, Antonia y a mi abuelo Alejandro que desde el cielo me guía).

A mis princesas:

Madinson Jazmín y Alejandra Milagritos por su amor y por ser mi fuerza y el motivo más grande de superación.

AGRADECIMIENTO

A mi Asesor,

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta, por su apoyo, tiempo, dedicación y paciencia, en la ejecución de este trabajo.

A aquellas personas

que me brindaron su apoyo en la ejecución del trabajo de investigación: Madeleine.

A mis familiares,

por su afecto, amor, por sus consejos y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida junto a mi familia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis de la investigación.....	2
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes Bibliográficos	3
2.2. Generalidades del pushgay (<i>Vaccinium floribundum H.B.K.</i>).....	4
2.2.1. Distribución geográfica y hábitat	4
2.2.2. Taxonomía y variabilidad genética.....	5
2.2.3. Sinonimia y nombres vulgares	6
2.3. Características morfológicas	6
2.4. Aspectos ecológicos	7
2.5. Cultivo del pushgay.....	7
2.5.1. Propagación	8
2.5.2. Siembra, época y densidad	8
2.5.3. Suelos	8
2.6. Especies cultivadas de <i>Vaccinium</i>	8
2.7. Composición química y usos del pushgay	9

2.7.1.	Usos	10
2.7.2.	Características físicas y químicas de los frutos	12
2.7.3.	Textura y forma	12
2.7.4.	Color	12
2.7.5.	Número de semillas	13
2.7.6.	Pérdida de peso	13
2.7.7.	Sólidos solubles	13
2.7.8.	Acidez orgánica y titulable	14
2.7.9.	Índice de madurez.....	15
2.7.10.	Relación sólidos solubles/acidez titulable	16
2.8.	Características fisiológicas de los frutos	16
2.8.1.	Crecimiento	17
2.8.2.	Maduración.....	17
2.9.	Cosecha	18
2.9.1.	Recolección	19
2.10.	Manejo de cosecha	19
2.10.1.	La calidad del fruto	19
2.10.2.	Madurez del fruto.....	20
2.11.	Manejo poscosecha	20
2.11.1.	Métodos de conservación.....	21
2.12.	Factores relacionados con el deterioro después de la cosecha	24
2.12.1.	Respiración	24
2.12.2.	Transpiración	25
2.12.3.	Etileno (C ₂ H ₄).....	25
2.12.4.	Daños mecánicos	25
2.12.5.	Daños patológicos.....	26
2.12.6.	Desórdenes fisiológicos	26

2.13.	Causa de pérdida, de ocurrencia común durante la cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas.....	26
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		28
3.1.	Localización de la investigación	28
3.2.	Materiales	29
3.3.	Tratamientos y factores en estudio.....	29
3.4.	Diseño experimental.....	31
3.5.	Metodología	31
3.5.1.	Recolección de los frutos de pushgay (<i>Vaccinium floribundum</i> H.B.K.).....	31
3.5.2.	Selección y clasificación de frutos	32
3.5.3.	Evaluaciones registradas.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES		37
4.1.	Contenido de humedad y materia seca de los frutos de pushgay	37
4.2.	Número de semillas por fruto.....	38
4.3.	Pérdida de peso de los frutos de pushgay durante el periodo de almacenamiento	39
4.4.	pH del zumo de los frutos de pushgay	45
4.5.	Sólidos solubles totales (SST).....	51
4.6.	Acidez total titulable (ATT).....	57
4.7.	Índice de madurez (SST/ATT).....	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA		69
ANEXOS		76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de los arándanos	9
Tabla 2. Análisis proximal, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, contenido de fenoles y capacidad antioxidante en frutos de pushgay del Ecuador	10
Tabla 3. Tratamientos en estudio.....	30
Tabla 4. Estado de madurez del fruto de pushgay (<i>Vaccinium floribundum</i> H.B.K.).....	33
Tabla 5. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso de los frutos de pushgay (%) [Datos transformados con $Y = \arcsin(P)^{1/2}$]	39
Tabla 6. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la temperatura (T) de almacenamiento en la pérdida de peso de los frutos de pushgay (%).....	40
Tabla 7. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto del Estado de madurez del fruto (E) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	41
Tabla 8. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	42
Tabla 9. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Estado de madurez (TxE) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	43
Tabla 10. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD) en la pérdida de peso de los frutos de pushgay	44
Tabla 11. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el pH del zumo de los frutos de pushgay.....	46

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Grado de madurez del fruto (T×E), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	46
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	48
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Estado de madurez y Tiempo de almacenamiento (E×D), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	49
Tabla 15. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en los grados °Brix del zumo de los frutos de pushgay	52
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto Temperatura de almacenamiento (T) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay.....	52
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estado de madurez (E) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay	54
Tabla 18. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay	55
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay	56
Tabla 20. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay. [Datos transformados con $Y = \arcsin(P)^{1/2}$]	57
Tabla 21. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estados de madurez (E) en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%).....	58
Tabla 22. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%).....	59

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay.....	60
Tabla 24. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay [Datos transformados con $Y = \arcsin(P)^{1/2}$].....	62
Tabla 25. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estado de madurez (E) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay	63
Tabla 26. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay.....	63
Tabla 27. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay.....	65
Tabla 28. Datos obtenidos (sin corregir) de porcentaje de pérdida de peso de los frutos de pushgay.....	77
Tabla 29. Datos obtenidos (corregidos) de porcentaje de pérdida de peso de los frutos de pushgay.....	78
Tabla 30. Datos obtenidos de pH de los frutos de pushgay.....	79
Tabla 31. Datos obtenidos de evaluaciones de Sólidos solubles totales de los frutos de pushgay.....	80
Tabla 32. Datos obtenidos (sin corregir) de evaluaciones de Acidez total titulable de los frutos de pushgay.....	81
Tabla 33. Datos obtenidos (corregidos) de evaluaciones de Acidez total titulable de los frutos de pushgay.....	82
Tabla 34. Datos obtenidos (sin corregir) de evaluaciones Índice de madurez de los frutos de pushgay.....	83
Tabla 35. Datos obtenidos (corregidos) de evaluaciones Índice de madurez de los frutos de pushgay.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación política del distrito de Namora. Fuente: (USP 2009).....	28
Figura 2. Cosecha del material experimental (a) y depósito de los frutos cosechados en bandejas.....	32
Figura 3. Pre enfriado y traslado de frutos de pushgay	32
Figura 4. Selección y clasificación de frutos de pushgay.....	33
Figura 5. Envasado de frutos de pushgay y almacenamiento a 10 °C.....	34
Figura 6. Zumo de pushgay (izquierda) y lectura de su pH (derecha)	35
Figura 7. Zumo extraído de la fruta de pushgay (izquierda) y lectura de 10°Brix (derecha)	36
Figura 8. Contenido de humedad (%) de frutos de pushgay. Datos registrados dos horas antes del inicio del período experimental.....	37
Figura 9. Porcentaje de matyeria seca de frutos de pushgay.....	38
Figura 10. Número promedio de semillas por fruto	38
Figura 11. Pérdida de peso de los frutos de pushgay almacenados a 4°C, 10°C y 19°C.....	40
Figura 12. Efecto del Estado de madurez del fruto (E) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	41
Figura 13. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	42
Figura 14. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Estado de madurez (T×E) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%).....	43
Figura 15. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD) en la pérdida de peso de los frutos de pushgay.....	45
Figura 16. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Grado de madurez del fruto (TxE), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	47

Figura 17. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	49
Figura 18. Efecto de la interacción Estado de madurez y Tiempo de almacenamiento (ExD), en el pH del zumo de los frutos de pushgay	51
Figura 19. Efecto Temperatura de almacenamiento (T) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay.....	53
Figura 20. Estado de madurez (E) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay	54
Figura 21. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay.....	55
Figura 22. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD), en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay	56
Figura 23. Efecto de los Estados de madurez (E) en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%).....	58
Figura 24. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%).....	60
Figura 25. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD), en el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay	61
Figura 26. Efecto del Estado de madurez (E) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay	63
Figura 27. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay.....	64
Figura 28. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay. Datos originales.	66

RESUMEN

El pushgay, planta promisorio de los Andes, crece de manera silvestre en los páramos de la sierra andina, su fruto posee un sabor agradable, y es rico en vitamina C, antioxidantes, polifenoles y antocianinas. Es un fruto perecedero que pierde rápidamente su calidad comercial y nutricional; por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento en la calidad físicoquímica del fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K), a fin de prolongar la vida de anaquel del fruto, y así mostrarlo como un producto atractivo para el consumidor. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×3×5 con 45 tratamientos y 5 repeticiones, donde el primer factor fue la temperatura de almacenamiento, en los valores 4°C, 10°C y temperatura ambiente (19°C); el segundo factor fue el estado de madurez del fruto, el cual se estableció de acuerdo al color de la epidermis: color verde, rojo púrpura y azul violeta; y el tercer factor fue el tiempo de almacenamiento: al día 3, día 6, día 9, día 12 y día 15. Se realizaron mediciones en las variables pérdida de peso, pH, grados Brix, porcentaje de ácido cítrico e índice de madurez. Los resultados obtenidos indicaron que el estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento, no influyen en el contenido de humedad, materia seca y número de semillas del fruto de pushgay; pero sí afectan en la pérdida de peso fresco de los frutos de pushgay, y en la calidad química de los mismos.

Palabras clave: estado de madurez, físicoquímicos, poscosecha, *Vaccinium floribundum*, pushgay.

ABSTRACT

Pushgay, a native plant from the Andes, grows wild in the highlands of the Andean mountain range, its fruit has a pleasant taste, and it's rich in vitamin C, antioxidants, polyphenols and anthocyanin. This perishable fruit quickly lose its nutritional and commercial quality. That's why the objective of this research is to evaluate the effect of the storage temperature into the physical-chemical of the pushgay fruit (*Vaccinium floribundum* H.B.K), to try to prolong the fruit life and show it to consumers as an attractive product. A completely random design was used, with a 3x3x5 factorial arrangement, where the storage temperature (4°C, 10°C, 19°C) was the first factor; and the state of maturity the second, which was determined according to the fruit's green, purple or red skin. The third factor was the storage time at the 3, 6, 9, 12 and 15 days. After this, measurements were taken, like lose of weight, and changes in pH, brix degrees, citric acid and maturity index. Results obtained indicated that state of maturity, storage time and temperature, don't influence in moisture content, dry material and seed quantity of pushgay fruits; but they do influence in lose of weight, and chemical quality of those.

Keywords: Maturity state, physical-chemical, post-harvest, *Vaccinium floribundum*, pushgay.

INTRODUCCIÓN

El pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K), es un arbusto del límite inferior de la Jalca, protegido por sus frutos pequeños, oscuros y dulces, cuya colección extractiva y venta en el mercado de las principales ciudades del Norte del Perú (Sánchez y Dillon 2006), genera ingresos económicos adicionales a los pobladores de la zona de producción y a la vez ocasiona la desaparición de plantaciones naturales (Gaviria et al. 2009).

El fruto, considerado como el “Blueberry de los Andes” por su similitud con el de Norteamérica, tiene un interesante potencial comercial y de consumo en el mercado mundial. Sin embargo, aún requiere de estudios agronómicos y nutricionales más detallados, en el primer caso para mejorar la oferta de esta fruta fresca y su incipiente procesamiento industrial; y en el segundo, para comprender el aporte de sus propiedades físicas, químicas y nutricionales a la salud del consumidor. De otro modo, sería difícil que el pushgay alcance un lugar preferencial en el mercado internacional y se convierta en un producto no tradicional capaz de competir con el “blueberry” norteamericano, chileno y argentino.

En el Perú y en la Región Cajamarca no se conoce que existan cultivos comerciales, sino únicamente pequeñas parcelas silvestres de regeneración natural en las laderas de montaña cuyos frutos son artesanalmente procesados en dulces, mermeladas, licores y otros; siendo, por lo tanto, una especie marginal, de producción y consumo estacional y en avanzado peligro de extinción.

Si el sistema productivo de pushgay es deficiente y hasta la fecha no ha recibido la atención de la ciencia agraria, las investigaciones sobre el manejo poscosecha que contribuyan a mejorar la vida de anaquel y la calidad de los frutos, son aún más escasas, por no decir inexistentes. Por esta razón, la presente investigación estuvo orientada a dar una alternativa de manejo poscosecha adecuada para el mantenimiento de las características de la calidad fisicoquímica de los frutos de pushgay. En este contexto,

iniciamos, la presente investigación con los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar el efecto del estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento en la calidad físicoquímica del fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K)

Objetivos específicos:

1. Determinar la variación de la calidad física del fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K) en función al estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento.
2. Determinar la variación de la calidad química del fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K) en función al estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento.

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La calidad físicoquímica de los frutos de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K) varía en función al estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

El género *Vaccinium L.*, es uno de los más grandes de la familia Ericaceae. Comprende de 300 a 400 especies tropicales de los Andes, sur de África y Madagascar; de las cuales, nueve se encuentran en el Perú, siendo cinco de ellas endémicas (Mostacero et al. 2002). Está compuesto por árboles pequeños o arbustos de hojas pequeñas con margen aserrado o crenado, con nerviación pinnada; flores de cuatro a cinco, solitarias o en racimos; cáliz articulado al pedicelo; corola urceolada de color rosado, menor de un centímetro; estambres de igual longitud que la corola, anteras de dehiscencia terminal por un poro y fruto en baya con numerosas semillas pequeñas por lóculo (Vargas 2002).

El pushgay, es una planta promisoría, originaria de los Andes. Crece de manera silvestre en los páramos del norte de la sierra andina, asociada principalmente con la paja (*Calamagrostis intermedia*) (Pérez y Valdivieso 2007). Es abundante en el norte de los Andes (Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela), sobre todo entre los entre 1400 y 4350 m.s.n.m. de los páramos y bosques húmedos montanos (Sajinez et al. 2006).

Según Gaviria et al. (2009), se han reportado tres especies de *Vaccinium*, distribuidas desde Venezuela hasta Bolivia a una altitud comprendida entre los 2600 a 4000 m.s.n.m., las cuales son *V. corymbodendrum*, *V. floribundum* y *V. meridionale*; existiendo una estrecha similitud entre las especies de Ecuador, Colombia y Perú, siendo la más abundante *Vaccinium floribundum* (Ruiz 2011).

La madurez fisiológica se identifica cuando el fruto empieza a tornarse blando, con coloraciones claras por lo menos en un 40% de su superficie; la rapidez de la maduración debe considerarse de acuerdo a la variedad. La fruta luego de la cosecha debe almacenarse a una temperatura de 1 a 5 °C, con una humedad relativa de 80 a 90% (Vargas 2012).

Los frutos de *Vaccinium floribundum* Kunt almacenados a 2°C y a 80 - 85 % de

humedad relativa tienen un tiempo de vida útil de 20 días, sin que la tasa de respiración aumente significativamente (Roldán 2012), mientras que los frutos de *Vaccinium meridionale* Swartz almacenados a 8°C y a 90% de humedad relativa, conservan características de madurez comercial durante 25 días (Rincón et al. 2012).

El fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado de 1 a 2°C durante 9 días, con una humedad relativa del 90%, pierde 5.5% de su peso fresco (de 0.58 a 0.55 g), disminuyendo el diámetro del fruto (de 0.99 a 0.93 cm); la acidez total titulable (ATT) aumenta (de 1.44 a 1.52 %) y los sólidos solubles totales (SST) (de 14.13 a 14.73 °Brix) y el ácido predominante en el fruto es el ácido cítrico, seguido por el ácido málico (1.899 mg y 1.396 mg/100 g fruto, respectivamente) (Rincón et al. 2012).

2.2. GENERALIDADES DEL PUSHGAY (*VACCINIUM FLORIBUNDUM* H.B.K.)

2.2.1. Distribución geográfica y hábitat

Las plantas de la familia Ericaceae (arándanos y grupos cercanos) presentan una amplia distribución geográfica; están presentes en todos los continentes desde las zonas templadas y frías (excepto en la Antártida) hasta las regiones montañosas neotropicales, donde alcanzan su mayor diversidad (Luteyn, citado por Dávila 2001). Constituyen una familia diversa, con 110 géneros y aproximadamente 4000 especies, presentando una radiación en las diferentes áreas continentales (Luteyn 2002). Los géneros más representativos son *Cavendishia* (150 spp.), *Thibaudia* (60 spp.), *Psammisia* (60 spp.), *Vaccinium* (450 spp.), *Macleania* (40 spp.), *Disterigma* (40 spp.), *Gaylussacia* (40 spp.) *Gualtheria* (37 spp.) y *Ceratostema* (34 spp.) (Luteyn, citado por Gutiérrez y Camacho 2011); siendo *Vaccinium* uno de los géneros más grandes de la familia, con 450 especies que se distribuyen desde Asia hasta los Andes, donde está representado por 40 especies. En América, los *Vaccinium* se encuentran geográficamente distribuidos en zonas tropicales donde alcanzan su mayor diversidad; estas condiciones las encontramos específicamente en el noreste de Sudamérica (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela) (Sanjinés et al. 2006), en bosques montanos húmedos y fríos ubicados entre los 1500 y 3000 m de elevación (Luteyn, citado por Dávila 2001).

En el Perú, el pushgay se encuentra formando los bosques montanos, está representada en la flora del país por 22 géneros espontáneos y uno cultivado: *Rhododendron*, y 132

especies, de las cuales 57 son endémicas (Brako y Zarucchi 1993 y Mostacero *et al.* 2010), conformadas principalmente por plantas leñosas (arbustos, arbolillos o matillas), aunque existen también herbáceas (Reyes 2011). Su hábitat es la franja intermedia o de transición entre las zonas agroecológicas quechua alta y Jalca, en la sierra norte, en altitudes que van desde los 2350 a los 3500 m.s.n.m. (Sánchez y Dillon 2006 y Tapia y Fries 2007).

En el departamento de Cajamarca, se ha identificado su presencia en las provincias de Chota, Bambamarca, Cajamarca, Celendín y San Marcos, pero hay indicios de que podría haber grupos de plantas similares, al estado silvestre, en otras partes del país (Tapia y Fries 2007).

2.2.2. Taxonomía y variabilidad genética

El pushgay, pertenece al orden Ericales, familia Ericaceae, género *Vaccinium*, especie *floribundum* y su nombre científico es *Vaccinium floribundum* H.B.K (Brako y Zarucchi 1993 y Noboa 2010). Según Mostacero (2002), el género *Vaccinium* L. tiene de 300 a 400 especies propias del Hemisferio Norte y de las montañas de las regiones tropicales de los Andes, sur de África y Madagascar; en el Perú, se encuentran nueve, de las cuales cinco son endémicas.

Vaccinium crenatum (G. Don) Sleum. Conocido como huamanpinta, es una especie arbustiva de la región altoandina del norte y centro del Perú; *Vaccinium didymanthum* Dunal., es una especie herbácea o arbustiva endémica de la región andina del norte y centro del Perú. A diferencia de estas, *Vaccinium floribundum* H.B.K., frecuenta las laderas boscosas, jalcas, bordes de caminos, así como las laderas abiertas y rocosas con turberas o laderas pedregosas ubicadas entre los 1600 a 4400 m.s.n.m. en casi todo el Perú, sus frutos son comestibles. *Vaccinium mathewsii* Sleum., es una especie arbustiva endémica de la región andina del departamento de Amazonas. *Vaccinium pseudocaracasenum* Sleum., es una especie arbustiva endémica de la región altoandina del departamento de Amazonas. *Vaccinium myrtilus* L. denominado arándano o mirtilo, es una especie propia de Europa y Asia Occidental, cuyas hojas contienen tanino, flavona, glucoquinina, arbutina e hidroquinona; los frutos almacenan taninos, arbutina, mirtalina, ácidos orgánicos, azúcares y pectina; es astringente, tónico, antiséptico, diurético, corrige desórdenes digestivos de los niños, antidiarreico, garganta irritada, e inflamación bucal.

2.2.3. Sinonimia y nombres vulgares

Los nombres vulgares con los cuales se conoce al *Vaccinium floribundum* H.B.K. varían; por ejemplo, en Ecuador la llaman mortiño, uva de los andes, manzanilla de cerro, raspadura quemada, uva de monte; en Colombia se lo conoce como agraz; en Perú, pushgay, macha macha, muña mullaca o congama (ASPADERUC 1997 y Coba et al. 2012). En la región Cajamarca se le denomina uva de monte, uva del campo o simplemente uvita; y en Cusco se conoce una especie parecida denominada pinchicho (Tapia y Fries 2007).

2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El pushgay es un arbusto que alcanza hasta dos metros de altura, glabrescente y ocasionalmente con unos pelos glandulares. Es ramificado (ramas lignificadas de color oscuro que salen de la base); y la raíz alcanza hasta un metro en forma horizontal (Pedraza et al. 2004, Plasencia y Plasencia 2003); sus hojas son pequeñas, con peciolo aplanado, láminas de 0.7 - 1.4 cm de largo y 0.3 - 0.5 cm de ancho, ovadas a lanceoladas, haz glabra, envés glabro u ocasionalmente con pelos glandulares esparcidos, base redondeada a obtusa, margen engrosada y minutamente aserrada con los dientes terminados en un pelo glandular, ápice obtuso, nervaduras hifódromas coriáceas, elípticas a ovado lanceoladas. La inflorescencia es un racimo con flores epíginas: pedicelos de 4 a 6 mm de largo, glabrescentes, hipanto y cáliz de 3.6 a 4.8 mm de largo, verde a rojo oscuro, lóbulos de 4 a 5; corola de 7 mm de largo, cilíndrica, blanca o rosada, lóbulos de 4 a 5, ocho estambres, ovario de 4 a 5 lóculos. (Pedraza et al. 2004). El fruto es una drupa jugosa, con tendencia a baya, originado a partir de un ovario ínfero tetracarpelar. Las semillas son de forma reticulada, testa dura y color pardo dorado; el número de semillas por fruto es bajo cuando se compara con el número de primordios seminales observados en el ovario, las semillas que alcanzan su desarrollo completo son de mayor tamaño; oscilan entre 45 y 60 por fruto.

Los frutos inmaduros son verdes hasta que alcanzan 3 a 4 mm de diámetro, en tamaños mayores poseen tonos violetas y finalmente una coloración casi negra. El sabor del fruto maduro es agradable, aunque un poco ácido, no produce olor apreciable; su apariencia es llamativa por su color y brillantez debido a la cera epicuticular (Chaparro y Becerra 1999).

2.4. ASPECTOS ECOLÓGICOS

Vaccinium floribundum H.B.K., es un arbusto silvestre en proceso de domesticación y de desarrollo lento para la propagación (Noboa 2010), no se conoce que existan cultivos comerciales, sino únicamente pequeñas parcelitas y chaparros de montaña donde la fruta crece en forma silvestre (Sanjinés et al. 2006).

Este arbusto tiene vital importancia por su actividad regeneradora de sitios quemados, por lo cual se emplea en la reforestación de páramos, contribuye a la protección de aves silvestres, suelos agrícolas y fuentes de agua (Coba et al. 2012). Se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas de 8 a 16°C, y entre 1 600 y 3 800 m.s.n.m., en los bosques seco montano bajo y húmedo montano, donde ocupa terrenos ácidos y pobres, inhibiendo a menudo con sus restos el crecimiento de otras plantas; prefiere suelos húmedos y bien drenados (Bernal y Correa, 1990 y Lagos et al. 2010), de textura franco arenosa y con elevado porcentaje de materia orgánica cuyo pH varía entre 5 a 6 (Pérez y Valdivieso 2007); requiere una humedad de 60 a 80%, pluviosidad entre 800 a 2 000mm. Sus raíces se asocian en simbiosis con hongos para asegurar su crecimiento, por medio de endomicorrizas. Estas plantas al habitar en zonas templadas, ajustan su actividad fisiológica a los cambios meteorológicos que se producen a lo largo del año. Durante el verano tiene lugar la formación de las yemas que darían origen a las nuevas estructuras vegetativas y reproductivas del siguiente año, y con el descenso de la temperatura tras el verano, la actividad fisiológica disminuye hasta su detención total (latencia), recuperándose cuando las condiciones ambientales lo permiten (Reyes 2011).

El desarrollo de la planta se da entre tres a cuatro años, florece dos veces al año, de febrero a mayo y de agosto a noviembre; fructifica entre abril a junio y de septiembre a diciembre. Sobre su mecanismo de polinización se sabe que la abeja *Apis mellifera* juega un papel determinante. (CORANTIOQUIA 2009).

2.5. CULTIVO DEL PUSHGAY

El pushgay es un arbusto silvestre natural de los páramos, que crece entre los árboles de pino, pencas, eucaliptos y pajonales. Su hábito de crecimiento produce una sola cosecha al año (Tapia y Fries 2007, Idrovo 2013); no se conocen cultivos comerciales de la especie, actualmente se considera una especie en peligro de extinción. Entre las causas de amenaza

de esta especie, se pueden resaltar los siguientes: deforestación, fragmentación de ecosistemas, lesiones de los individuos por prácticas inadecuadas en la recolección y sobre cosechas, la tumba de árboles, el mal aprovechamiento de las ramas para uso en floristería, las quemadas; estas últimas reconocidas por la gente de la región como causas de la disminución de la población (Idrovo 2013).

2.5.1. Propagación

Por tratarse de un arbusto silvestre, hay un desconocimiento total sobre sus formas de propagación (Tapia y Fries 2007), pero puede realizarse mediante semillas, estacas y propagación *in vitro* (Fuentes 2008).

2.5.2. Siembra, época y densidad

La siembra se realiza a un distanciamiento de 1 m entre plantas y 3 m entre hileras obteniéndose una densidad de 4 400 plantas por hectárea, iniciándose la plantación al iniciar la época de lluvias (Fuentes 2008).

2.5.3. Suelos

Se encuentra en suelos arenosos, pedregosos y sueltos con bastante materia orgánica producto de la descomposición del ichu o hualte (*Stipa ichu*) y las hojas del chimchango (*Hypericum laricifolium* Juss) y otros arbustos (Tapia y Fries 2007), requiere suelos ácidos con pH 4.0 - 4.5, bien drenados y que fundamentalmente no retengan el agua.

Los suelos del páramo son en buena parte de origen glaciar y volcánico reciente y muchos de ellos están aún en plena formación. Su estructura especial se debe a una combinación de materia orgánica, que se descompone muy lentamente en el clima frío, con la ceniza volcánica. Tienen una gran riqueza en materia orgánica y a esto se debe su color negro característico. Poseen una elevada tasa de retención de agua y permeabilidad, lo que permite un buen desarrollo de las raíces y una notable resistencia a la erosión, lo que hace del suelo paramero ideal para la producción de las plantas de pushgay (Idrovo 2013).

2.6. ESPECIES CULTIVADAS DE *Vaccinium*

Los arándanos representan una de las especies de más reciente domesticación, ya que los primeros programas de selección de arbustos y de técnicas de propagación se iniciaron en

Norteamérica entre finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Todos los cultivares obtenidos hasta la actualidad se han desarrollado a partir de formas silvestres (García y García s.f).

Según la Fundación Doñana (2008), los arándanos cultivados se diferencian básicamente en su comportamiento con respecto al frío (necesidad de horas de frío para levantar su latencia invernal), su resistencia a las bajas temperaturas, tanto a las heladas invernales (en climas fríos) como a las primaverales (en zonas tardías o cálidas). Las variedades comerciales son el resultado de programas de mejoras.

Tabla 1. Categorías de los arándanos

Especies	Categorías Nombre común	Requerimiento frío (horas frío)
<i>V. corymbosum</i> L.	Arándanos altos del norte (Highbush)	800-1000
<i>V. Corymbosum</i> L. y <i>V. darrowi</i>	Arándanos altos del sur	200-400 (Algunas veces 600).
<i>V. angustifolium</i> y <i>V. myrtilloides</i>	Arándanos bajos	Requerimientos menores en horas frío.
<i>V. vigratum</i> y <i>V. ashei</i> <i>Reade</i>	Arándanos Ojo de Conejo (Rabbiteye)	400-800
<i>V. corimbozum</i> y <i>V. Angustifolium</i>	Arándanos medios – altos	Requerimientos menores de horas frío.

Fuente: Fundación Doñana 2008.

2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y USOS DEL PUSHGAY

El pushgay posee un gran potencial para la alimentación humana (Tabla 2), por su alto contenido de vitamina C (106.1mg/100g de porción comestible), esta cantidad es superior al contenido de vitamina C de otras frutas andinas. También contiene vitaminas del complejo B, minerales como potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg), proteínas y fibra. La presencia de antocianinas es un indicador del potencial antioxidante de esta fruta, la cual puede ser utilizada también en el área de la medicina (Pérez y Valdivieso 2007 y Fuentes 2008).

Los tipos de antocianinas que tiene el pushgay son delphinidinas, cyanidina, petunidina, peonidina y malvidina (Vicente 2008). Es uno de los frutos con mayor potencial antioxidante, comparado con otros frutos como la fresa, la curuba, la mora y otro gran número de frutas tropicales. Además esta tendría más presencia de polifenoles (Noboa 2010).

2.7.1. Usos

El fruto de pushgay está incluido dentro de los conocidos “frutos del bosque”, los cuales tienen propiedades hipocalóricas, antioxidantes, nutritivas y medicinales, entre otras (Fuentes 2008). Los frutos y hojas de las especies de *Vaccinium* han sido usados históricamente con fines medicinales por nativos norteamericanos para combatir infecciones urinarias, cálculos del riñón, inflamaciones, como diurético y como astringente. Las antocianinas, que le confieren el color azul al fruto, intervienen en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer (Coria et al. 2003).

Los frutos desecados se usan para calmar la diarrea, las hojas se toman en infusión, pues contienen arbutina que puede controlar la diabetes (ASPADERUC 1997). Como alimento, los frutos se consumen en fresco, como complemento en ensaladas de frutas, vegetales y mezclados con cereales y yogurt. Por su sabor fuerte y agradable se lo utiliza en la preparación de salsas, acompañamientos para diversos platos de carnes y preparaciones de tipo gourmet, además de rellenos para *pies*, salsas para *pancakes*, *waffles* y pastelería variada. En la industria, son empleados en la fabricación de tintes, tinturas y combustibles (Sanjinés et al. 2006).

Tabla 2. Análisis proximal, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, contenido de fenoles y capacidad antioxidante en frutos de pushgay del Ecuador

Componente	Cantidad por 100g de fruta fresca
Análisis proximal	
Humedad (g)	81.0 ± 2.00
Grasa (g)	1.0 ± 0.04
Proteína (g)	0.7 ± 0.02
Ceniza (g)	0.4 ± 0.03
Carbohidratos totales (g)	16.9 ± 0.10

van...

Componente	Cantidad por 100g de fruta fresca
Fibra dietética total (g)	7.6 ± 2.20
Fibra dietética soluble (g)	1.2 ± 1.00
Fibra dietética insoluble (g)	6.5 ± 2.50
Azúcares solubles (g)	
Fructosa (g)	4.4 ± 0.4
Glucosa (g)	2.6 ± 0.3
Valor calórico (Kcal)	84 ± 0.4
Ácidos orgánicos	
Ácido cítrico (mg)	3142 ± 614
Ácido málico (mg)	1823 ± 274
Minerales	
Fe (mg)	0.64 ± 0.20
K (mg)	607 ± 73.00
Ca (mg)	17.0 ± 2.30
Mg (mg)	10.23 ± 1.10
Cu (mg)	0.12 ± 0.02
Zn (mg)	0.13 ± 0.02
Componentes antioxidantes	
Ácido ascórbico (mg)	9.0 ± 2.0
B- caroteno (µg)	36.0 ± 6.0
Contenido fenólico soluble total (mg AG)	882 ± 38
Capacidad antioxidante TEAC (mg Trolox)	1203 ± 94

Fuente: Vasco *et al.* 2009 citado por Tupuna 2012.

En el Perú, el pushgay se encuentra formando los bosques montanos, está representada en la flora del país por 22 géneros espontáneos y uno cultivado: *Rhododendron*, y 132 especies, de las cuales 57 son endémicas (Brako y Zarucchi 1993 y Mostacero *et al.* 2010), conformadas principalmente por plantas leñosas (arbustos, arbolillos o matillas), aunque existen también herbáceas (Reyes 2011). Su hábitat es la franja intermedia o de transición entre las zonas agroecológicas quechua alta y Jalca, en la sierra norte, en altitudes que van desde los 2350 a los 3500 m.s.n.m. (Sánchez y Dillon 2006 y Tapia y Fries 2007).

2.7.2. Características físicas y químicas de los frutos

El fruto de pushgay es una drupa jugosa, con tendencia a baya, que varía de tamaño dependiendo del estado de madurez, los frutos inmaduros son verdes hasta alcanzar un diámetro de 3 a 4 mm. De 7 a 12 mm de diámetro alcanzan la madurez y colores que van desde los tonos violeta a casi negros. Los tamaños no siempre muestran correlación con el grado de madurez. El fruto maduro es agradable al gusto, poco ácido, olor no apreciable, de apariencia llamativa por su color y brillantez, debido a la cera epicuticular que presenta (Chaparro y Becerra 1999).

2.7.3. Textura y forma

La textura del fruto es un atributo importante de calidad que influye en los hábitos alimenticios, la salud bucal y la preferencia del consumidor; varía ampliamente en función del tipo de alimento y otros factores, depende mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento, el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En el procesamiento y la manipulación puede tomarse como índice de deterioro (Alvarado y Aguilera 2001).

2.7.4. Color

El cambio de color de los frutos que lleva consigo la maduración es muy típico; suele estar provocado por la degradación de la clorofila, causas primordiales de esta degradación son los cambios de pH (debidos principalmente a la fuga de ácidos orgánicos al exterior de la vacuola), el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas. La pérdida del color verde puede deberse a uno solo, o a varios de estos factores, actuando secuencialmente (Wills *et al.* 1998); con lo cual se hacen visibles los colorantes que antes estaban encubiertos. Los frutos que todavía están verdes suelen contener una cantidad considerable de almidón, que al madurar, se transforma en azúcares (Vollmer *et al.* 1999).

Muchos colores rojos y violáceos de algunas frutas y hortalizas no se deben a los carotenoides, sino a las antocianinas, glicósidos fenólicos hidrosolubles que se encuentran en las vacuolas celulares (Wills *et al.* 1998).

2.7.5. Número de semillas

Las semillas de los *Vaccinium* son numerosas en relación al tamaño del fruto, oscilan entre 45 y 60 por fruto; su tamaño es muy pequeño, tienen una longitud entre 0.93 y 1.2 mm, y entre 0.56 y 0.84 mm de ancho en estado seco; la forma es variada, predominan las ovoides o las elípticas. El número de semillas que no alcanzan el desarrollo completo es alto y las pocas que lo alcanzan se destacan por mayor tamaño, testa dura, reticulada y color pardo dorado (Chaparro de Valencia 1999).

Los arándanos producen en promedio 64 semillas por baya, pero la mayoría son imperfectas. El tamaño de la baya está directamente relacionado con el número de semillas perfectas en el fruto. Cuando las flores cuentan con altos niveles de polinizadores, los frutos grandes tendrán un gran número de semillas (Fava 2012).

2.7.6. Pérdida de peso

La velocidad y la intensidad de la pérdida de agua dependen del tipo de fruto (presencia de cutícula, lenticelas, apertura o cierre de estomas, etc.), posibles recubrimientos y las condiciones ambientales como temperatura o el gradiente de humedad a la que está expuesta, siendo habitualmente mayor en los primeros días tras la separación de la planta. La pérdida de agua libre es una de las causas principales de deterioro, porque esto da como resultado no solamente pérdidas cuantitativas directas (pérdida de peso vendible), sino también pérdida de calidad relacionada con el aspecto, pérdida de brillo y turgencia, la textura (pérdida de jugosidad) y el valor nutricional (Solarte *et al.* s f.).

En arándanos, el color del fruto es rojizo cuando está inmaduro, pero en su madurez es de color negro azulado (Fuentes 2008) y debido al pequeño tamaño que este presenta, y a la epidermis (piel) delgada, son más susceptibles a la pérdida de agua (o deshidratación) que frutas de mayor tamaño como la manzana. Sin embargo, una característica morfológica que contribuye a disminuir la pérdida de agua es el contenido de cera de la cutícula ubicada sobre la epidermis (Undurraga y Vargas 2013).

2.7.7. Sólidos solubles

Las frutas contienen muchos compuestos solubles en agua, como por ejemplo, azúcares, ácidos, aminoácidos, vitamina C y algunas pectinas (Hernández 2010). Estos compuestos

solubles forman el contenido de sólidos solubles de la fruta. En la mayoría de las frutas maduras, los azúcares representan el principal componente de los sólidos solubles, esta es una importante característica de la calidad poscosecha de las frutas; ya que la cantidad de sólidos solubles totales (SST) o azúcar, aumenta a medida que éstas maduran, el contenido de sólidos solubles en la fruta puede representar un índice o estado de madurez útil (Dadzie 1997).

A lo largo del desarrollo de la pulpa de una fruta, se depositan nutrientes en forma de almidón que se transforman en azúcares durante el proceso de maduración. El avance del proceso de maduración lleva a un aumento en los niveles de azúcar (Angón *et al.* 2006).

En arándanos, el contenido de azúcares totales, fructosa y glucosa principalmente, oscila en un rango entre 10 y 14%, de los cuales cerca de un 95% corresponde a azúcares reductores. Por lo general la cosecha de arándanos se basa en el color de la superficie de la fruta que debe ser 100% azul (Pino, 2007). En base a paneles de consumidores, se ha reportado como mínimo índice de aceptabilidad, un valor de 10° Brix. Por otra parte, en las transacciones comerciales, dicho valor es utilizado como norma exigida de exportación o al momento de ingresar al mercado de destino (Feipe 2012).

2.7.8. Acidez orgánica y titulable

La mayor parte de las frutas y hortalizas contienen tasas de ácidos orgánicos que exceden de los necesarios para el funcionamiento del ciclo de los ácidos tricarbóxicos y otras rutas metabólicas. El exceso suele almacenarse en la vacuola, no estando en contacto con el resto de los componentes celulares. Los ácidos dominantes suelen ser el cítrico y el málico.

Los ácidos orgánicos contribuyen considerablemente al sabor, particularmente en el caso de las frutas, el sabor deseado de una de ellas exige un balance adecuado de azúcares y ácidos (Wills *et al.* 1998).

La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba (Bosquez 2003).

El principal ácido orgánico presente en *Vaccinium* es el ácido cítrico seguido del ácido málico (Pino 2007).

2.7.9. Índice de madurez

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto (Angón *et al.* 2006).

Según García y García (2001), un buen índice de madurez debe ser sensible, práctico, rápido, reproducible y reflejar el grado de calidad exacto para determinar el momento preciso en el que iniciar la recolección. Existen varios métodos, destructivos y no destructivos, para determinar el grado de madurez de la fruta; algunos se pueden realizar en campo y otros deben realizarse a nivel de laboratorio. La coloración de la fruta es el método más sencillo, rápido y económico, es el menos confiable y debe combinarse con cualquiera de los otros métodos para tener mayor confiabilidad:

Métodos temporales, no son destructivos y pueden realizarse en campo. Se basan en cálculos directos sobre el tiempo desde la floración o la siembra hasta la maduración, de acuerdo con las unidades de calor (grados/día).

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 abscisión o separación, dimensiones, consistencia (dureza), peso seco y fresco, gravedad específica y textura (tacto).

Métodos fisiológicos, se tiene el rendimiento de la pulpa, jugo o almendra, la producción de etileno y la intensidad respiratoria, la cual se mide en términos de $\text{mg de CO}_2^{-1} \text{ kg de fruta por hora}$.

Métodos organolépticos, están dados por características que pueden ser percibidas por los sentidos, determinando su madurez por medio del sabor, aroma, olor y color. La maduración organoléptica es un proceso en el que se transforma un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible, en otro visual, olfatoria y cualitativamente atractivo.

Métodos químicos, el más conocido a nivel de campo es el de los sólidos solubles o °Brix (°B), el cual es un indicador de la cantidad de azúcares que presenta la fruta. Así a mayor cantidad de azúcares, mayor grado de madurez. También se utiliza el pH, la acidez y el índice de madurez, el cual está dado por la relación entre el brix y la acidez. El contenido de vitaminas, ácidos orgánicos, almidones, aceites y colorantes también pueden ser utilizados para tal fin.

2.7.10. Relación sólidos solubles/acidez titulable

El sabor es expresado a través del equilibrio entre los niveles de sólidos solubles y acidez titulable (SS/ATT) y es considerado de mayor impacto sobre la aceptabilidad por parte del consumidor. Los estudios sensoriales realizados en los países hacia donde se exporta, indican un rango entre 10 y 33 como valores óptimos. En el caso de los arándanos, ese valor es afectado por la acidez más que por los sólidos solubles, debido a la escasa evolución de estos últimos durante la poscosecha (Feipe 2012).

Cuando los frutos han alcanzado su madurez, el azúcar total y los sólidos solubles contenidos en ellos aumenta y la acidez titulable disminuye. Otros indicadores de la pérdida de acidez durante el desarrollo son los incrementos en el pH de los frutos o en la relación sólidos solubles/acidez (Pino 2007).

2.8. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LOS FRUTOS

Las frutas son sistemas biológicos vivos que se deterioran tras la recolección (Will *et al.* 1998). Un aspecto fundamental a tener en cuenta en el manejo poscosecha de frutas es que éstas continúan vivas aún después de cosechadas. En tal sentido, la fruta cosechada continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta. Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos (Áreas y Toledo 2000).

Los *Vaccinium* presentan un comportamiento respiratorio climatérico, caracterizado por un alza respiratoria y de etileno durante la madurez. Sin embargo, a diferencia de otros frutos climatéricos, como la manzana, los arándanos deben cosecharse cercanos a la madurez de consumo ya que los atributos organolépticos (sabor) no mejoran después de

cosecha. Es importante considerar que las variedades pueden presentar distintos niveles de respiración; además, la tasa respiratoria está influenciada por la temperatura.

En general, los arándanos no muestran una gran producción de etileno comparado con otros frutos. Pero, la tasa de producción de esta fitohormona así como la respuesta a ella tiene relación con la variedad. Todos los factores antes descritos hacen que los manejos de poscosecha deban orientarse principalmente al manejo de la temperatura y humedad relativa (Undurraga y Vargas 2013).

Según Wills *et al.* (1998), las etapas de desarrollo fisiológico de las frutas, subsiguientes a la germinación, se dividen en tres: crecimiento, maduración y senescencia, siendo la etapa más importante y compleja del desarrollo de la fruta, el proceso de maduración.

2.8.1. Crecimiento

Implica división celular y subsiguiente crecimiento de células, que en conjunto dan cuenta del tamaño final del fruto (Wills *et al.* 1998).

2.8.2. Maduración

Un fruto maduro es la suma de los cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren en la etapa final de desarrollo del fruto y que producen un órgano comestible y atractivo, tanto a los dispersores de semillas (animales) como a los consumidores. Estos cambios, aunque son muy variables entre las especies, generalmente incluyen la modificación de la ultraestructura y textura de la pared celular, su turgencia, jugosidad, la conversión de almidones a azúcares, incremento en la susceptibilidad a patógenos en la poscosecha y alteraciones en la biosíntesis de pigmentos, así como la biosíntesis y degradación de compuestos responsables del sabor (Solarte *et al.* sf).

Los frutos de pushgay están maduros cuando al aplastarlos se notan blandos, revientan y tienen un líquido entre rosado y violeta. El período de maduración de los frutos no es homogéneo y no toda la producción madura al mismo tiempo, dependiendo de las variedades; por ello, la producción de este fruto se prolonga durante dos a tres meses, entre febrero y mayo; es decir, hacia el final de la época de lluvias (Tapia y Fries 2007). La maduración puede dividirse a su vez en tres fases: maduración fisiológica, maduración organoléptica y maduración comercial (Angón *et al.* 2006).

2.8.2.1. Madurez fisiológica

La madurez fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas. La evolución de la maduración fisiológica sólo se complementa adecuadamente cuando el fruto se encuentra en la planta (Angón et al. 2006). Esta se identifica, cuando el fruto empieza a tornarse blando y con coloraciones claras por lo menos en un 40%. Se debe considerar la rapidez de maduración de acuerdo a la variedad (Vicente 2008).

2.8.2.2. Madurez organoléptica

La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las define como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible, en otro visual, olfatorio y *gustativamente* atractivo; estado de desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna) (Wills *et al.* 1998).

La maduración organoléptica se puede completar tanto en la planta como una vez que la fruta ya se ha recolectado. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta (Angón *et al.* 2006).

2.8.2.3. Madurez comercial

La madurez comercial hace referencia al momento adecuado de proceder a la recolección de un producto destinado a un fin concreto, con el objetivo de cumplir la exigencia del mercado (Wills *et al.* 1998). Puede o no coincidir con la madurez fisiológica. En la mayor parte de los frutos el máximo desarrollo se alcanza antes de que alcance el estado de preferencia de los consumidores, pero en aquellos que son consumidos inmaduros la madurez comercial se alcanza antes que la fisiológica. (López 2003).

2.9. COSECHA

La cosecha consiste en recoger el producto del campo, con un nivel adecuado de madurez y con mínimos daños, pérdidas y costos. El manejo de la cosecha requiere de una buena

planificación de la producción para asegurar que la madurez del cultivo coincida con la demanda del mercado (Areas y Toledo 2000).

2.9.1. Recolección

La recolección de los *Vaccinium*, es una labor delicada pues se necesita una cantidad de mano de obra especializada considerable. Para iniciar la cosecha debe valorarse el tamaño e índice de madurez de la fruta. El indicador de este índice es el color (Fundación Doñana 2008). Otro parámetro que determina el inicio de la recolección, es el contenido en azúcares totales, que se mide en °Brix, y cuyo nivel óptimo debe ser superior a 11 °Brix (García y García sf.).

La maduración no se presenta homogéneamente, por ello debe hacerse entre 6 y 8 pases por cada planta. La fruta en estado maduro presenta una cerosidad (pruina) que no debería ser removida, lo que implica cierto cuidado en la recolección (Fundación Doñana 2008).

Los frutos se recogen manualmente uno a uno, no presionando con fuerza las bayas para no dañarlas, y se colocan directamente en los envases finales, que suelen ser barquetas de distintos modelos y tamaños. La selección se realiza directamente sobre la planta, controlando el estado de madurez, el tamaño, la ausencia de daños en los frutos (García y García sf.).

Cuando se está llevando a cabo la torsión del pedúnculo es muy común encontrar partes verdes en un mismo fruto donde no recibe iluminación directa, y coloreadas en las más expuestas (Chaparro de Valencia y Becerra de Lozano 1999).

2.10. MANEJO DE COSECHA

2.10.1. La calidad del fruto

La calidad está definida por una serie de factores que podemos agrupar en calidad visible, calidad organoléptica y calidad nutritiva. La calidad visible se refiere a la apariencia de la fruta, la cual en arándanos se define como: un fruto de color azul uniforme, presencia de cera en la superficie de la fruta (conocida como *bloom*) que el consumidor relaciona a una fruta fresca, ausencia de defectos como daño mecánico y pudriciones, forma y tamaño de la fruta, y fruta con firmeza adecuada. La calidad organoléptica está determinada por un contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles responsables del aroma

característico de la fruta. Por lo tanto, todas las operaciones de precosecha y poscosecha deben ir orientadas a maximizar la llegada de un producto de calidad hasta el consumidor. Los índices de calidad normalmente usados por la industria de fruta fresca son: color, tamaño, forma, ausencia de defectos, firmeza y sabor (Undurraga y Vargas 2013).

2.10.2. Madurez del fruto

Gran parte del potencial de duración de poscosecha de la fruta (o mantención de calidad) se define en el momento de cosecha, especialmente para bayas. El primer factor a considerar es la selección del momento de cosecha adecuado, el cual para arándanos está definido por el color de la fruta. A pesar de su característica climatérica, los arándanos deben tener un desarrollo de color azul uniforme para obtener una fruta de buena calidad. Frutas cosechadas de color rojo, si bien mantienen una mayor firmeza y desarrollarán un color azul posterior a cosecha, tendrán calidad organoléptica inferior a un fruto cosechado con un color apropiado. En este momento, se deben tomar todas las precauciones para disminuir daños por golpe y exposición a altas temperaturas, lo que sólo se logrará con una buena capacitación del personal de cosecha. Una mayor manipulación de la fruta sólo contribuirá a causar daño y remover la cera de la piel del arándano. Si los contenedores de cosecha son sobrellenos, el daño por compresión causa un efecto directo sobre la fruta y por otro lado dificultará su posterior enfriamiento. Si la cosecha se realiza directamente en el contenedor de exportación, la fruta es sometida a una menor manipulación, lo que favorece entre otras cosas la mantención del *bloom*, menor daño por compresión y menor exposición a contaminación. Otro factor importante es evitar la exposición de la fruta a alta temperatura durante las labores de cosecha, por lo que es fundamental un rápido transporte a zona de empaque (Undurraga y Vargas 2013, García y García sf.).

2.11. MANEJO POSCOSECHA

Cuando los frutos alcanzan la madurez fisiológica comienzan a producirse numerosos cambios de color, firmeza y sabor, relacionados con las características organolépticas, que los hace finalmente más atractivos para el consumo. Los *Vaccinium* son frutos climatéricos, es decir que, una vez cosechados a su madurez fisiológica, son capaces de adquirir características similares a los que maduraron unidos a la planta. Sin embargo,

una vez alcanzado el estado de máxima calidad, sobreviene muy rápidamente el de sobremadurez, asociado a un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y de color, lo cual debe ser evitado (García y García sf.).

2.11.1. Métodos de conservación

El mortiño (*Vaccinium meridionale* S.w.), especie similar al pushgay, presenta la ventaja de que se puede congelar sin que se alteren sus características organolépticas y nutricionales, ni que ocurran variaciones en su peso o volumen; esto facilita su almacenamiento para mantener una oferta permanente aún fuera de las épocas de cosecha, así como la elaboración de productos a partir del fruto congelado (CORANTIOQUIA 2009).

2.11.1.1. Manejo de temperatura y humedad relativa

La temperatura es el factor ambiental más importante, ya que la velocidad de deterioro de poscosecha, sea cualquiera su causa, se ve afectada por ésta (Wills *et al.* 1998), la cual debe ser manejada desde el huerto al momento de la cosecha, mediante el uso de sombreaderos o el desplazamiento rápido a los lugares de embalaje (packing) donde existe un control de temperatura (Undurraga y Vargas 2013). La velocidad con la que ocurre la pérdida de calidad posterior a la cosecha de los arándanos, está relacionada fundamentalmente con la temperatura, y por ello, un adecuado manejo de la misma a partir de la cosecha contribuye notablemente a mantener la calidad de la fruta. Con temperaturas de 4°C y 5°C, los *Vaccinium* tienen una tasa respiratoria considerada baja a moderada, que se eleva considerablemente a temperatura ambiente. Cuanto mayor es la tasa respiratoria, más rápido se producen los cambios involucrados en la maduración y en la pérdida de calidad (García y García sf.).

Durante la cosecha, los frutos se encuentran en general bajo condiciones de alta temperatura ambiente, lo que hace que se encuentren respirando a una alta tasa. En el proceso de respiración se consume oxígeno (O₂) y se produce dióxido de carbono (CO₂) para poder producir energía necesaria para mantener la vida; sin embargo, como subproductos; existe calor de respiración y agua liberadas al medio. La respiración y sobre todo los aumentos en su tasa, pueden afectar la calidad de la fruta; por ejemplo, producto del calor de respiración que aumenta la temperatura se produce pérdida de agua, y además

es posible observar en muchos casos una baja de la acidez porque los ácidos son usados como sustratos preferenciales para el proceso de respiración (Undurraga y Vargas 2013).

El control de humedad relativa mantiene la textura y el peso de los productos sin propiciar el crecimiento de mohos en su superficie. Para la mayoría de frutas y verduras la humedad relativa óptima, en refrigeración, se sitúa entre el 85% y el 90% (Aranceta y Pérez 2006).

En general, los arándanos son muy susceptibles a la pérdida de agua, lo que afecta de manera negativa la apariencia de la fruta ya que se observan “arrugamientos”. Por este motivo es crítico mantener la fruta a la temperatura y humedad recomendadas, para disminuir así el déficit de presión de vapor y la deshidratación (Undurraga y Vargas 2013).

2.11.1.2.Refrigeración

El frío es una de las técnicas más ampliamente utilizada en el mundo para minimizar el deterioro poscosecha de frutas y hortalizas frescas, reduciendo además su deshidratación y desarrollo de enfermedades. Cuando el destino de los arándanos es para consumo en fresco, es necesario reducir rápidamente la temperatura de los frutos mediante el pre enfriado, hasta alcanzar valores próximos al aconsejado para la conservación, con el fin de evitar pérdidas de la calidad; este proceso debe efectuarse en las primeras cuatro horas desde la cosecha. El método más recomendable para pre enfriarlos es utilizar aire forzado, que consiste en pasar aire frío dentro de los envases por acción de un ventilador, con este sistema se consigue bajar la temperatura del interior de los frutos desde 20 a 25°C hasta 1.5°C en 2 horas, mientras que utilizando una cámara fría se requieren 48 horas. La fruta pre enfriada debe permanecer a una temperatura próxima a 0°C con una humedad relativa entre 90 y 95%. En estas condiciones los frutos pueden mantener su calidad óptima unas dos o tres semanas (García y García sf.).

2.11.1.3.Uso de atmósferas controladas y modificadas

2.11.1.3.1. *Invasado en atmósfera controlada*

El envasado en atmósfera controlada (CAP - *Controlled Atmosphere Packaging*) supone la sustitución del aire por un gas o una mezcla de gases específicos cuya proporción se fija de acuerdo a las necesidades del producto. Es deseable que la composición de la atmósfera creada se mantenga constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, las reacciones metabólicas de determinados productos consumen algunos gases (oxígeno) y generan

otros (dióxido de carbono, etileno) que alteran esta composición inicial. Estas variaciones se detectan mediante dispositivos de control y se compensan con distintos mecanismos de producción o eliminación de gases. En los envases de pequeñas dimensiones, destinados a la venta al menudeo, no es posible implementar estos sistemas (García *et al.* 2006).

2.11.1.3.2. Envasado en atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada (EAM o MAP en sus siglas inglesas, *Modified Atmosphere Packaging*) consiste en la evacuación del aire contenido en el envase y la inyección del gas o de la combinación de gases más adecuado a los requerimientos del producto. Si se envasan en atmósfera modificada alimentos con una actividad metabólica importante, como frutas y hortalizas frescas, es imprescindible emplear materiales de permeabilidad selectiva. En caso contrario, su vida útil se reduce considerablemente. La estructura de estas láminas poliméricas permite el intercambio de gases entre el espacio de cabeza del envase y la atmósfera exterior (García *et al.* 2006).

Teniendo como base el uso de baja temperatura (0 °C), se ha evaluado una serie de tecnologías para extender la vida poscosecha del arándano. Las más utilizadas, atmósfera modificada (AM) y atmósfera controlada (AC), se basan en la modificación de la composición de gases (O₂ y CO₂) durante almacenamiento y/o transporte. En ambas técnicas el principal efecto sobre la fisiología de la fruta es la disminución de la actividad metabólica así como el control de hongos. Dentro de los potenciales beneficios de estas tecnologías se pueden mencionar una reducción de la deshidratación (AM principalmente) y menor desarrollo de pudriciones, siempre y cuando se utilicen correctamente. Los niveles de gases logrados a través del uso de AM son dependientes de características de la fruta (tasa respiratoria, temperatura), de la cubierta o film (permeabilidad principalmente), y del ambiente (temperatura). Al contrario, en AC los niveles de gases a utilizar son mantenidos y/o ajustados en forma automática durante todo el almacenamiento de la fruta, lo que lo independiza de los factores mencionados para AM. Una opción que es utilizada en AM para llegar en forma más rápida a la concentración de gases final es realizar una inyección inicial, la que posteriormente se mantiene a través de la respiración de la fruta y características del film (atmósfera modificada activa). Para el arándano, las concentraciones que han mostrado ventajas en la extensión poscosecha son 2-5% de O₂ y 10-15% de CO₂ a 0°C. Los efectos de alto CO₂

(concentraciones a 10% o más) son eficientes para el control de patógenos como botritis (Undurraga y Vargas 2013).

2.11.1.4. Incidencia de pudriciones

De los principales problemas en la poscosecha de arándanos, el desarrollo de pudriciones sin lugar a dudas ocupa un lugar preponderante. De los patógenos que frecuentemente atacan a estos frutos tenemos botritis (*Botrytis cinerea*), antracnosis (*Colletotrichum* sp.) y rhizopus (*Rhizopus* sp.). Sin embargo, el principal problema fungoso en la poscosecha de arándanos es botritis. Si bien con un buen manejo de la temperatura se puede reducir la incidencia de este hongo, no se puede frenar su desarrollo, ya que es capaz de desarrollarse incluso a 0 °C. El uso de alto CO₂ en manejos de AC o AM también son capaces de reducir el nivel de incidencia del patógeno, pero sin duda todas estas estrategias de poscosecha deben ser apoyadas por un buen manejo de la precosecha y cosecha; es así como la aplicación de fungicidas en momentos críticos de infección en precosecha como por ejemplo la floración, ayudan a reducir los niveles de incidencia en poscosecha, además, se deben evitar las cosechas en días con alta humedad o agua libre (Undurraga y Vargas 2013).

2.12. FACTORES RELACIONADOS CON EL DETERIORO DESPUÉS DE LA COSECHA

2.12.1. Respiración

Es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado, como en cualquier producto vegetal vivo. Siendo la degradación oxidativa de los productos más complejos presentes en las células, como el almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua, con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones de síntesis (Wills *et al.* 1998).

La respiración es una reacción básica en toda materia vegetal tanto en los campos como después de la cosecha. En la planta en crecimiento, el proceso se prolonga sin interrupción mientras las hojas sigan fabricando hidratos de carbono, y no puede detenerse sin dañar la planta o al producto cosechado. Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua una vez recolectados, por lo que la respiración utiliza el almidón o azúcar almacenados y se detiene cuando se agotan las reservas de esas

sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto (FAO 1993).

2.12.2. Transpiración

La transpiración es la pérdida de agua en estado de vapor a través del área de la fruta expuesta al aire. Esta pérdida de agua se traduce en una reducción del peso y pérdida de turgencia del producto, demeritando su calidad y valor comercial para el mercado de productos frescos (García y García 2001).

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra, y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos después de la cosecha constituye un grave problema, que da lugar a mermas y a pérdida de peso. Cuando el producto recolectado pierde de un 5 a 10 % de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. Para prolongar la vida útil del producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible (FAO 1993).

2.12.3. Etileno (C₂H₄)

Compuesto orgánico simple que afecta los procesos fisiológicos de las plantas, es un producto natural del metabolismo de las plantas y es producido por todos los tejidos de las plantas superiores como fitohormona; regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia y es fisiológicamente activo en cantidades traza (menos de 0.1 ppm) (Kader 2011). Acelera la maduración de muchas frutas, pasando así a ser considerado como exógeno capaz de promover la maduración (Wills *et al.* 1998).

La velocidad de producción de C₂H₄ en las frutas se incrementa con el estado de madurez en la cosecha, daños físicos, la incidencia de enfermedades, incremento de la temperatura hasta 30°C y estrés de agua. Y se reduce por el almacenamiento a bajas temperaturas y niveles reducidos de O₂ (más de 2%) alrededor del producto (Kader 2011).

2.12.4. Daños mecánicos

El daño de la superficie, el magullamiento por impacto y por vibración son los principales causantes del deterioro. El oscurecimiento de los tejidos dañados es el resultado de la

ruptura de las membranas, que expone los compuestos fenólicos a la acción de la polifenol oxidasa (Kader 2011). Los daños mecánicos aceleran la pérdida de peso, por el incremento del flujo gaseoso a través del área dañada, estimulan la producción de CO₂ y C₂H₄ del fruto, facilita la germinación, crecimiento y esporulación de esporas fúngicas (Wills *et al.* 1998 y Kader 2011).

2.12.5. Daños patológicos

Toda materia viva está expuesta a ataques de parásitos. El producto fresco puede quedar infectado, antes o después de la cosecha, por enfermedades difundidas por el aire, suelo y agua. Algunas enfermedades pueden atravesar la piel intacta del fruto, mientras que otras solo pueden producir infecciones cuando ya existe la lesión. Ese tipo de daños es probablemente la causa principal de las pérdidas del producto fresco (FAO 1993).

2.12.6. Desórdenes fisiológicos

Los cambios fisiológicos se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica, daños físicos y deficiencias nutritivas. Cuando el producto se expone a temperaturas extremas, a modificaciones de la composición de la atmósfera o a contaminación, sufre un deterioro fisiológico anormal, que puede causar sabores desagradables, la detención del proceso de maduración u otras modificaciones de los procesos vitales, y puede dejar de ser apto para el consumo (FAO 1993).

2.13. CAUSA DE PÉRDIDA, DE OCURRENCIA COMÚN DURANTE LA COSECHA Y POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Según Liñan y Ubillus (1996), las causas de pérdida durante la cosecha son: Personal no calificado, estado de maduración inadecuado, selección deficiente del producto, cajas cosecheras inapropiadas, daños mecánicos, momentos inoportunos de cosecha, exposición del producto al sol, permanencia excesiva del producto cosechado en el campo, condiciones sanitarias deficientes, sanidad deficiente.

Durante el almacenamiento: Infraestructura y equipo deficiente, manejo deficiente de la temperatura, humedad relativa, composición atmosférica y ventilación, daño mecánico

inapropiado del producto, cargas mixtas de productos incompatibles, discontinuidad en la cadena de frío y deterioro patológico.

Durante el transporte al puerto de embarque: Retrasos excesivos, vehículos inadecuados, sistema vial deficiente y acondicionamiento inadecuado del producto.

Durante el embarque y despacho del producto: Infraestructura inadecuada de puerto y aeropuertos, retrasos excesivos en aduanas, productos en condiciones adversas, capacidad de bodega limitada.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, la cual está ubicada a 2682 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 660 mm, humedad relativa promedio anual de 74% y temperatura promedio anual de 14°C, se localiza en las coordenadas de 7°10'07'' de latitud Sur y 78°29'42'' de longitud Oeste.

El material experimental (frutos de pushgay), fue recolectado de una población silvestre de plantas creciendo en los caseríos Nuevo San José y Cabracancha del distrito de Namora (Fig. 1), el cual está ubicado a 30 km de la ciudad de Cajamarca, a 2733 m.s.n.m., a 7°11'59'' de latitud sur y 78°19'24'' de longitud oeste; con una temperatura ambiente promedio anual de 4°C a 18°C y humedad relativa promedio anual de 80%.



Figura 1. Delimitación política del distrito de Namora. Fuente: (USP 2009)

3.2. MATERIALES

a. Material experimental

Frutos de pushgay, colectados, seleccionados y clasificados en tres estados de madurez, según la coloración de su epidermis (azul violeta, rojo púrpura y verde).

b. Insumos de laboratorio

Agua destilada, alcohol (96°), hidróxido de sodio (NaOH a 0.1 N), fenolftaleína al 1%.

c. Equipos y materiales de laboratorio

Potenciómetro (PEN TYPE PHMETER-POMETER), refractómetro manual (PORTABLE REFRACTOMETER), balanza analítica (Mettler Toledo), agitador magnético (IKA C-MAG HS7), refrigeradora (COLDEX), termómetro, estufa (Menmert de 225°C). Matraz kitasato, papel aluminio, pinzas, pipetas graduadas de 1ml y 10 ml, beakers de 50 ml, mortero y pilón, bandejas de plástico, tapers de plástico, probetas pyrex de 50,100, 500 y 1000ml, colador, papel secante y guardapolvos, cámara digital, papel bond, bolígrafos.

3.3. TRATAMIENTOS Y FACTORES EN ESTUDIO

Factor T°: Temperatura de almacenamiento.

$$t_1 = 4^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 10^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 19^{\circ}\text{C}$$

Factor E: Estado de madurez del fruto

$$e_1 = \text{Verde}$$

$$e_2 = \text{Rojo púrpura}$$

$$e_3 = \text{Azul violeta}$$

Factor D: Tiempo de almacenamiento.

$$d_1 = \text{Tres días}$$

$$d_2 = \text{Seis días}$$

$$d_3 = \text{Nueve días}$$

$$d_4 = \text{Doce días}$$

$$d_5 = \text{Quince días}$$

Tabla 3. Tratamientos en estudio

N°	Clave	Descripción
1	t _{1e1d1}	4°C+ azul violeta + 3 días de almacenamiento
2	t _{1e1d2}	4°C+ azul violeta + 6 días de almacenamiento
3	t _{1e1d3}	4°C+ azul violeta + 9 días de almacenamiento
4	t _{1e1d4}	4°C+ azul violeta + 12 días de almacenamiento
5	t _{1e1d5}	4°C+ azul violeta + 15 días de almacenamiento
6	t _{1e2d1}	4°C+ Rojo púrpura + 3 días de almacenamiento
7	t _{1e2d2}	4°C+ Rojo púrpura + 6 días de almacenamiento
8	t _{1e2d3}	4°C+ Rojo púrpura + 9 días de almacenamiento
9	t _{1e2d4}	4°C+ Rojo púrpura + 12 días de almacenamiento
10	t _{1e2d5}	4°C+ Rojo púrpura + 15 días de almacenamiento
11	t _{1e3d1}	4°C+ Verde + 3 días de almacenamiento
12	t _{1e3d2}	4°C+ Verde + 6 días de almacenamiento
13	t _{1e3d3}	4°C+ Verde + 9 días de almacenamiento
14	t _{1e3d4}	4°C+ Verde + 12 días de almacenamiento
15	t _{1e3d5}	4°C+ Verde + 15 días de almacenamiento
16	t _{2e1d1}	10°C+ azul violeta + 3 días de almacenamiento
17	t _{2e1d2}	10°C+ azul violeta + 6 días de almacenamiento
18	t _{2e1d3}	10°C+ azul violeta + 9 días de almacenamiento
19	t _{2e1d4}	10°C+ azul violeta + 12 días de almacenamiento
20	t _{2e1d5}	10°C+ azul violeta + 15 días de almacenamiento
21	t _{2e2d1}	10°C+ Rojo púrpura + 3 días de almacenamiento
22	t _{2e2d2}	10°C+ Rojo púrpura + 6 días de almacenamiento
23	t _{2e2d3}	10°C+ Rojo púrpura + 9 días de almacenamiento
24	t _{2e2d4}	10°C+ Rojo púrpura + 12 días de almacenamiento
25	t _{2e2d5}	10°C+ Rojo púrpura + 15 días de almacenamiento
26	t _{2e3d1}	10°C+ Verde + 3 días de almacenamiento
27	t _{2e3d2}	10°C+ Verde + 6 días de almacenamiento
28	t _{2e3d3}	10°C+ Verde + 9 días de almacenamiento
29	t _{2e3d4}	10°C+ Verde + 12 días de almacenamiento
30	t _{2e3d5}	10°C+ Verde + 15 días de almacenamiento
31	t _{3e1d1}	19°C+ azul violeta + 3 días de almacenamiento
32	t _{3e1d2}	19°C+ azul violeta + 6 días de almacenamiento
33	t _{3e1d3}	19°C+ azul violeta + 9 días de almacenamiento
34	t _{3e1d4}	19°C+ azul violeta + 12 días de almacenamiento

van...

...vienen

N°	Clave	Descripción
35	t ₃ e ₁ d ₅	19°C+ azul violeta + 15 días de almacenamiento
36	t ₃ e ₂ d ₁	19°C+ Rojo púrpura + 3 días de almacenamiento
37	t ₃ e ₂ d ₂	19°C+ Rojo púrpura + 6 días de almacenamiento
38	t ₃ e ₂ d ₃	19°C+ Rojo púrpura + 9 días de almacenamiento
39	t ₃ e ₂ d ₄	19°C+ Rojo púrpura + 12 días de almacenamiento
40	t ₃ e ₂ d ₅	19°C+ Rojo púrpura + 15 días de almacenamiento
41	t ₃ e ₃ d ₁	19°C+ Verde + 3 días de almacenamiento
42	t ₃ e ₃ d ₂	19°C+ Verde + 6 días de almacenamiento
43	t ₃ e ₃ d ₃	19°C+ Verde + 9 días de almacenamiento
44	t ₃ e ₃ d ₄	19°C+ Verde + 12 días de almacenamiento
45	t ₃ e ₃ d ₅	19°C+ Verde + 15 días de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar, bajo arreglo factorial 3×3×5 con 45 tratamientos y 5 repeticiones, dentro de cada repetición, los tratamientos involucraron a una unidad experimental compuesta de 100g de fruta fresca.

Al existir diferencias significativas, los promedios de las mediciones se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Recolección de los frutos de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K.)

Los frutos fueron tomados de una población silvestre de plantas, encontrada entre los 2 800 y 3 010 m.s.n.m., del caserío de Nuevo San José del distrito de Namora. La cosecha se realizó de forma manual durante las primeras horas de la mañana. Luego, los frutos fueron puestos en bandejas plásticas de 35 x 25 cm, recubiertas con tela (Fig. 2). Los criterios de selección fueron la condición sanitaria (frutos sin síntomas de daños por plagas y enfermedades) y el aspecto externo del fruto relacionado con la coloración de la epidermis, como indicador de los grados de madurez descritos en el acápite 3.3.



Figura 2. Cosecha del material experimental (a) y depósito de los frutos cosechados en bandejas

En total, se recolectaron 7 kg de frutos, los cuales fueron trasladados a bolsas de plástico. Luego se procedió a realizar un pre enfriado sumergiendo las bolsas en agua a 10 °C, enfriada con cubitos de hielo. Luego, la fruta fue transportada en cajas de tecnopor con cubitos de hielo, al Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para su respectiva evaluación (Fig. 3).






Figura 3. Pre enfriado y traslado de frutos de pushgay

3.5.2. Selección y clasificación de frutos

En el laboratorio, la selección permitió separar los frutos íntegros, sanos y bien conformados de las impurezas, las cuales fueron descartadas. Los frutos seleccionados fueron clasificados en base a su color y tamaño (Fig. 4), obteniéndose 1 845 g de frutos de grado 3 (frutos de color azul violeta), 3 220 g de frutos de grado 2 (frutos de color rojo purpura) y 1 598 g de frutos de grado 1 (frutos de color verde) (Tabla 4).

Tabla 4. Estado de madurez del fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K.)

Estado de madurez	Grado	Características
	1	Consistencia dura, coloración verde con manchas rojizas opacas
	2	Consistencia ligeramente blanda, coloraciones rojizas púrpuras brillantes en todo el fruto
	3	Consistencia blanda, coloración azul violeta a oscuro por lo menos en un 40%

Fuente: Adaptado de Roldán 2012



Figura 4. Selección y clasificación de frutos de pushgay

Los frutos seleccionados y clasificados, se colocaron en envases de polietileno con perforaciones en la tapa; la finalidad de estas perforaciones fue permitir el intercambio de gases (O_2 , CO_2 y etileno) y evitar una humedad excesiva (Moreno *et al.* 2014). Cada envase representó un tratamiento, con un contenido de 100 g de fruta. Posteriormente, fueron almacenados a temperaturas de 4°C, 10°C y temperatura ambiente (19 °C), según la siguiente distribución: los tratamientos 1 al 15 fueron almacenados a temperaturas de

4°C; los tratamientos 16 al 30 a 10°C (Fig. 5) y los tratamientos 31 al 45 se dejaron en el laboratorio a temperatura ambiente (19 °C).



Figura 5. Envasado de frutos de pushgay y almacenamiento a 10 °C

3.5.3. Evaluaciones registradas

Antes de someter los frutos al efecto de las temperaturas indicadas (tratamientos), se realizaron los análisis de laboratorio para determinar las características fisicoquímicas iniciales de los frutos (día 0). Posteriormente, los análisis de laboratorio se realizaron cada tres días y por un período de 12 días. Es decir, que la totalidad del ensayo se llevó a cabo en 15 días.

3.5.3.1. Determinación de materia seca y humedad (%)

Consistió en secar 45 muestras de 10 g de frutos de pushgay cada una, en la estufa a 150°C por 24 horas, tiempo en el cual se registró un peso constante. Finalmente, las muestras secas se pesaron (peso final) y se calculó el contenido de materia seca, con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de materia seca} = \frac{p_{final}}{p_{inicial}} \times 100$$

3.5.3.2. Número de semillas

Se tomó 20 frutos por tratamiento y se los dejó secar a temperatura ambiente para luego realizar manualmente la extracción y conteo de semillas.

3.5.3.3. Pérdida de peso

Para evaluar la pérdida de peso de los frutos, primero se determinó el peso inicial de 20 frutos por tratamiento, usando una balanza digital con una precisión de 0.01 g; los pesajes

se continuaron ejecutando cada tres días hasta el día 15, momento en el cual se registró el peso final. Los resultados fueron expresados como porcentaje de la pérdida de peso con relación al peso inicial. Se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final correspondiente a cada periodo de almacenamiento

3.5.3.4. pH

Las medidas de pH se realizaron utilizando el zumo o extracto del fruto a temperatura de 20°C, empleando un pH-metro digital calibrado con soluciones tampón de pH 4 y 7.02 (Fig. 6).



Figura 6. Zumo de pushgay (izquierda) y lectura de su pH (derecha)

Según Norma - COVENIN 1315, una vez preparada la muestra (zumo), se procede a calentar y calibrar el medidor de pH. Antes y después de usar, los electrodos se mantuvieron sumergidos en agua destilada, se lavaron cuidadosamente con la misma y secaron con una toalla de papel muy fina. Para la calibración, el electrodo se sumergió en soluciones tampón de pH 7 y 4. Se verificó la temperatura de la muestra a medir, se sumergió el electrodo y se leyó el valor de pH de la muestra.

3.5.3.5. Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro manual, autocompensado para 20°C. Para tal propósito, se extrajo el zumo de 10 g de frutos, luego con un gotero se

colocó una o dos gotas del zumo sobre el prisma, se descendió la cobertura de vidrio suavemente y se efectuó la lectura correspondiente (Fig. 7). El resultado se expresó como porcentaje (%) de sólidos solubles (INIA 2003).



Figura 7. Zumo extraído de la fruta de pushgay (izquierda) y lectura de 10°Brix (derecha)

3.5.3.6. Acidez total

Para determinar la acidez titulable (ATT), se tomó un 1ml de zumo de fruta y se aforó a 10 ml con agua destilada, se añadió una gota de fenolftaleína al 1% y se tituló con NaOH (0.1 N). La acidez titulable se calculó en función del ácido cítrico (INIA 2003).

$$\% \text{ acidez} = \frac{N \times V \times \text{Meq}}{P} \times 100$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH (0.1 meq/ml)

V = Volumen de NaOH consumido (ml)

P = Peso de la muestra (gramos)

Meq = Peso equivalente del ácido cítrico (0.064 g/meq)

3.5.3.7. Índice de madurez

Fue estimado en base a la relación °Brix/Acidez total. Si el cociente es igual a la unidad, el fruto fue considerado verde; si es superior a la unidad; el fruto fue considerado *maduro* (INEN 2010).

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

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA DE LOS FRUTOS DE PUSHGAY

Previo al inicio de la fase experimental (almacenamiento), se determinó que el contenido de humedad y materia seca de los frutos de pushgay no tuvo variaciones significativas en función al estado de madurez (Figs. 8 y 9). Los frutos de color azul violeta y rojo púrpura, registraron una humedad de 83.88 y 83.87%, respectivamente y los de color verde 81.04%, datos que coinciden con los reportados por Gaviria *et al.* (2009), quienes mencionan que los frutos de *Vaccinium* presentan un contenido de humedad que oscila entre el 77 y 83% del peso total del fruto.

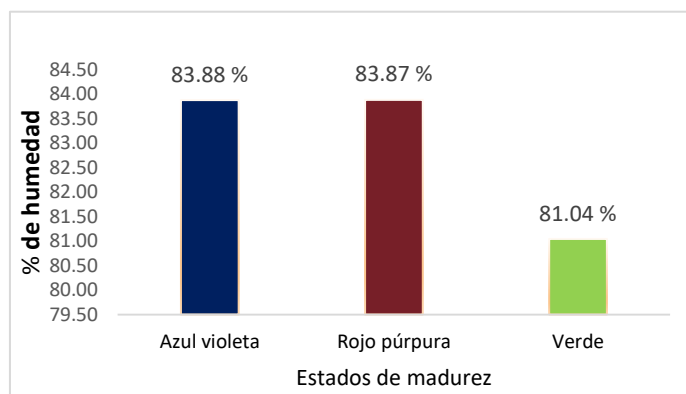


Figura 8. Contenido de humedad (%) de frutos de pushgay. Datos registrados dos horas antes del inicio del período experimental.

Al respecto, Hernández y Sastre (1999), sostienen que el contenido de humedad total es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad de frutas y vegetales deshidratados. La mayoría de las frutas y legumbres contienen entre el 80 y el 95% de agua por peso, parte de la cual se puede perder por evaporación (Hardenburg *et al.* 1988).

De modo semejante, se evidenció una escasa variación del peso seco de los frutos en relación a su grado de madurez; así, los frutos de color azul violeta y rojo púrpura

presentaron un contenido de materia seca de 16.12 y 16.13 %, respectivamente; mientras que los de color verde tuvieron 18.96%.

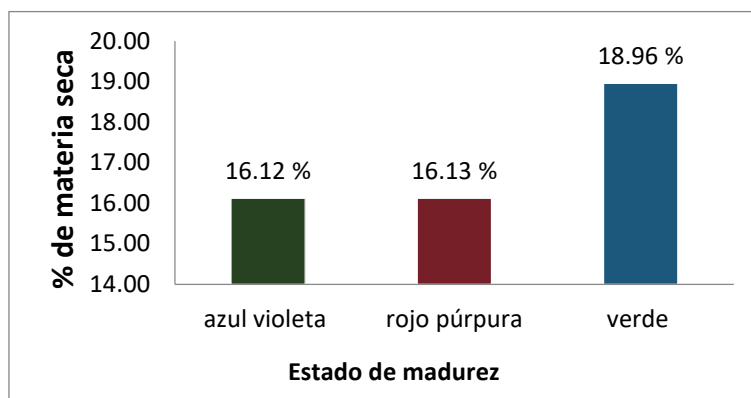


Figura 9. Porcentaje de matyeria seca de frutos de pushgay

4.2. NÚMERO DE SEMILLAS POR FRUTO

En la figura 10, se puede apreciar que los frutos de color verde presentan un mayor número de semillas por fruto (48), que los frutos de color rojo púrpura (41) y color azul violeta (39). Aparentemente, esto daría a entender que el grado de madurez influencia al número de semillas por fruto; sin embargo, resulta más convincente que en los frutos de menor grado de madurez, la coloración de la testa seminal es muy semejante a la que muestran los primordios seminales, lo cual nos ha llevado a confundir los primordios seminales en avanzado estado de desarrollo con semillas. Este supuesto es aclarado por Chaparro de Valencia (1999), quienes después de realizar un estudio detallado de la anatomía del fruto de pushgay, afirman que en frutos maduros, el número de semillas por fruto es bajo cuando se compara con el número de primordios seminales observados en el ovario.

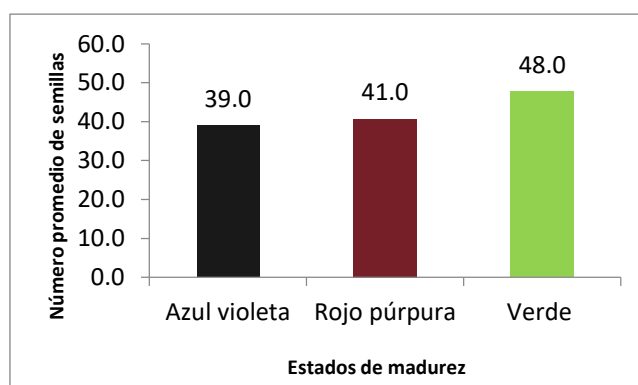


Figura 10. Número promedio de semillas por fruto

A pesar de las variaciones, el número de semillas (de 39 a 48 semillas por fruto) encontrado en la presente investigación se ubica dentro del rango señalado por Mackenzie (1997) quien observó que el número de semillas por fruto en cuatro cultivares de *Vaccinium corymbosum* (“arándano alto”) varía entre 46 y 88 semillas.

4.3. PÉRDIDA DE PESO DE LOS FRUTOS DE PUSHGAY DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO

El Análisis de Varianza (ANVA) para la variable pérdida de peso (Tabla 5), indica que existe alta significación estadística para los factores temperatura (T), estado de madurez del fruto (E) y el tiempo de almacenamiento (D), puesto que las F calculadas superan a las F tabulares en las probabilidades de 1 y 5%, respectivamente. Esto nos indica que la temperatura, el estado de madurez del fruto y el tiempo de almacenamiento influyen en la pérdida de peso del fruto. También se encontró significación estadística para las interacciones (T×E) y (T×D), lo que nos indica que los factores en estudio actúan dependientemente en ambos casos.

Las interacciones (E×D) y (T×E×D), no presentan significación estadística, lo que estaría indicando que dichos factores tienen efectos independientes uno del otro sobre la pérdida de peso del fruto de pushgay.

Tabla 5. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso de los frutos de pushgay (%) [Datos transformados con $Y = \arcsin(P)^{1/2}$]

F.V	GL.	SC.	CM.	Fc	F tabular	
					0.05	0.01
T	2	3384.83	1692.42	207.32**	3.05	4.73
E	2	99.63	49.81	6.1**	3.05	4.73
D	4	783.03	195.76	23.98**	2.42	3.42
TE	4	72.8	18.2	2.23**	2.42	3.42
TD	8	316.4	39.55	4.84**	1.99	3.42
ED	8	119.76	14.97	1.83NS	1.99	3.42
T*E*D	16	159.94	10	1.22NS	1.70	2.10
Error	180	1469.38	8.16			
Total	224	6405.78				

CV = 18.43% T= Temperatura de almacenamiento E = Estado de madurez del fruto D = Tiempo de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia.

El valor del coeficiente de variabilidad (18.43%) para la variable pérdida de peso es elevado para condiciones de laboratorio (5%), lo que posiblemente se deba a las fluctuaciones de temperatura y humedad relativa, así como a la exactitud y precisión del evaluador.

Tabla 6. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la temperatura (T) de almacenamiento en la pérdida de peso de los frutos de pushgay (%)

Temperatura (°C)	Promedio de la pérdida de peso (%)	*Datos reales	Significación
19	20.62	12.9	A
10	14.66	6.86	B
4	11.24	4.02	C

*Datos no transformados. Fuente: Elaboración propia

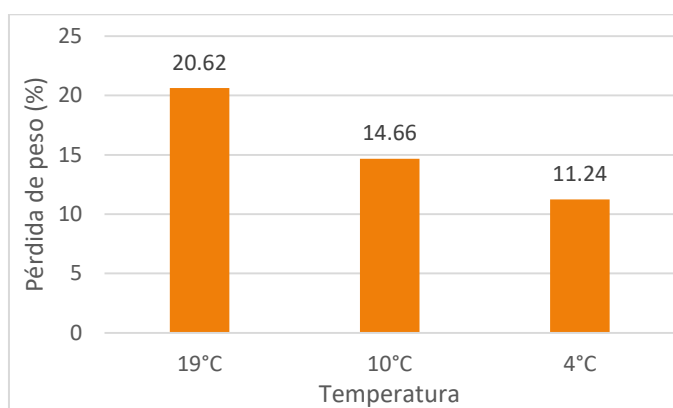


Figura 11. Pérdida de peso de los frutos de pushgay almacenados a 4°C, 10°C y 19°C

La prueba de rango múltiple de Tukey al 5% de probabilidades (Tabla 6 y Fig.11), indica que la pérdida de peso guarda relación inversa con la temperatura de almacenamiento. Resultó ser más eficiente el almacenamiento a 4°C, pues los frutos solo perdieron el 11.24% de su peso fresco, pérdida que se incrementó a 14.66 y 20.62% cuando éstos se almacenaron a 10 y 19°C, respectivamente. Esta tendencia de la pérdida de peso fresco es semejante a la reportada por Gallardo (2013) quien afirma que frutos de arándano azul almacenados a 24°C presentan pérdidas de hasta 25%, mientras que los almacenados a 4°C pierden hasta 12% después de 9 días de almacenamiento.

Tabla 7. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto del Estado de madurez del fruto (E) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

Estado de Madurez	Promedio de la pérdida de peso (%)	*Datos reales	Significación
e ₃	16.43	9.39	A
e ₁	15.20	9.07	B
e ₂	14.89	14.89	B

*Datos no transformados. e₁ = verde e₂ = rojo púrpura e₃ = azul violeta. Fuente: Elaboración propia

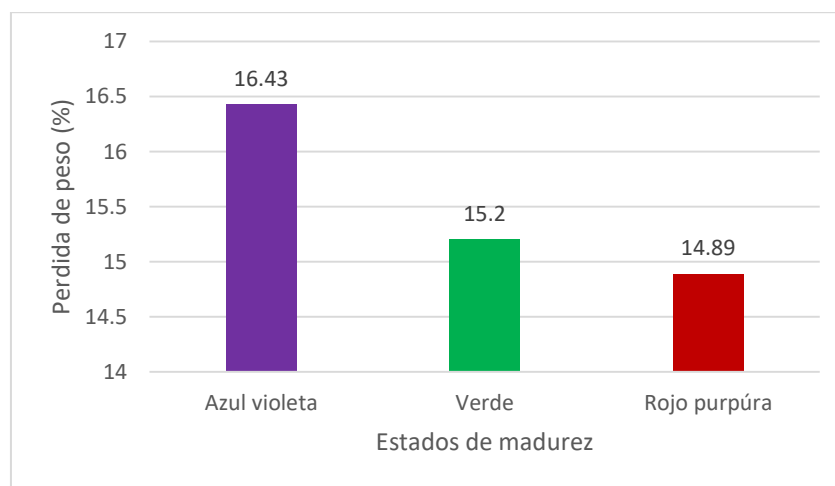


Figura 12. Efecto del Estado de madurez del fruto (E) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

El estado de madurez del fruto influye en el porcentaje de pérdida de peso fresco (Tabla 7 y Fig.12). Los frutos maduros, de color azul violeta (e₃) pierden 16.43% de peso. Le sigue en orden de importancia, los frutos verdes (15.2%) y los de color rojo púrpura (14.89%). Se deduce entonces que los frutos más recomendables para un adecuado almacenamiento son los que registran un grado intermedio de madurez reflejado en el color rojo púrpura de su epidermis. Al respecto, Zapata *et al.* (2013) afirma que el estado de madurez de las frutas al momento de la cosecha es un factor importante, ya que de él depende la duración en almacenamiento, la calidad del producto final y la aceptación por parte del consumidor; cuando un fruto se cosecha antes de alcanzar su madurez, aunque reciba adecuados manejos poscosecha, su calidad comestible y sensorial será inferior a la del que se cosecha con la madurez óptima.

Tabla 8. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de la pérdida de peso (%)	*Datos reales	Significación
d ₄	16.92	9.34	A
d ₅	16.91	9.05	A
d ₃	16.62	8.92	A B
d ₂	15.03	7.53	B
d ₁	12.05	4.71	C

*Datos no transformados d₁ = 3, d₂ = 6, d₃ = 9, d₄ = 12 y d₅ = 15 días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

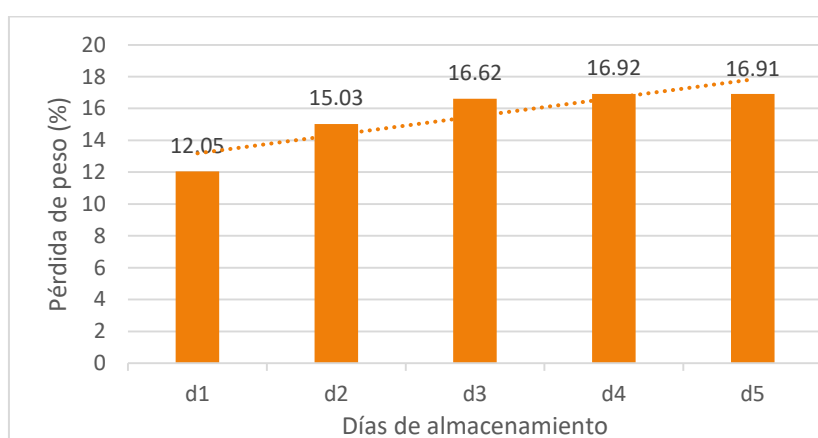


Figura 13. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

Dentro de los límites de la presente investigación, el porcentaje de pérdida de peso fresco de los frutos de pushgay es proporcional al tiempo de almacenamiento (Tabla 8 y Fig.13). Las mayores pérdidas se registraron después de 9, 12 o 15 días de almacenamiento, cuyos efectos en la pérdida de peso fueron estadísticamente iguales entre sí y a la vez superiores a los demás tiempos de almacenamiento (6 y 3 días). El tiempo más adecuado para almacenar frutos de pushgay, cualquiera sea su grado de madurez o la temperatura de almacenamiento, es el de 3 días. Bajo distintas condiciones de almacenamiento y material experimental; esto es trabajando con frutos frescos de arándano azul, *Vaccinium ashei* Reade, conservados a 4 y 24°C con 80 y 60 % de humedad relativa, respectivamente, Gallardo (2013), encontró pérdidas de peso de 12 y 25% para cada caso, recomendando la temperatura de 4°C como la mejor para el almacenamiento de los frutos de arándano azul.

Tabla 9. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Estado de madurez (TxE) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

Temperatura de almacenamiento (°C)	Estado de madurez	Promedio de la pérdida de peso (%)	*Datos reales	Significación	
19	e ₁	22.26	15.08	A	
19	e ₃	19.89	11.89	A	B
19	e ₂	19.72	11.73		B
10	e ₁	15.44	7.87		C
10	e ₂	14.72	6.87		C
10	e ₃	13.81	5.84		C D
4	e ₃	11.88	4.32		D E
4	e ₁	11.60	4.27		D E
4	e ₂	10.24	3.41		E

*Datos no transformados. e₁ = verde e₂ = rojo púrpura e₃ = azul violeta. Fuente: Elaboración propia

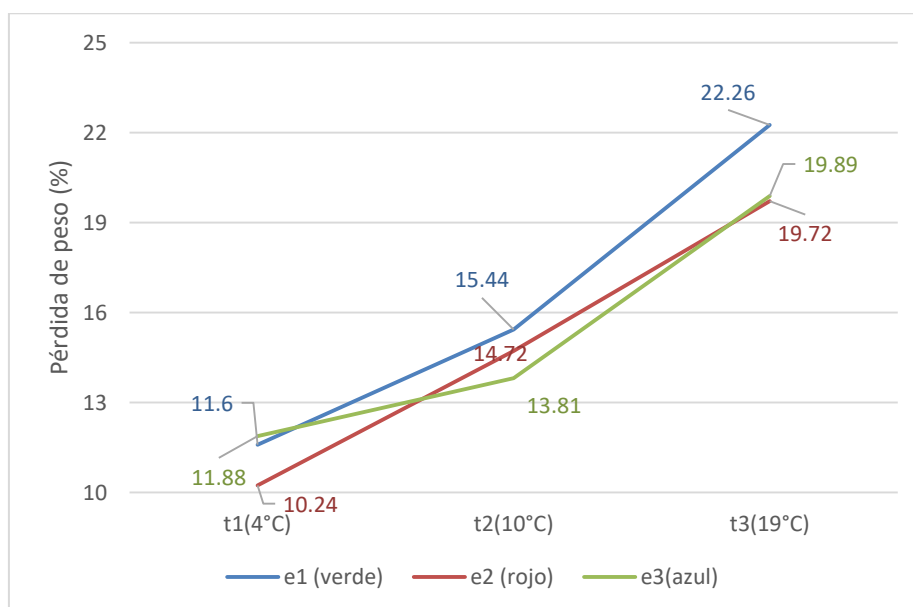


Figura 14. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Estado de madurez (TxE) en la pérdida de peso de frutos de pushgay (%)

Los frutos cosechados en estado maduro, de color azul violeta (e₃) y los cosechados antes que alcancen la madurez organoléptica, frutos de color verde (e₁) y almacenados a mayor temperatura (19°C), presentaron la mayor pérdida de peso (19.89 y 22.26%, respectivamente). Esta pérdida de peso fue minimizada cuando los frutos se almacenaron a bajas temperaturas (4°C). Dentro de las tres temperaturas de almacenamiento probadas en el presente estudio (4, 10 y 19°C), los frutos de madurez intermedia, con epidermis de color rojo púrpura (E₂) tuvieron los porcentajes de pérdida de peso más bajos (19.72,

14.72 y 10.24%, respectivamente), siendo, por lo tanto, recomendable utilizar este tipo de fruta para labores de conservación (Tabla 9, Fig. 14). De modo semejante, Rincón *et al.* (2012), después de conservar frutos de *Vaccinium meridionale*, en tres estados de madurez, determinó que los frutos recolectados con una madurez intermedia (epidermis de color morado) tuvieron 17.5% de pérdida de peso en el día 55 de almacenamiento, lo cual fue considerado como la menor pérdida de peso fresco.

Tabla 10. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D) en la pérdida de peso de los frutos de pushgay

Tratamiento (Clave)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de la pérdida de peso (%)	Datos reales	Significación		
t ₃ d ₅	19	15	23.7	16.39	A		
t ₃ d ₃	19	9	22.67	14.98	A	B	
t ₃ d ₄	19	12	22.67	14.98	A	B	
t ₃ d ₂	19	6	19.6	11.43		B	
t ₂ d ₃	10	9	15.95	6.71		C	van...
t ₂ d ₄	10	12	15.95	7.71		C	
t ₂ d ₅	10	15	15.79	7.67		C	
t ₃ d ₁	19	3	14.46	6.71	C	D	E
t ₂ d ₂	10	6	13.82	6.76	C	D	E
t ₁ d ₄	4	12	12.14	4.46		D	E
t ₂ d ₁	10	3	11.77	4.45		D	E
t ₁ d ₂	4	6	11.68	4.41		D	E
t ₁ d ₃	4	9	11.24	4.06		D	E
t ₁ d ₅	4	15	11.23	3.96		D	E
t ₁ d ₁	4	3	9.9	3.22			E

Fuente: Elaboración propia

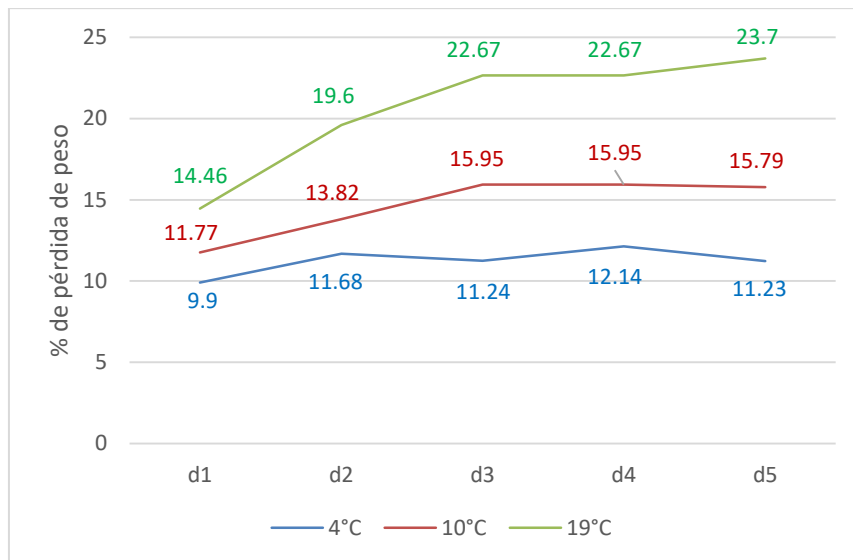


Figura 15. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD) en la pérdida de peso de los frutos de pushgay

Según la tabla 10 y figura 15, las interacciones ($t_3 \times d_5$), ($t_3 \times d_3$) y ($t_3 \times d_4$) son estadísticamente similares, pero inducen los mayores porcentajes de pérdida de peso con respecto al resto; es decir, que a más días de almacenamiento y a mayor temperatura, los frutos pierden mayor porcentaje de su peso; mientras que, en los frutos almacenados a menores temperaturas, este porcentaje de pérdida se reduce. Estas pérdidas de peso señalan que, tras la recolección, los frutos continúan respirando y transpirando, pero como han perdido contacto con la fuente de agua, fotosintatos y minerales, pasan a depender exclusivamente de sus reservas alimenticias y de su propio contenido de agua. Las primeras se degradan por efecto de la respiración y lo segundo, se pierde como vapor a consecuencia de la transpiración, fenómenos que se acentúan con el aumento de la temperatura de conservación. Al final, las pérdidas de sustratos respirables y agua no se compensan y se inicia el deterioro (Wills *et al.* 1998). Según lo afirmado por Hardenburg (1988), las pérdidas de humedad entre el 3 a 6% son suficientes para producir un marcado desmejoramiento de la calidad en muchos productos.

4.4. PH DEL ZUMO DE LOS FRUTOS DE PUSHGAY

El ANVA para la variable pH del zumo de los frutos (Tabla 11), indica que existe alta significación estadística para el factor temperatura de almacenamiento (T) e índice de madurez (E), puesto que las F calculadas superan a las F tabulares en las probabilidades de 1 y 5%, respectivamente. Esto evidencia que la temperatura y el índice de madurez del

fruto tienen un efecto significativo en el valor del pH del zumo. También nos muestra alta significación para las interacciones (T×E), (T×D) y (E×D); la interacción dependiente de estos factores influye en el valor del pH del zumo.

Tabla 11. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el pH del zumo de los frutos de pushgay

F.V	GL.	SC.	CM.	Fc	F tabular	
					0.05	0.01
T	2	0.03	0.02	3.43**	3.04	4.67
E	2	1.18	0.59	124.25**	3.04	4.67
D	5	0.05	0.01	2.19NS	2.23	3.11
TE	4	0.07	0.02	3.66**	2.39	3.55
TD	10	0.13	0.01	2.76**	1.87	2.41
ED	10	0.2	0.02	4.15**	1.87	2.41
TED	20	0.07	0.003	0.71NS	1.62	1.97
Error	216	1.02	0.005			
Total	269	2.75				

CV = 2.28% T = Temperatura de almacenamiento E = Estado de madurez del fruto D = Tiempo de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

El valor del coeficiente de variación es de 2.28%, lo que indica que nuestros resultados son confiables, y que el experimento ha sido conducido con las condiciones adecuadas a nivel de laboratorio.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Grado de madurez del fruto (T×E), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

Temperatura de almacenamiento (°C).	Estado de madurez del fruto	Valor promedio del pH del zumo	Significación		
19	e ₃	3.13	A		
4	e ₃	3.10	A		
10	e ₃	3.09	A		
19	e ₂	3.03	B		
10	e ₂	3.00	B	C	
10	e ₁	2.97	B	C	D
4	e ₂	2.97		C	D
4	e ₁	2.94			D
19	e ₁	2.93			D

e₁ = verde e₂ = rojo púrpura e₃ = azul violeta. Fuente: Elaboración propia

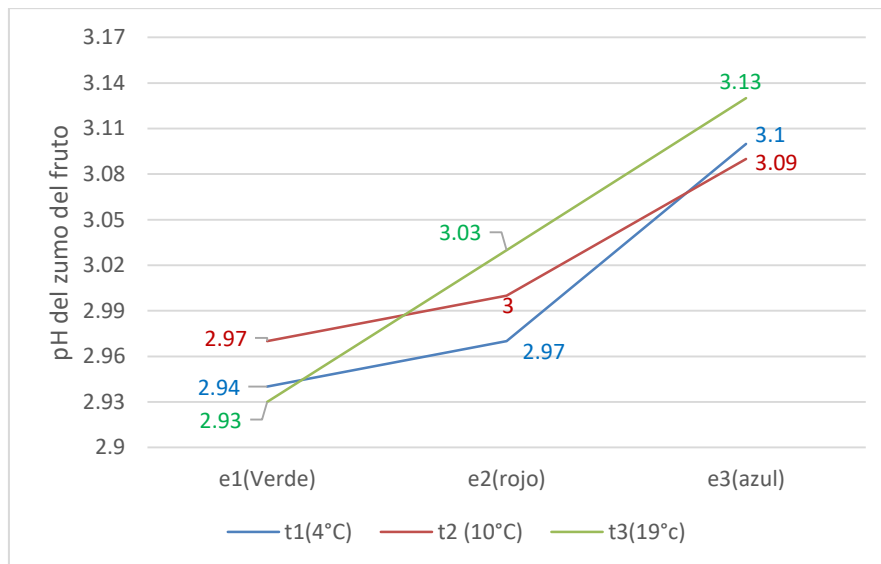


Figura 16. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Grado de madurez del fruto (TxE), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

La tabla 12 y figura 16, de la prueba de rango múltiple Tukey al 5%, nos indica que no existen diferencias significativas entre las interacciones t_3e_3 (temperatura ambiente y fruto maduro), t_1e_3 (4°C y fruto maduro) y t_2e_3 (temperatura 10°C y fruto maduro), por lo tanto, son estadísticamente similares, pero la interacción t_3e_3 , superó numéricamente al resto.

Se puede decir que el pH es mayor en frutos que han sido cosechados al completar su madurez (e_3 : frutos maduros, con epidermis de color azul violeta) y almacenados a 19 °C, la mayor temperatura probada. Esto indica que la alta temperatura de almacenamiento acelera los procesos metabólicos en el fruto y probablemente la degradación de los ácidos orgánicos, como fuente de iones hidrógeno, los que a su vez se incorporan en las cadenas carbonadas y conforman compuestos orgánicos de diferente naturaleza, como los azúcares. Este supuesto proceso, traería como consecuencia una disminución en la concentración celular de iones hidrógenos y el correspondiente aumento en el valor del pH. Al respecto, Godoy (2004), afirma que cuando el fruto madura y alcanza su coloración final, el pH y el contenido de sólidos solubles experimentan un leve incremento, lo cual continúa durante varios, días aumentando el dulzor y sabor.

En cambio, en frutos cosechados antes de alcanzar la madurez fisiológica y almacenados a temperaturas menores, los valores de pH oscilaron entre 2.93 y 3.00. Al respecto, Buitrago *et al.* (2014), sostiene que la disminución del pH en los primeros estados de maduración, puede ser atribuida a un incremento en el contenido de ácidos orgánicos; y

que, el posterior incremento en el pH, se puede explicar porque durante el llenado de frutos, gran parte de la actividad de acumulación se da vía simporte, en donde los iones H^+ forman parte de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, ocasionando que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

Tratamientos (clave)	Temperatura de almacenamiento (°C).	Tiempo de almacenamiento (días)	Valor promedio del pH del zumo	Significación		
t ₃ d ₅	19	15	3.1	A		
t ₃ d ₄	19	12	3.07	A	B	
t ₃ d ₃	19	9	3.03	A	B	C
t ₂ d ₀	10	0	3.01	A	B	C
t ₂ d ₄	10	12	3.03	A	B	C
t ₂ d ₃	10	9	3.02	A	B	C
t ₂ d ₅	10	15	3.02	A	B	C
t ₁ d ₃	4	9	3.01	A	B	C
t ₂ d ₂	10	6	3.01		B	C
t ₂ d ₁	10	3	3.01		B	C
t ₁ d ₀	4	0	3.00		B	C
t ₁ d ₄	4	12	3.00		B	C
t ₃ d ₂	19	6	3.00		B	C
t ₁ d ₁	4	3	3.00		B	C
t ₁ d ₂	4	6	3.00		B	C
t ₃ d ₁	19	3	3.00		B	C
t ₁ d ₅	4	15	2.99		B	C
t ₃ d ₀	19	0	3.00			C

Fuente: Elaboración propia

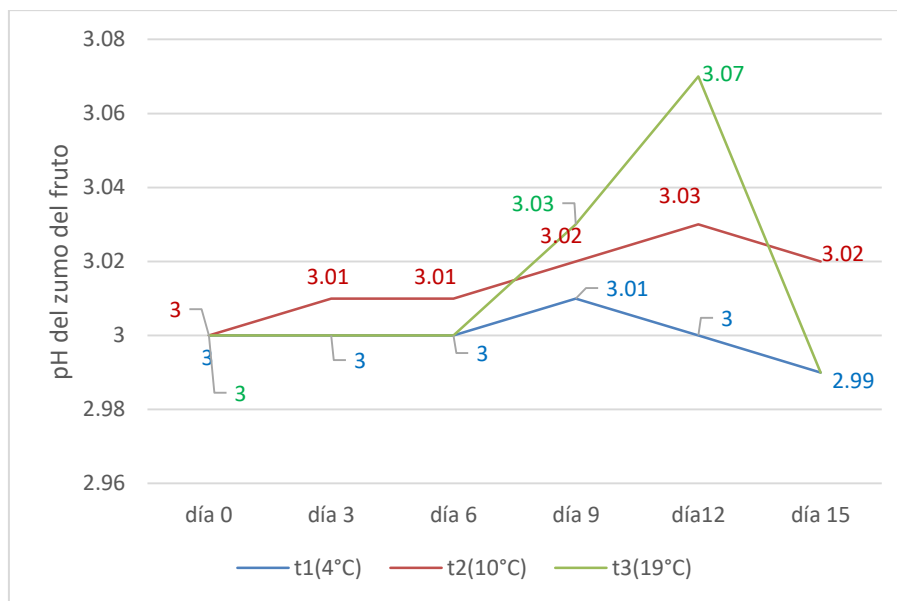


Figura 17. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

En la tabla 13 y figura 17, se observa que el pH del zumo de los frutos, al momento de iniciar el almacenamiento fue de 3, valor a partir del cual tuvo variaciones de hasta 4 centésimos hacia arriba o hacia abajo, en función al tiempo de almacenamiento y temperatura de conservación. La variación más pronunciada se registró en el día 12 de conservación, a 19°C de temperatura (pH=3.07), momento a partir del cual, el valor del pH desciende a 2.99 en frutos conservados a 4 y 19°C, y a 3.02 en los frutos conservados a 10°C. Según Roldan (2012), la variación de pH de los frutos está relacionado con el incremento de la temperatura; a mayor temperatura, mayor pH, afirmación que, en nuestro caso, resulta ser verdadera en el día 12 de almacenamiento.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Estado de madurez y Tiempo de almacenamiento (E×D), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

Tratamiento (Clave)	Estados de madurez	Tiempo de almacenamiento (días)	Valor promedio del pH del zumo	Significación
e ₃ d ₀	Azul violeta	0	3.16	A
e ₃ d ₄	Azul violeta	12	3.10	A B
e ₃ d ₂	Azul violeta	6	3.10	A B

van...

...vienen

Tratamiento (Clave)	Estados de madurez	Tiempo de almacenamiento (días)	Valor promedio del pH del zumo	Significación			
e ₃ d ₃	Azul violeta	9	3.10	A	B		
e ₃ d ₁	Azul violeta	3	3.09	A	B	C	
e ₃ d ₅	Azul violeta	15	3.07		B	D	
e ₂ d ₅	Rojo purpura	15	3.05	B	D	E	
e ₂ d ₄	Rojo purpura	12	3.03	B	D	E	F
e ₂ d ₃	Rojo purpura	9	3.01		D	E	F G
e ₁ d ₅	Verde	15	2.99		D	E	F G
e ₂ d ₂	Rojo purpura	6	2.98			E	F G H
e ₂ d ₁	Rojo purpura	3	2.97			E	F G H
e ₁ d ₄	Verde	12	2.97			E	F G H
e ₁ d ₃	Verde	9	2.96			E	F G H
e ₂ d ₀	Rojo purpura	0	2.95				F G H
e ₁ d ₁	Verde	3	2.95				F G H
e ₁ d ₂	Verde	6	2.93				G H
e ₁ d ₀	Verde	0	2.89				H

e₁= verde e₂= rojo purpura e₃= azul violeta. Fuente: Elaboración propia

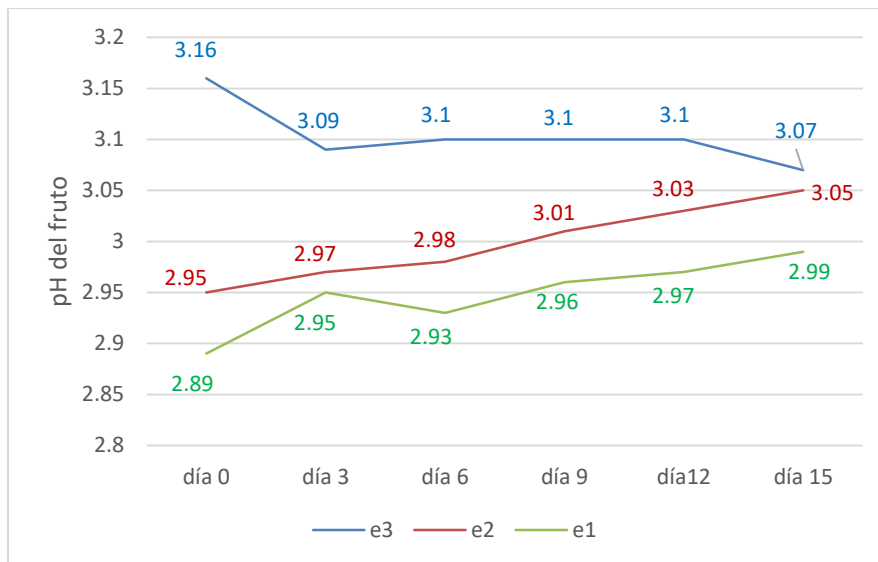


Figura 18. Efecto de la interacción Estado de madurez y Tiempo de almacenamiento (ExD), en el pH del zumo de los frutos de pushgay

Al iniciar el experimento, antes de someter a los frutos a diferentes temperaturas, se determinó un pH de 3.16, para el estado de madurez e₃ (frutos maduros con epidermis de color azul violeta), 2.95 para el estado de madurez e₂ (frutos de madurez intermedia, con epidermis de color rojo púrpura) y 2.89 para el estado de madurez e₁ (frutos verdes, con epidermis de color verde) confiriéndole al fruto un marcado carácter ácido. Con ligeras variaciones en función al tiempo, esta tendencia en el valor del pH de los frutos de los tres estados de madurez se mantiene en el tiempo, observación que es consistente con la descrita por Pino (2007), quien señala que a medida que pasa el tiempo, durante la maduración de los frutos, los sólidos solubles aumentan y por lo tanto el pH es más alto.

Los valores iniciales del pH (día cero) fueron similares al encontrado por Godoy (2004), quien reportó un pH de 2.9 en frutos de variedades de arándano alto.

Según la tabla 14 y figura 18, las interacciones e₃d₀, e₃d₄, e₃d₂, e₃d₃ y e₃d₁, son estadísticamente similares; por lo tanto, no se encontraron diferencias estadísticas entre sus efectos sobre el pH del zumo de los frutos de pushgay.

4.5. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)

El ANVA para la variable sólidos solubles totales (Tabla 15) indica que existe alta significación estadística para el efecto de los factores temperatura e índice de madurez en los grados °Brix del zumo de los frutos de pushgay, puesto que las F calculadas superan

a las F tabulares en las probabilidades de 1 y 5%, respectivamente. Por tanto, los factores antes citados tienen un efecto significativo en el contenido de sólidos solubles del fruto de pushgay. Además, se encontró significación estadística para la interacción (T×D), lo que nos indica que los factores en estudio actúan dependientemente.

Tabla 15. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en los grados °Brix del zumo de los frutos de pushgay

F.V	GL.	SC.	CM.	Fc	F tabular	
					0.05	0.01
T	2	52.8	26.4	54.07**	3.04	4.67
E	2	275.42	137.71	282.01**	3.04	4.67
D	5	82.04	16.41	33.6**	2.23	3.11
TE	4	0.55	0.14	0.28NS	2.39	3.55
TD	10	23.74	2.37	4.86**	1.87	2.41
ED	10	4.67	0.47	0.96NS	1.87	2.41
TED	20	4.03	0.20	0.41NS	1.620	1.97
Error	216	105.48	0.49			
Total	269	548.73				

CV = 7.08% T = Temperatura de almacenamiento E = Estado de madurez del fruto D= Tiempo de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

El valor del coeficiente de variabilidad es 7.08%, evidencia que nuestros resultados son confiables, y que el experimento ha sido adecuadamente conducido.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto Temperatura de almacenamiento (T) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

Temperatura de almacenamiento (°C)	Valor promedio de °Brix del zumo	Significación
19	10.4	A
10	9.91	B
4	9.32	C

Fuente: Elaboración propia

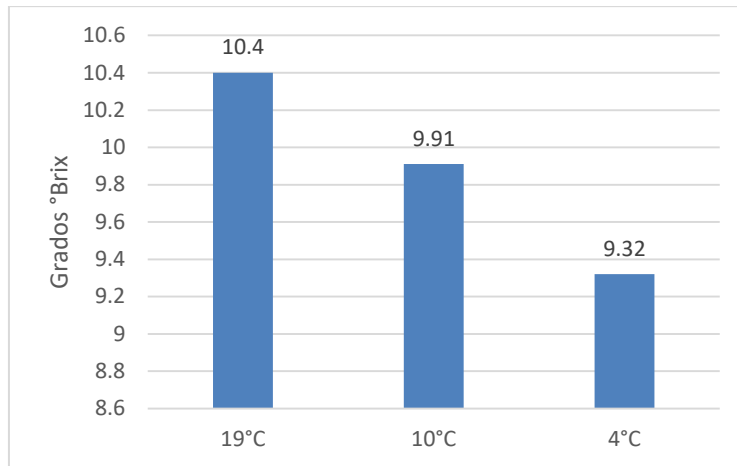


Figura 19. Efecto Temperatura de almacenamiento (T) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

Debido a la existencia de significación para el factor temperatura (T), se realizó la prueba de Tukey al 5% (tabla 16 y figura 19), la cual nos indica que el efecto del nivel t_3 (19°C) es estadísticamente superior al nivel t_2 (10°C), y éste, distinto al nivel t_1 (4°C). En suma, se ha determinado que los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay se incrementa de 9.32 a 9.91 y finalmente a 10.4 grados, según que estos se hayan conservado a 4, 10 y 19°C, respectivamente, tendencia que muestra una relación directa entre los grados Brix del fruto y la temperatura de conservación.

Los frutos de pushgay almacenados a 19°C, registraron el mayor contenido de sólidos solubles, lo que mayormente ha sido reflejado en el aumento de la concentración de azúcares, fundamentalmente debido a la pérdida de peso fresco (20.62%, ver tabla 6). Al respecto, Godoy (2004), después de almacenar frutos de arándano alto, completamente azules, de los cultivares Bluejay y Brigitta determinó que, al incrementar el periodo de almacenamiento, aumentó el contenido de sólidos solubles en el fruto y disminuyó la firmeza, como consecuencia de la deshidratación.

De otro lado, en los frutos almacenados a bajas temperaturas (4°C), el contenido de sólidos solubles fue menor (9.32 °Brix), hecho que podría estar asociado a la disminución de la tasa respiratoria, y por lo tanto a una menor concentración de azúcares en el fruto. Según Rincón *et al.* (2012), ésta temperatura y nivel de grados Brix, ayuda a mantener la calidad del fruto *Vaccinium meridionale* Swartz.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estado de madurez (E) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

Estados de madurez	Valor promedio de °Brix del zumo	Significación
e ₃	11.24	A
e ₂	9.57	B
e ₁	8.82	C

e₁ = verde e₂ = rojo purpura e₃ = azul violeta. Fuente: Elaboración propia

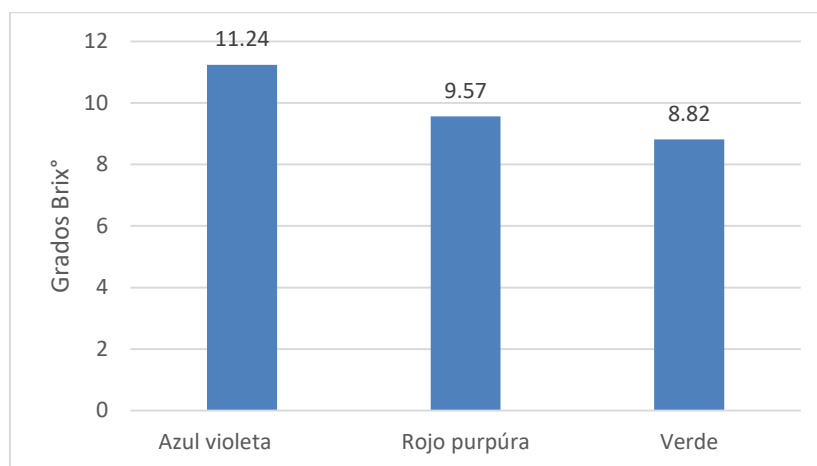


Figura 20. Estado de madurez (E) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

La prueba de rango múltiple Tukey al 5% de probabilidad para el efecto del factor estados de madurez (E) en los grados Brix del zumo de los frutos (tabla 17 y figura 20), nos muestra que el nivel e₃ (fruto de color azul violeta), tiene un efecto estadísticamente superior a los niveles e₂ (fruto de color rojo purpura) y e₁ (fruto de color verde).

Los sólidos solubles indican el porcentaje de azúcar contenido en la fruta. Los frutos de pushgay presentaron un promedio de 11.24°Brix para frutos en estado de madurez e₃ (frutos de color azul violeta), 9.57°Brix para frutos en estado de madurez e₂ (frutos de color rojo purpura) y 8.82°Brix para frutos en estado de madurez e₁ (frutos de color verde). Estos resultados se encuentran dentro del rango reportado por Zapata *et al.* (2013), quien obtuvo rangos de °Brix para arándanos de la variedad Emerald entre 11.1 y 12,4°Brix; Jewel, 10.8 y 12.1°Brix; Misty, 12.1 y 14.0°Brix; O'Neal 10.8 y 12.4°Brix y Snowchaser, 8.9 y 12.4°Brix. Complementariamente, Godoy (2004), indica que frutos de arándanos con 11 y 12°Brix, reúnen las cualidades organolépticas deseadas por el consumidor. Así mismo, Feipe (2012), para el caso de los arándanos, reporta un valor de 10°Brix como mínimo índice de aceptabilidad, norma exigida de exportación.

Tabla 18. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

Tiempo de almacenamiento (días)	Valor promedio de °Brix del zumo	Significación		
d ₅	10.58	A		
d ₀	10.37	A	B	
d ₄	10.10		B	C
d ₂	9.84			C
d ₁	9.38			D
d ₃	8.99			D

d₁=3, d₂= 6, d₃= 9, d₄= 12 y d₅= 15 días de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

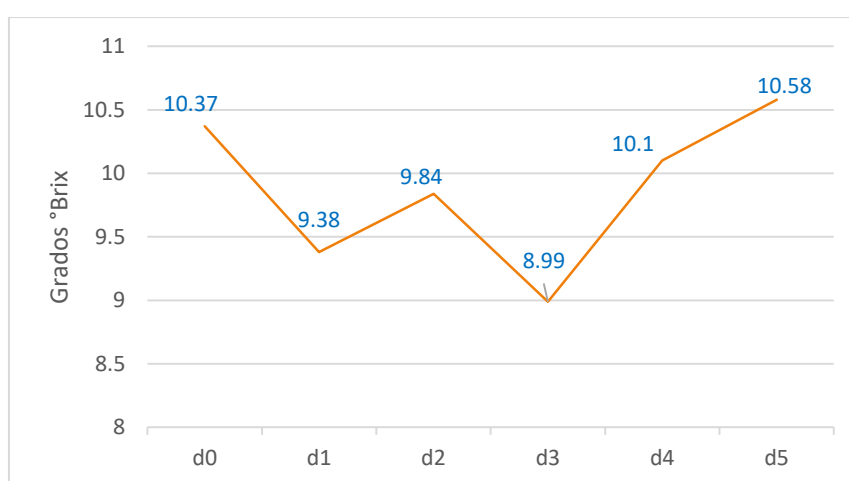


Figura 21. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

La tabla 18 y figura 21, se muestra un comportamiento irregular en los grados Brix del fruto de pushgay en función al tiempo de almacenamiento. Al iniciar el almacenamiento (día 0) tuvieron 10.37 °Brix y luego de alcanzar un valor mínimo (8.89 °Brix) a los 9 días de almacenamiento, hubo un aumento sostenido hasta alcanzar su máximo valor (10.58 °Brix) a los 15 días de almacenamiento. Estas fluctuaciones pueden estar relacionadas con los procesos degradativos de compuestos orgánicos de reserva previamente acumulados en el fruto. Avila *et al.* (2007) menciona que la reducción de los grados Brix en los primeros tres días de conservación de frutos de *Vaccinium meridionale*, fue debido a un gasto de azúcares en la respiración del fruto.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

Tratamiento (Clave)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)	Valor promedio de °Brix del zumo	Significación
t ₃ d ₅	t ₃	15	11.28	A
t ₂ d ₅	t ₂	15	11.03	A B
t ₃ d ₄	t ₃	12	10.51	A B C
t ₃ d ₀	t ₃	0	10.47	A B C
t ₃ d ₂	t ₃	6	10.45	A B C
t ₁ d ₀	t ₁	0	10.34	B C D
t ₂ d ₄	t ₂	12	10.33	B C D
t ₂ d ₀	t ₂	0	10.29	B C D E
t ₃ d ₄	t ₃	9	9.97	C D E F
t ₃ d ₁	t ₃	3	9.71	C D E F
t ₂ d ₂	t ₂	6	9.67	C D E F G
t ₁ d ₄	t ₁	12	9.47	E F G
t ₁ d ₅	t ₁	15	9.43	E F G
t ₁ d ₃	t ₁	6	9.39	F G
t ₂ d ₂	t ₂	3	9.33	F G
t ₁ d ₂	t ₁	3	9.09	F G
t ₂ d ₃	t ₂	9	8.8	G H
t ₁ d ₃	t ₁	9	8.19	H

t₁= 4°C t₂= 10°C t₃= 19°C. Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 19, la interacción de los niveles t₃d₅, t₂d₅, t₃d₄, t₃d₀, t₃d₂, no difieren estadísticamente, pero si numéricamente, siendo t₃d₅ el que presenta el mayor valor.

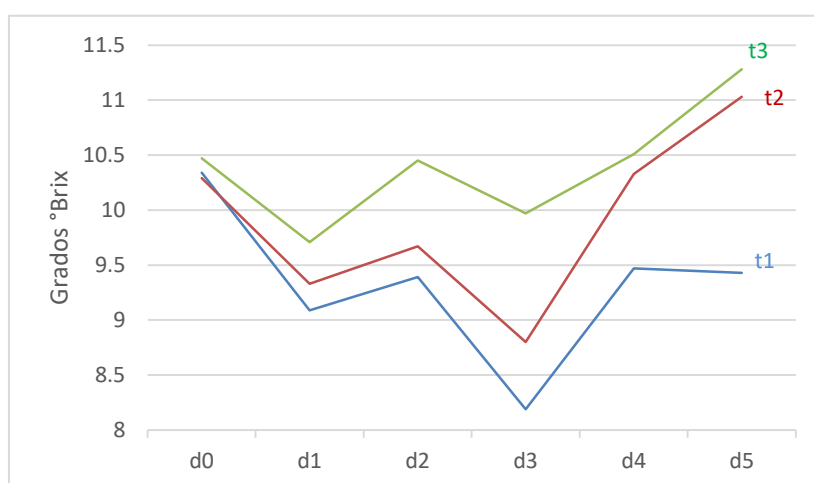


Figura 22. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en los grados Brix del zumo de los frutos de pushgay

En la figura 22, se puede observar las fluctuaciones de los °Brix a lo largo del período de almacenamiento a las tres temperaturas probadas (4, 10 y 19°C). En el día cero (d₀), los frutos introducidos en un almacén con temperatura regulada a 4, 10 y 19°C, tuvieron 10.34, 10.29 y 10.47 °Brix, respectivamente. Posteriormente, estos valores variaron hacia abajo y hacia arriba del valor inicial, hasta que, en el día 15 de almacenamiento (d₅), los frutos conservados a 4°C, perdieron 0.91°Brix, mientras que los frutos conservados a 10°C y 19°C incrementaron su valor de grados Brix en 0.74 y 0.81 °Brix, respectivamente, lo cual los califica como los frutos más apropiados para su consumo en fresco, pues conforme lo menciona Buitrago *et al.* (2015), en los frutos maduros, los SST tienen importancia por estar formados por compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general los atributos de calidad organoléptica. Durante la maduración del fruto, hay un incremento en la actividad de las enzimas α -amilasa, β -amilasa y almidón fosforilasa produciéndose como resultado la hidrólisis del almidón, al darse el proceso de degradación se generan azúcares solubles, incrementando el contenido de SST en el fruto.

4.6. ACIDEZ TOTAL TITULABLE (ATT)

El ácido cítrico es el principal ácido orgánico presente en el jugo de los *Vaccinium* "high bush" cuya concentración disminuye conforme la fruta madura, a diferencia de otros ácidos, como el málico, que mantiene un nivel constante. Desde el punto de vista sensorial este ácido es detectado muy rápidamente en la degustación y causa una impresión fuerte, en comparación con los ácidos málico y tartárico (Godoy 2004).

Tabla 20. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay. [Datos transformados con $Y = \arcsin(P)^{1/2}$]

F.V	GL	SC	CM	Fc	F tabular	
					0.05	0.01
T	2	0.64	0.32	1.29NS	3.04	4.67
E	2	258.99	129.49	523.82**	3.04	4.67
D	5	5.52	1.1	4.46**	2.23	3.11
TE	4	1.88	0.47	1.9NS	2.39	3.55
TD	10	4.62	0.46	1.87*	1.87	2.41
ED	10	2.48	0.25	1NS	1.87	2.41
TED	20	4.79	0.24	0.97NS	1.620	1.97
Error	216	53.4	0.25			
Total	269	332.32				

CV = 7.04%. T = Temperatura de almacenamiento E = Estado de madurez del fruto D = Tiempo de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

Los factores, estado de madurez del fruto (E) y tiempo de almacenamiento (D) (Tabla 20), tienen un efecto estadístico altamente significativo sobre el contenido de ácido cítrico de los frutos. También se observa significación estadística para la interacción de los factores T x D, lo que nos indica que ambos factores tienen efectos dependientes.

El coeficiente de variación, de 7.04%, indica que nuestros resultados son confiables y que el experimento ha sido adecuadamente conducido.

Tabla 21. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estados de madurez (E) en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%)

Estados de madurez	Promedio de ácido cítrico (%)	*Datos reales	Significación
e ₁	8.29	2.03	A
e ₂	7	1.4	B
e ₃	5.9	1.07	C

*Datos no transformados. e₁= verde e₂= rojo purpura e₃= azul violeta. Fuente: Elaboración propia

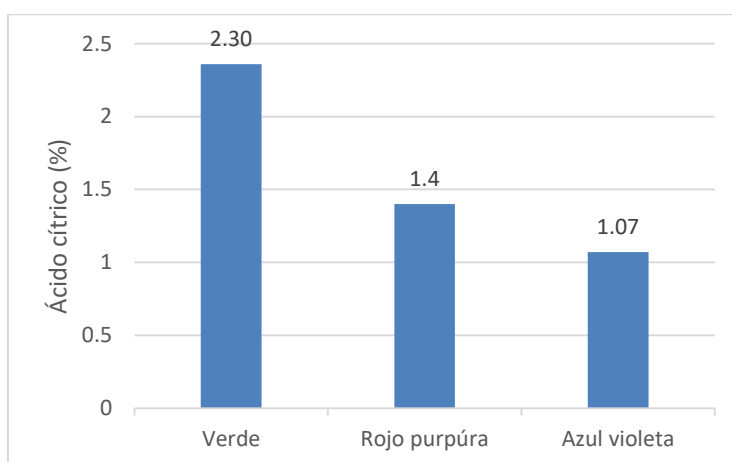


Figura 23. Efecto de los Estados de madurez (E) en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%)

Los estados de madurez tienen un efecto distinto y significativo en el contenido de ácido cítrico del fruto (Tabla 21). Se deduce que, el fruto de pushgay en estado verde presenta mayor concentración de ácido cítrico, seguido por el fruto en estado pintón y luego por el fruto en estado maduro. Esto es que, el contenido de ácido cítrico disminuye conforme se incrementa el estado de madurez, lo que probablemente está asociado a una gradual disminución de la concentración de ácidos orgánicos, en general, debido a que éstos son respirados o convertidos en azúcares. Al respecto, Wills *et al.* (1998), menciona que los

ácidos orgánicos pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo de esperar, por consiguiente, que su contenido decline en el periodo de máxima actividad metabólica, en el curso de la maduración.

Tabla 22. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%)

Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de ácido cítrico (%)	*Datos reales	Significación	
d ₅	7.29	1.55	A	
d ₀	7.11	1.5	A	
d ₄	7.1	1.48	A	B
d ₂	7.07	1.4	A	B
d ₁	7.02	1.38	A	B
d ₃	6.81	1.37		B

*Datos no transformados d₀ = 0 d₁ = 3, d₂ = 6, d₃ = 9, d₄ = 12 y d₅ = 15 días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

Contrariamente, los niveles del factor días de almacenamiento no tienen un claro efecto estadístico sobre el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay (Tabla 22). Sin embargo, se observa que a lo largo de los quince días de almacenamiento (Fig.24), se presentaron fluctuaciones en la concentración del ácido cítrico de los frutos, cuyos mínimos y máximos fueron registrados en los días 9 y 15, respectivamente. Según Pino (2007) y Buitrago et al. (2014), las fluctuaciones de ATT durante el almacenamiento se presentan porque los ácidos orgánicos son usados en el proceso respiratorio y también pueden ser convertidos en azúcares. Los cambios en la acidez total titulable son mayores que en otros constituyentes durante la maduración del fruto y por esto podría ser útil como indicador de cosecha.

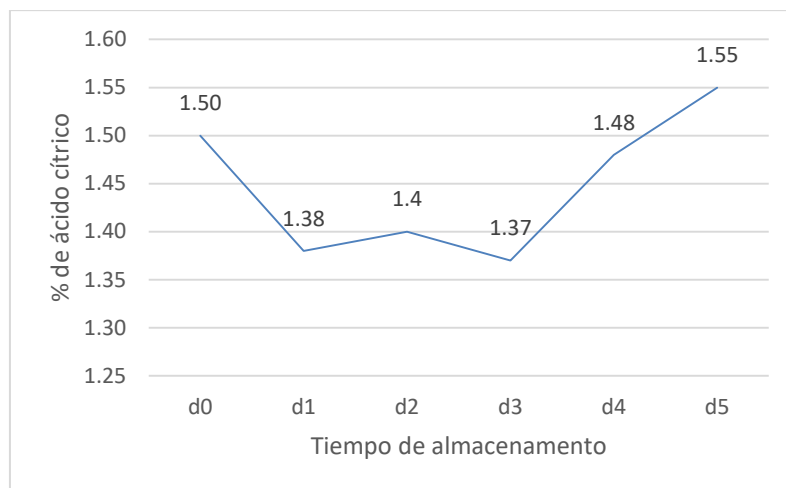


Figura 24. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay (%)

Pino (2007), destaca que luego de madurar, los frutos de *Vaccinium* presentan una brusca caída en la acidez titulable y que la mayor parte del azúcar está presente antes de que el color rojo se desarrolle en el fruto; en cambio, el contenido de acidez titulable disminuye continuamente a medida que progresa la madurez. En consecuencia, los cambios en la acidez titulable son mayores que en otros constituyentes durante la madurez y por esto podría ser más útil como indicador de cosecha.

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D), en el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay

Tratamiento (clave)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de ácido cítrico (%)	*Datos reales	Significación		
t ₃ d ₂	19	6	7.36	1.63	A		
t ₁ d ₂	4	6	7.33	1.61	A	B	
t ₃ d ₅	19	15	7.25	1.58	A	B	
t ₂ d ₁	10	3	7.23	1.51	A	B	
t ₃ d ₀	19	0	7.2	1.51	A	B	
t ₂ d ₂	10	6	7.18	1.5	A	B	C
t ₁ d ₄	4	12	7.17	1.48	A	B	C
t ₃ d ₃	19	9	7.14	1.47	A	B	C
t ₁ d ₀	4	0	7.12	1.46	A	B	C
t ₂ d ₃	10	15	7.09	1.45	A	B	C
t ₂ d ₃	10	12	7.09	1.4	A	B	C
t ₂ d ₀	10	0	6.99	1.39	A	B	C
t ₁ d ₃	4	15	6.98	1.37	A	B	C
t ₃ d ₄	19	12	6.96	1.36	A	B	C

...van

...vienen

Tratamiento (clave)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de ácido cítrico (%)	*Datos reales	Significación		
t ₁ d ₁	4	3	6.95	1.35	A	B	C
t ₃ d ₁	19	3	6.88	1.33	A	B	C
t ₂ d ₃	10	9	6.71	1.33		B	C
t ₁ d ₃	4	9	6.56	1.3			C

*Datos no transformados. Fuente: Elaboración propia

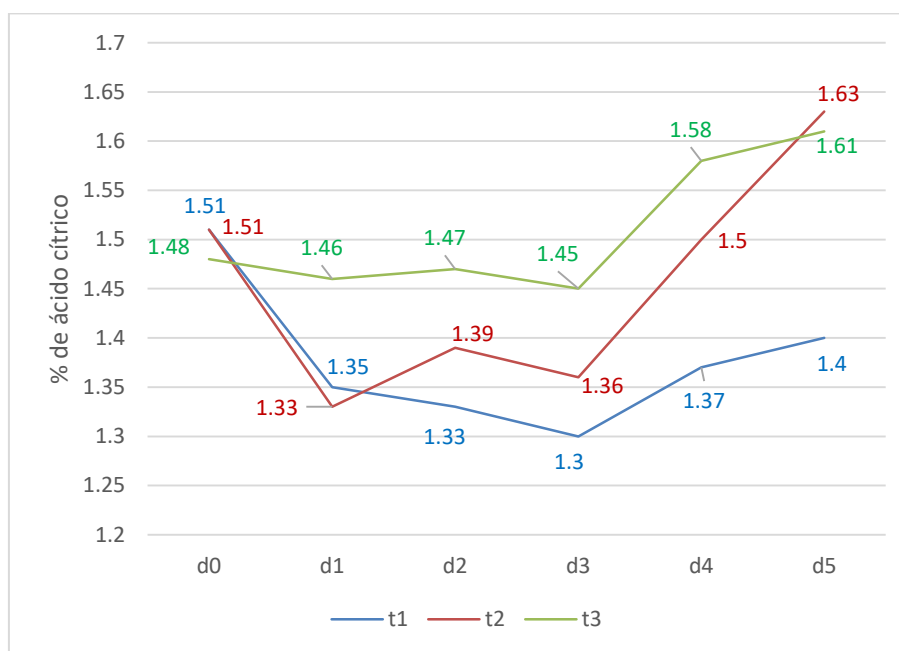


Figura 25. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD), en el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay

La Tabla 23 y Fig. 25, nos muestran que la interacción de los niveles de los factores de Temperatura y Días de almacenamiento, no presenta un efecto estadístico claramente significativo en el contenido de ácido cítrico de los frutos de pushgay. Las escasas diferencias numéricas permiten deducir que la mayor concentración de ácido cítrico se presentó en los frutos almacenados a temperatura ambiente. Sobre el particular, Ávila *et al.* (2007), señala que las bajas temperaturas reducen el desdoblamiento de los ácidos y el encogimiento de los frutos debido a la pérdida de agua, causando un efecto de concentración al final del almacenamiento.

4.7. ÍNDICE DE MADUREZ (SST/ATT)

Los cambios más evidentes durante el proceso de maduración del fruto son el color, sabor y textura. Estos cambios son el resultado de la reestructuración metabólica y química que

se desencadena dentro del fruto. Angón *et al.* (2006), afirma que, en los frutos climatéricos, este proceso es controlado fundamentalmente, por el etileno y la actividad respiratoria. A medida que el fruto se desarrolla en la planta, sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables; por lo tanto, debido a la importancia de obtener frutos con óptimas características de madurez, existen índices para determinar el momento óptimo de recolección.

Tabla 24. ANVA para el efecto de Temperatura de almacenamiento, Estado de madurez del fruto y Tiempo de almacenamiento en el contenido de ácido cítrico del zumo de los frutos de pushgay [Datos transformados con $Y = \arcsen(P)^{1/2}$]

F.V	GL.	SC.	CM.	Fc	F tabular	
					0.05	0.01
T	2	9.65	4.83	2.96NS	3.04	4.67
E	2	1936.84	968.42	593.73**	3.04	4.67
D	5	42.09	8.42	5.16**	2.23	3.11
TE	4	12.41	3.1	1.9NS	2.39	3.55
TD	10	31.93	3.19	1.96*	1.87	2.41
ED	10	22.66	2.27	1.39NS	1.87	2.41
TED	20	33.04	1.65	1.01NS	1.620	1.97
Error	216	352.31	1.63			
Total	269	2440.92				

CV = 17.75% T = Temperatura de almacenamiento E = Estado de madurez del fruto D = Tiempo de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

La tabla 24 del análisis de varianza, muestra una alta significación estadística para las fuentes estados de madurez (E) y tiempo de almacenamiento (D), los niveles de estos factores actúan de forma independiente, y también muestra que existe significación estadística para la interacción TxD, lo que nos indica que ambos factores en estudio actúan dependientemente.

El coeficiente de variabilidad (17.75%), es alto para condiciones de laboratorio e indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que los frutos de pushgay evaluados no fueron totalmente homogéneos o que estos no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos. También podrían indicar ciertos errores en la toma de datos. Sin embargo, los datos son confiables.

Tabla 25. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Estado de madurez (E) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay

Estado de madurez	Promedio SST/ATT	Significación	
e ₃	10.72	A	
e ₂	6.64		B
e ₁	4.22		C

e₁= verde e₂= rojo purpura e₃= azul violeta. Fuente: Elaboración propia

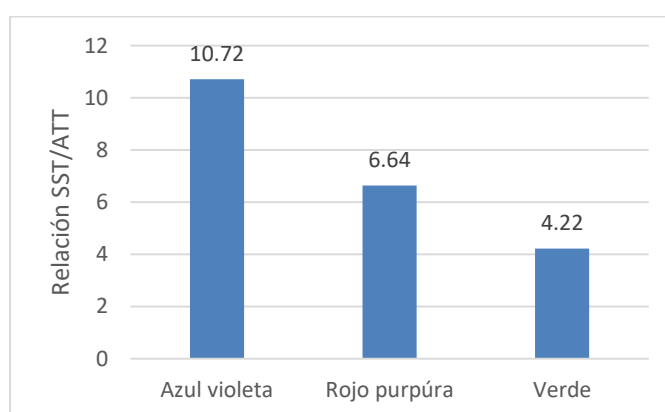


Figura 26. Efecto del Estado de madurez (E) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay

La prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad (tabla 25 y figura 26), nos muestra que existe significación para los tres estados de madurez e₃, e₂ y e₁, siendo e₃ (frutos cosechados en estado maduro) los que presentaron mayor relación SST/ATT que los frutos cosechados en estado pintón (e₂) y en estado verde (e₁).

Tabla 26. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay

Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio SST/ATT	Significación	
d ₀	7.68	A	
d ₅	7.61	A	
d ₄	7.36	A	B
d ₃	7.11	A	B
d ₂	6.7		B
d ₁	6.7		B

d₀= 0 d₁=3, d₂= 6, d₃= 9, d₄= 12 y d₅= 15 días de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia

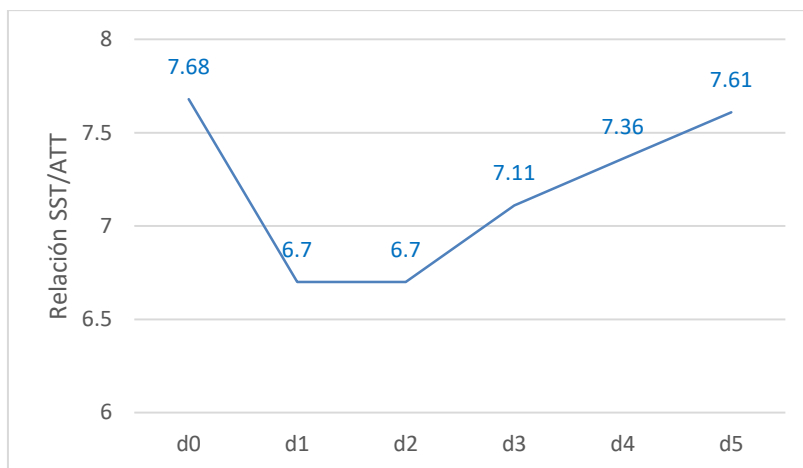


Figura 27. Efecto del Tiempo de almacenamiento (D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay

La prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad no muestra un claro efecto estadístico para el efecto Tiempo de almacenamiento (D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay (tabla 26). Esto indica que, a pesar de la superioridad numérica de la relación SST/ATT obtenida en los tiempos d₀ y d₅, los seis tiempos de almacenamiento probados en la presente investigación no tienen un efecto estadístico diferenciado en la relación SST/ATT.

La relación SST/ATT para los frutos presentó una leve disminución al día 3 de almacenamiento, manteniendo constante hasta el día 6. A partir de este momento, la relación SST/ATT, experimentó un incremento gradual hasta el día 15 (figura 27). Las variaciones en la relación de SST/ATT, se deben a la disminución de los grados °Brix e incremento de ácidos orgánicos, producto de los procesos degradativos acaecidos en los frutos, y los incrementos al finalizar el almacenamiento pueden estar relacionados con la disminución de los ácidos orgánicos ya que estos fueron utilizados en la respiración o convertidos en azúcares.

Tabla 27. Prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad para el efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (T×D) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay

Interacción TxD	Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio SST/ATT	Significación		
t ₂ d ₅	10	15	8.11	A		
t ₃ d ₄	19	12	8.08	A		
t ₁ d ₀	4	0	8.06	A		
t ₃ d ₅	19	15	7.76	A	B	
t ₂ d ₀	10	0	7.50	A	B	C
t ₃ d ₀	19	0	7.48	A	B	C
t ₂ d ₄	10	12	7.31	A	B	C
t ₃ d ₁	19	3	7.24	A	B	C
t ₁ d ₃	4	9	7.18	A	B	C
t ₃ d ₃	19	9	7.14	A	B	C
t ₂ d ₃	10	9	7.01	A	B	C
t ₃ d ₂	19	6	7.00	A	B	C
t ₁ d ₅	4	15	6.97	A	B	C
t ₁ d ₁	4	3	6.77	A	B	C
t ₂ d ₂	10	6	6.75	A	B	C
t ₁ d ₄	4	12	6.70	A	B	C
t ₁ d ₂	4	6	6.35		B	C
t ₂ d ₁	10	3	6.08			C

Fuente: Elaboración propia

No obstante, los frutos almacenados a 10°C por espacio de 15 días, registraron la más alta relación Promedio SST/ATT (8.11), la prueba de significación Tukey al 5% de probabilidad (Tabla 27) muestra la ausencia de una clara diferencia estadística para el efecto de la interacción T×D en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay. Bajo éstas consideraciones, se describen las tendencias de las variaciones de la relación SST/ATT en función al tiempo de almacenamiento de los frutos (Fig. 28). Se observa que, al inicio de la investigación la relación SST/ATT de los frutos varió entre 7.48 y 8,06, valores a partir de los cuales la relación SST/ATT alcanzó su mínimo nivel en el periodo comprendido entre los días 6 y 9 del almacenamiento para luego tener un incremento y registrar su máximo en el día 9 de almacenamiento a 4°C de temperatura, o día 12 de almacenamiento a 19°C, y en el día 15 de almacenamiento si los frutos fueron conservados a 10°C. Esta tendencia, nos permite afirmar que el mayor valor de relación SST/ATT, va a depender del estado de madurez de la fruta y el incremento de temperatura.

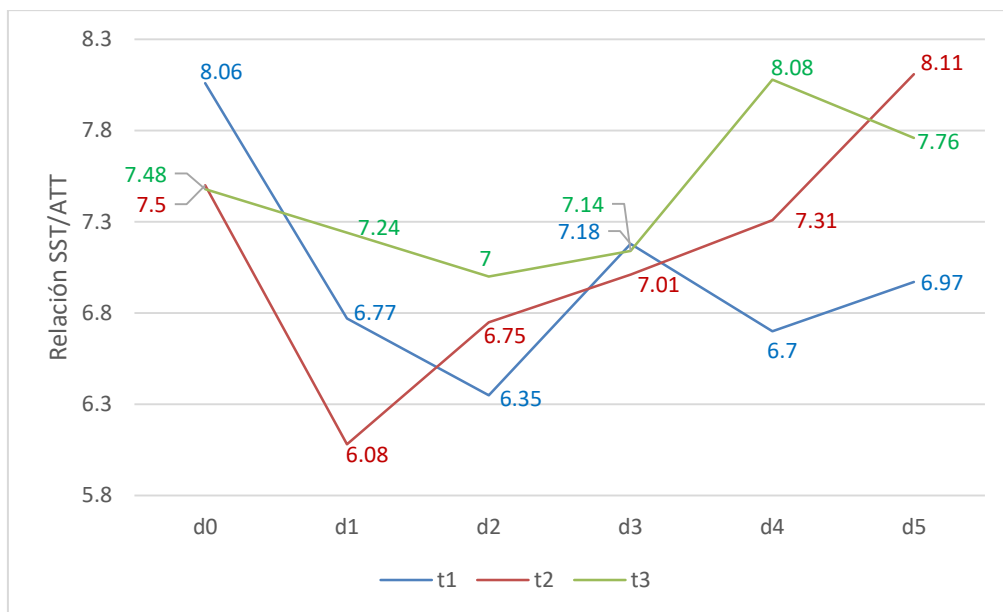


Figura 28. Efecto de la interacción Temperatura de almacenamiento y Tiempo de almacenamiento (TxD) en la relación SST/ATT del zumo de los frutos de pushgay. Datos originales.

Ávila *et al.* (2007), afirma que los mínimos valores de la relación SST/ATT, se relacionan con un mayor sabor agridulce del fruto. Al respecto, Angón (2006), sostiene que la proporción entre azúcar y ácido provee a muchas frutas su sabor característico, además de ser un indicador de la madurez comercial y organoléptica. Al inicio del proceso de maduración, esta proporción es baja debido al contenido bajo de azúcar y contenido alto de ácido en la fruta, lo que le da el sabor ácido al fruto. Las frutas demasiado maduras tienen niveles muy bajos de ácido y consecuentemente, carecen de su sabor característico.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.** El estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento, no influenciaron al contenido de humedad, materia seca y número de semillas del fruto de pushgay. Los mínimos y máximos contenidos de humedad, materia seca y número de semillas por fruto, fueron de 81.04% y 83.88%; 16.12% y 18.96%; y 39 a 48, respectivamente.
- 2.** La temperatura, el estado de madurez del fruto y el tiempo de almacenamiento afectaron la pérdida de peso fresco de los frutos de pushgay. Los frutos maduros (de color azul violeta) y los de color verde, almacenados a 19°C, presentaron la mayor pérdida de peso (19.89% y 22.26%, respectivamente). Estas pérdidas fueron mínimas cuando los frutos se almacenaron a 4°C; bajo estas condiciones, los frutos maduros, de madurez intermedia y verdes perdieron 15.1%, 14.89% y 16.43% de su peso fresco, respectivamente. Por lo tanto, los frutos de madurez intermedia, son los más recomendables para ser almacenados. Asimismo, el tiempo de almacenamiento más adecuado fue de 3 días.
- 3.** El estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento afectaron a la calidad química (pH del zumo; sólidos solubles totales), ácido cítrico y relación Sólidos Solubles Totales/Acidez Total Titulable) de los frutos de pushgay:
 - 3.1.** En el día 12 de conservación a 19°C, los frutos registraron un pH de 3.07, momento a partir del cual, este valor descendió hasta alcanzar su mínimo (2.99) en el día 15 de almacenamiento.
 - 3.2.** Según el estado de madurez, los frutos maduros, de madurez intermedia o verdes, presentaron un pH de 3.16, 2.95 y 2.89, respectivamente (marcado carácter ácido). Los promedios de grados Brix, para un periodo de quince días de almacenamiento, fueron de 11.24; 9.57 y 8.82 para frutos maduros, de madurez intermedia y verdes, respectivamente. Independientemente del grado de madurez, al iniciar el

almacenamiento los frutos tuvieron 10.37 °Brix, alcanzando su mínimo valor a los 9 días (8.89 °Brix), y su máximo (10.58 °Brix) a los 15 días de almacenamiento.

- 3.3.** La temperatura de conservación tuvo una relación directa con los grados Brix. Los frutos almacenados a 4°C, presentaron 9.32°Brix; a 10°C, 9.91°Brix y a 19°C, 10.4 °Brix.
- 3.4.** El fruto de pushgay en estado verde presenta mayor concentración de ácido cítrico (2.03 %), seguido por el fruto en estado intermedio (1.4%) y luego por el fruto en estado maduro (1.07%). El contenido de ácido cítrico alcanzó su máximo valor en frutos almacenados a 10°C (1,63%).
- 3.5.** El valor de relación SST/ATT, estuvo determinado por el estado de madurez de la fruta y el incremento de temperatura de almacenamiento. Los frutos maduros presentaron una relación SST/ATT de 10.72, seguido por los frutos de madurez intermedia (6.64) y los verdes (4.22).
- 4.** Se recomienda complementar la presente investigación, a través de la determinación del efecto de la humedad relativa y diferentes tipos de empaques en la calidad fisicoquímica y vida de post cosecha de los frutos del pushgay.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Angón, P; Santos, N; Hernández, G. 2006. Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Instituto de Agroindustrias. TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA vol. 10. 3 – 8.
- Armas, C. 2013. Variación de índices de calidad de mortiño (*Vaccinium floribundum*) y uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) tratados con radiación UV-C. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Carrera de ingeniería de alimentos.
- Aranceta, J; Pérez, C. 2006. Frutas verduras y salud. Edit. MASSON S.A. Barcelona-España. 27 p. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=If2ENqizElAC&printsec=frontcover&#v=onepage&q&f=false>
- Ávila, H; Cuspoca, J; Fischer, G; Ligarreto, G; Quicazán, M. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2°C. Consultado 5 ene. 2013. Disponible en http://issuu.com/elnorteonline/docs/2012-10-31_el_norte.
- ASPADERUC (Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca). 1997. Biblioteca campesina: Plantas medicinales cajamarquinas, Recuperando nuestra medicina tradicional campesina y la biodiversidad andina. Fredy's publicaciones y servicios E.I.R.L. 173p.
- 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).

- Chaparro de Valencia, M; Becerra, N. 1999. Anatomía del fruto de *Vaccinium floribundum* (Ericaceae). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Coba, P; Coronel, D; Verdugo, K; Paredes, M; Yugsi, E; Huachi, L. 2012. Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. Ethnobotanical study of *Vaccinium floribundum* (mortiño) as ancestral food and potential functional food. Revista de Ciencias de la Vida. 15(2): 5-13.
- CORANTIOQUIA. 2009. Conozcamos y usemos el mortiño. 3 ed. Medellin. 28 p.
- Coria, L; Maihua, R; Peralta, F; Tereschuk, M; Gonzalez, M, Albarracón, P. 2003a. Análisis de antocianinas en arándanos del NOA (*Vaccinium corymbosum* L.) Cátedra de Química Orgánica. Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán.
- COVENIN (Comisión Venezolanas de Normas Industriales).1979. Alimentos. Determinación del pH (acidez iónica). COVENIN 1315-79. Normas Venezolanas. FONDONORMA, Caracas. 7 pp.
- Dadzie, B K 1997. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Bioversity International.63 p.
- Dávila, D. 2001. Reseña de "Las Ericáceas en la Web: Neotropical Blueberries; The Plant Family Ericaceae" de Dr. James L. Luteyn (en línea). Biota Colombiana: consultado 8 de abr. 2015. ISSN 0124-5376 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49120307>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Capacitación N°17. Roma, Italia. 183 p. Disponible en http://books.google.com.pe/books?id=32e7Ezy76DYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Fava, J. 2012. Anatomía aplicada al diseño de tecnologías de procesamiento mínimo en frutos (bayas) de *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae), *Solanum*

lycopersicum L. var. *cerasiforme* (Solanaceae) y *Vitis labrusca* L. (Vitaceae).
Tesis Dr. Ciencias Biológicas Universidad de Buenos Aires. Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales. 287 p.

- Feippe, A; Ibáñez, F; Fredes, A; Varela, P; Lado, J. 2012. Efecto del estado de desarrollo de arándanos sobre las propiedades físico-químicas. *Revista INIA*. 30: 39-42.
- Fuentes, V. 2008. Estudio del mortiño y propuesta gastronómica aplicada a un recetario. Tesis. Adm. Gastronómica. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía – Ecuador.
- Fundación Doñana. 2008. Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos. Andalucía, España.
- Gallardo, A. 2013. Uso de luz UV_C en la calidad del arandano azul (*Vaccinium ashei* Reade). Tesis Maestra en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México.
- García, E; Gago, L; Fernández, J. 2006. Informe de Vigilancia Tecnológica. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Asociación Empresarial de Alimentos de la Comunidad de Madrid. 143p.
- García, J; García, G. sf. Orientaciones para el cultivo de arándano: cultivo de arándano en Austria. Proyecto de cooperación nuevos horizontes. SERIDA (Servicio Regional de investigación y Desarrollo Agroalimentario). 32 p.
- García, M; García H. 2001. Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol. COROPICA, Bogotá Colombia. 99 p.
- Gaviria, C; Ochoa, C; Sánchez, N; Medina, C; Lobo, M; Galeno, P; Mosqueira, A; Tamayo, A, Lopera, Y; Rojano, B. 2009. Antioxidant activity and inhibition of lipid peroxidation of mortiño fruits extracts (*Vaccinium meridionales* SW). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8 (6): 519 – 528 p.
- Godoy, C. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío. Conventional air refrigerated storage of two highbush blueberry cultivars. *FCA UNCuyo*.35: 53-61.

- Hardenburg, R; Watada, A; Chien Yi Wang. 1988. Almacenamiento comercial de Frutas y legumbres y existencias de floristerías y viveros. San José, Costa Rica.
- Hernández, A. 2010. Evaluación del almacenamiento refrigerado y al ambiente de cuatro ecotipos seleccionados de chirimoya (*Annona cherimolia* Mill.). Tesis Ing. Agrop. Sangolqui, Ecuador. Escuela politécnica del Ejército. 125 p. consultado 10 feb. 2013. Disponible en <http://bit.ly/2vIK65I>
- Hernández, M y Sastre, A. 1999. Tratado de nutrición. Madrid. Ediciones Diaz de Santos. 1465p.
- Idrovo, V. 2013. Investigación del mortiño, beneficios nutricionales y su aplicación a la repostería. Tesis. adm. Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito Ecuador. 271p.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2010. Frutas frescas. Mora. Requisitos. INEN 2 427. Norma Técnica Ecuatoriana.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2003. Guía práctica de análisis físico-químico de frutas y hortalizas. INIA LAS BRUJAS. URUGUAY. 20 p.
- Kader, A; Pelayo, C. 2011. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Biología y tecnología postcosecha: un panorama. Trad. Edmundo Mercado. Universidad de California. 390 p. disponible en http://books.google.com.pe/books?id=x62K8WYwAt4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Lagos, T; Ordoñez, H; Criollo, H; Martínez, Y. 2010. Descripción de frutales nativos de la familia Ericaceae en el altiplano de Pasto, Colombia: Description of native fruit trees of Ericaceae family in the highlands of pasto, Colombia. Revista Colombiana de ciencias hortícolas. 4. 9-18p.
- López, J. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Corporación para la Educación Integral y el Bienestar Ambiental. Granada, España. 86 p.
- Mackenzie, K. 1997. Pollination requirements of three highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6): 891- 896.

- Liñan, J; Ubillus, C. 1996. Manejo Pre y post-cosecha de frutales y hortalizas para Exportación: Manejo pre y post- cosecha de frutas y hortalizas para exportación en el Perú. Programa Cooperativo De Investigación Y Transferencia De Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina PROCIANDINO (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela). Disponible en <http://bit.ly/2wD6OeI>
- Montero, R. s.f. El Pushgay, un fruto promisorio de los Andes. Consultado 8 julio. Disponible: <http://www.cipca.org.pe/cipca/webir/articuloscajamarca/articulo23.htm#inicio1>.
- Moreno, A; Jiménez, L; López, M. 2014. Operaciones culturales, recolección, almacenamiento y envasado de productos agrícolas. Ediciones Paraninfo, S.A. España. 89p.
- Mostacero, J; Mejía, F; Gamarra, O. 2002. Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú. Editora Normas Legales. 667 p.
- Noboa, V. 2010. Efecto de seis tipos de sustratos y tres dosis de ácido naftalenacético en la propagación vegetativa de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). Tesis. Ing. Forest. Riobamba - Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal. 105p.
- Pedraza - Peñalosa, P; Betancur, J; Franco- Rosselli, P. 2005. Chisacá, Un recorrido por los páramos andinos. 2da. ed. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 340p.
- Pérez, S; Valdivieso, C. 2007. Colección y caracterización morfológica *in situ* del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunt) en la sierra norte del Ecuador. Tesis Ing. Agrop. Sangolqui. Escuela Politécnica del Ejército.
- Pino, C. 2007. Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.). Tesis Lic. Agr. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. 74p.

- Rincón, M; Buitrago, C; Ligarreto, G; Torres, W; Balaguera, H .2012. Comportamiento del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración. Behavior of Agraz Fruit (*Vaccinium meridionale* Swartz) Harvested in Different Maturity Stages and Stored under Refrigeration. Fac. Nal. Agr. Medellín 65(2): 6615-6625.
- Roldán, S. 2012. Caracterización molecular, funcional y estudio del comportamiento poscosecha del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) de la comunidad de Quinticusig del Cantón Sigchos de la Provincia Cotopaxi. Tesis Ing. Agroind. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería y Química y Agroindustria. 103p.
- Rodríguez, M; Valdés, A; Hormazábal, N. 2015. Evaluación de bolsa atmósfera modificada y concentraciones de anhídrido sulfuroso aplicadas sobre frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald. Evaluation of modified atmosphere bag and sulphur dioxide concentrations applied on highbush blueberries fruit (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald. Scientia Agropecuaria. 6 (4): 259 – 270.
- Ruiz, H. 2011. Desarrollo de un vino de mortiño (arándanos) en la Corporación GRUPPO Salinas de Ecuador. Tesis Ing. Agr. Universidad Pública de Navarra. 97 p.
- Sanjinés, A; Ollgaard, B; Balslev, H. 2006. Frutos comestibles. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés. Department of Biological Sciences, University of Aarhus, Building.
- Sanchez, I; Dillon, M. 2006. Jalcas. Escuela de postgrado, Herbario CPUN; Universidad Nacional de Cajamarca.
- Solarte, M; Hernández, M; Morales, A; Fernández, J; Melgarejo, L. s f. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración.
- Tapia, M; Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y AMPE. Lima. 222p.
- Tupuna, D. 2012. Obtención de jugo clarificado concentrado de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) mediante el uso de tecnología de membranas. Tesis Ing.

Agroind. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria.

Undurraga, P; Vargas, S. 2013. Manual del arándano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. Boletín N° 263. 120 p.

Universidad San Pedro. 2009. Distrito de Namora: Plan urbano del distrito de Namora 2009-2014.

Vargas, J. 2012. Deshidratación de mortiño (*Vaccinium floribundum*) y su empleo en la elaboración de chocolate blanco y con leche en la empresa de confites “El Salinerito” parroquia Salinas, Cantón Guaranda, provincia Bolívar. Tesis ing. Agroind. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

Vargas, W. 2002. Guía Ilustrada de Plantas de las Montañas del Quindío y Los Andes Centrales. Editorial Universidad de Caldas, Colombia. 814 p.

Vicente, W. 2008. Obtención de colorante para su uso en yogurt a partir de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y del mortiño (*Vaccinium myrtillus* L.). Tesis ing. De alimentos. Guayaquil, Ecuador. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Tesis para obtener el título de INGENIERO DE ALIMENTOS. GUAYAQUIL – ECUADOR.

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.

Zapata, L; Heredia, A; Malleret, A; Quinteros, F; Cives, H; Carlazara, G. 2013. Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de Arándanos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha Vol 14(2):186-194.

ANEXOS

Tabla 28. Datos obtenidos (sin corregir) de porcentaje de pérdida de peso de los frutos de pushgay

Tempe- ratura	Estados de madurez	Tiempo de Almacen.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	3	3.25	5.98	3.28	4.81	5.29
	e1	6	2.94	2.95	7.00	2.53	4.61
	e1	9	3.24	5.62	0.73	5.66	5.09
	e1	12	4.69	3.97	6.60	6.00	3.75
	e1	15	4.92	4.91	5.24	2.13	4.46
	e2	3	6.36	0.29	2.44	1.71	3.18
	e2	6	0.62	1.73	3.00	4.23	6.58
	e2	9	2.48	3.53	5.41	5.45	1.47
	e2	12	2.55	4.27	5.72	3.57	3.87
	e2	15	1.29	2.55	5.78	2.56	4.64
	e3	3	1.73	1.89	0.97	3.65	3.45
	e3	6	7.75	4.25	6.51	8.62	2.86
	e3	9	1.15	3.63	6.62	6.42	4.41
	e3	12	4.25	3.77	5.22	4.44	4.23
	e3	15	3.23	5.22	5.12	1.69	5.62
10°C	e1	3	4.56	5.54	4.31	3.56	1.73
	e1	6	7.73	7.39	5.63	6.40	6.39
	e1	9	6.16	5.63	10.02	4.74	4.24
	e1	12	6.16	5.63	10.02	4.74	4.24
	e1	15	5.26	8.14	5.25	5.75	6.81
	e2	3	2.97	1.42	3.13	4.83	2.03
	e2	6	4.46	6.05	3.73	6.42	6.99
	e2	9	7.00	9.51	11.63	5.71	10.86
	e2	12	7.00	9.51	11.63	5.71	10.86
	e2	15	13.38	8.00	2.43	9.60	6.82
	e3	3	5.48	8.39	3.37	4.44	10.92
	e3	6	6.52	5.34	7.67	7.97	12.65
	e3	9	9.30	8.47	9.06	7.94	5.43
	e3	12	9.30	8.47	9.06	7.94	5.43
	e3	15	4.69	13.57	6.61	6.41	12.37
19°C	e1	3	14.08	7.60	7.42	3.96	11.46
	e1	6	11.16	14.22	9.13	8.24	9.18
	e1	9	15.78	10.36	14.22	10.69	13.73
	e1	12	15.78	10.36	14.22	10.69	13.73
	e1	15	14.07	13.95	11.32	14.33	13.47
	e2	3	2.99	3.94	4.17	7.67	4.50
	e2	6	11.76	12.57	10.05	7.51	8.03
	e2	9	13.33	17.81	10.57	13.62	16.27
	e2	12	13.33	17.81	10.57	13.62	16.27
	e2	15	13.11	21.90	15.75	15.13	14.88
	e3	3	6.67	0.74	5.59	9.72	10.12
	e3	6	18.65	12.27	8.52	8.68	21.52
	e3	9	16.59	16.10	17.00	20.91	17.72
	e3	12	16.59	16.10	17.00	20.91	17.72
	e3	15	27.21	14.63	17.92	11.96	26.23

Tabla 29. Datos obtenidos (corregidos) de porcentaje de pérdida de peso de los frutos de pushgay

Temperatura	Estados de madurez	Tiempo de almacenam.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	3	10.38	14.15	10.43	12.67	13.30
	e1	6	9.81	9.98	15.34	9.10	12.39
	e1	9	10.31	13.69	4.90	13.81	13.05
	e1	12	12.52	11.54	14.89	14.18	11.24
	e1	15	12.79	12.79	13.18	8.33	12.25
	e2	3	14.65	3.09	8.91	7.49	10.31
	e2	6	4.52	7.49	9.98	11.83	14.89
	e2	9	9.10	10.78	13.44	13.56	7.04
	e2	12	9.28	11.97	13.81	10.94	11.39
	e2	15	6.55	9.28	13.94	9.28	12.39
	e3	3	7.49	8.13	5.65	11.09	10.78
	e3	6	16.22	11.97	14.77	17.05	9.81
	e3	9	6.29	10.94	14.89	14.65	12.11
	e3	12	11.97	11.24	13.18	12.11	11.83
	e3	15	10.31	13.18	13.05	7.49	13.69
10°C	e1	3	12.39	13.56	11.97	10.94	7.49
	e1	6	16.11	15.79	13.69	14.65	14.65
	e1	9	14.42	13.69	18.44	12.52	11.83
	e1	12	14.42	13.69	18.44	12.52	11.83
	e1	15	13.31	16.54	13.31	13.94	15.12
	e2	3	9.92	6.84	10.19	12.70	8.19
	e2	6	12.25	14.30	11.09	14.65	15.34
	e2	9	15.34	17.95	19.91	13.81	19.28
	e2	12	15.34	17.95	19.90	13.81	19.28
	e2	15	21.47	16.43	8.91	18.05	15.12
	e3	3	13.54	16.84	10.58	12.16	19.30
	e3	6	14.77	13.31	16.11	7.97	12.65
	e3	9	17.76	16.95	17.56	16.32	13.44
	e3	12	17.76	16.95	17.56	16.32	13.44
	e3	15	12.52	21.97	14.89	14.65	20.62
19°C	e1	3	22.04	16.00	15.81	11.48	19.79
	e1	6	20.44	22.14	17.56	16.64	17.66
	e1	9	23.42	18.81	22.14	19.09	21.72
	e1	12	23.42	18.81	22.14	19.09	21.72
	e1	15	22.06	21.97	19.64	22.22	21.56
	e2	3	9.96	11.45	11.78	16.08	12.25
	e2	6	20.09	20.79	18.53	15.89	16.43
	e2	9	21.39	24.95	19.00	21.64	23.81
	e2	12	21.39	24.95	19.00	21.64	23.81
	e2	15	21.22	27.90	23.42	22.87	22.71
	e3	3	14.97	4.94	13.68	18.17	18.55
	e3	6	25.62	20.53	16.95	17.16	27.63
	e3	9	24.04	23.66	24.35	27.20	24.88
	e3	12	24.04	23.66	24.35	27.20	24.88
	e3	15	31.44	22.46	25.03	20.27	30.79

Tabla 30. Datos obtenidos de pH de los frutos de pushgay

Tempe- ratura	Estados de madurez	Tiempo de almacenam.	REPETICIONES					
			I	II	III	IV	V	
4°C	e3	0	3.16	3.23	3.16	3.14	3.14	
	e3	3	3.05	3.08	3.13	3.14	3.1	
	e3	6	3.16	3.3	3.01	3.01	3.08	
	e3	9	3.07	3.12	3.07	3.08	3.21	
	e3	12	3.04	3.1	3.1	3.1	3.05	
	e3	15	2.99	3.02	3.18	3.08	3	
	e2	0	2.82	2.95	2.95	2.97	2.97	
	e2	3	2.86	2.89	2.98	3.05	3.02	
	e2	6	2.94	2.87	2.98	2.96	3.07	
	e2	9	2.98	2.94	3.05	2.91	2.99	
	e2	12	3	2.98	3.05	2.99	2.93	
	e2	15	2.93	3	3.02	2.96	2.96	
	e1	0	2.85	2.89	2.94	2.95	2.95	
	e1	3	2.96	2.89	2.96	2.95	2.98	
	e1	6	2.84	2.89	2.97	2.94	2.95	
	e1	9	2.93	2.96	2.95	2.98	2.97	
	e1	12	2.95	2.96	2.94	2.94	2.94	
	e1	15	2.87	2.99	2.94	2.96	2.93	
	10°C	e1	0	3.5	3.23	3.07	3.1	3.1
		e1	3	3.3	3.14	2.99	2.99	3.06
e1		6	3.07	3.06	3.11	3.03	3.03	
e1		9	3.08	3.04	3.03	3.15	3.06	
e1		12	3.06	3.03	3	3.16	3.01	
e1		15	3.02	3.03	3.05	3.07	3.11	
e2		0	2.96	2.96	2.98	2.96	2.96	
e2		3	2.96	2.97	2.95	2.99	3.01	
e2		6	2.97	2.98	2.98	3.01	3.08	
e2		9	3.03	3	2.97	3.01	3.05	
e2		12	2.99	3.04	3.04	3.04	3.06	
e2		15	2.99	2.97	2.99	3.01	3.07	
e3		0	2.93	2.91	2.97	2.94	2.94	
e3		3	2.94	2.91	2.94	3.04	2.98	
e3		6	2.98	2.95	2.98	2.98	2.96	
e3		9	2.99	2.98	2.98	2.98	2.99	
e3		12	2.96	3.04	2.98	3.02	2.98	
e3		15	2.95	2.96	2.99	2.98	3.07	
e1		0	3.27	3.05	3.05	3.13	3.13	
e1		3	3.13	3.01	3.05	3.05	3.17	
e1	6	3.08	3.35	3.05	3.09	3.12		
e1	9	3.05	3.17	3.14	3.2	3.05		
e1	12	3.02	3.3	3.16	3.24	3.18		
e1	15	3	3.16	3.21	3.06	3.1		
19°C	e2	0	2.901	2.99	2.99	2.97	2.97	
	e2	3	2.94	2.97	2.97	3	2.99	
	e2	6	2.98	2.99	2.94	2.99	2.96	
	e2	9	3.03	3.04	3.04	3.06	2.98	
	e2	12	3.07	3.04	3.03	3.1	3.02	
	e2	15	3.11	2.99	3.2	3.47	3.02	
	e3	0	2.88	2.92	2.92	2.7	2.7	
	e3	3	2.92	2.93	2.94	2.88	2.98	
	e3	6	2.94	2.99	2.72	2.9	2.95	
	e3	9	2.98	2.99	2.88	2.92	2.99	
	e3	12	3.01	3.01	2.86	2.96	2.98	
	e3	15	3.1	3.08	2.94	2.99	3.06	

Tabla 31. Datos obtenidos de evaluaciones de Sólidos solubles totales de los frutos de pushgay

Tempe- ratura	Estados de madurez	Tiempo Alm.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	0	12.2	13	11.4	10.2	12
	e1	3	10.08	10.6	11	10	9.8
	e1	6	11	10	10.8	11.2	11.2
	e1	9	10	9	10.08	10	9.2
	e1	12	10	10.6	10.2	10.6	10.6
	e1	15	10.8	10.2	11.6	10.8	11
	e2	0	8	9.8	10.6	11.2	10.4
	e2	3	8.6	8.8	9.2	9	9
	e2	6	8.2	8.8	8.4	9.6	9.6
	e2	9	9	8.4	7.6	7.8	7
	e2	12	9	9.4	9.4	9.4	9.4
	e2	15	9.6	8.4	9.2	9.6	9
	e3	0	9.2	9	9.2	9.9	9
	e3	3	8	8.4	6.4	8.4	9
	e3	6	8.6	7	8.6	8	9.8
	e3	9	7.8	7	7	6	7
	e3	12	8.8	8.6	8.4	8.4	9.2
	e3	15	8	8.6	7.8	8.8	8
10°C	e1	0	12.4	12.2	11	11	11.4
	e1	3	10	10	10.6	11.6	11
	e1	6	10.4	11	11.2	11	11.2
	e1	9	10.04	10.8	10	9.4	11.6
	e1	12	10.4	12	11.6	11.6	11.4
	e1	15	11.4	12	14.4	12	13.4
	e2	0	10	10.4	9.6	10	11
	e2	3	9	9.6	9.4	9.4	8.2
	e2	6	8.8	9.4	9.6	10	9.8
	e2	9	7.4	7.6	10	8.4	10
	e2	12	9.6	10	10.6	10	9.8
	e2	15	9.6	10.6	10.8	10.4	10.6
	e3	0	8.6	9	8.8	9	10
	e3	3	7.8	9	8.4	8	8
	e3	6	8	9.2	9	9	7.4
	e3	9	6.6	7	8.2	7	8
	e3	12	9.4	9.6	9.8	9.6	9.6
	e3	15	9.4	10.6	10.6	9.6	10
19°C	e1	0	12.8	12	11.4	10	13.4
	e1	3	10	10	11.4	11.6	11.8
	e1	6	11.2	12	12	12	11
	e1	9	11	11.6	12	11.4	11.4
	e1	12	12	12.6	10.4	12.4	12
	e1	15	14	13	13	11	13.6
	e2	0	9.8	10	10.8	10.6	10.4
	e2	3	8.2	9.6	9.2	9.4	10
	e2	6	10.2	10.6	10	10.6	10
	e2	9	9.4	10.4	9	10	8
	e2	12	10	10.2	9.6	10	9.6
	e2	15	9.6	10.4	10.2	13.4	11
	e3	0	9	9	9.2	9	9.6
	e3	3	8.2	9.6	9	8.6	9
	e3	6	9	10	9	9.6	9.6
	e3	9	8	9.6	8.6	9.6	9.6
	e3	12	10	9.8	9.2	10	9.8
	e3	15	9.4	10	10	10	10.6

Tabla 32. Datos obtenidos (sin corregir) de evaluaciones de Acidez total titulable de los frutos de pushgay

Tempe- ratura	Estados de madurez	Tiempo de almacenam.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	0	1.73	2.16	1.89	1.84	2.18
	e1	3	1.76	2.03	1.56	1.84	1.72
	e1	6	1.96	1.59	1.65	1.96	1.86
	e1	9	1.84	1.65	1.92	1.91	1.92
	e1	12	1.66	1.85	1.69	1.76	1.76
	e1	15	1.88	1.78	2.02	1.88	1.83
	e2	0	0.92	1.39	1.62	1.54	1.39
	e2	3	1.26	1.25	1.23	1.32	1.28
	e2	6	1.21	1.08	0.99	1.28	1.32
	e2	9	1.28	1.19	1.16	1.15	1.22
	e2	12	1.28	1.38	1.38	1.34	1.38
	e2	15	1.47	1.19	1.40	1.41	1.14
	e3	0	1.60	1.06	1.10	1.16	1.06
	e3	3	1.14	0.99	0.85	0.99	1.08
	e3	6	0.99	0.93	1.06	0.98	1.08
	e3	9	0.98	0.96	0.91	0.70	0.91
	e3	12	0.99	1.01	1.01	0.96	1.06
	e3	15	0.96	1.12	0.94	1.08	0.96
10°C	e1	0	1.71	2.03	1.75	1.92	1.99
	e1	3	1.78	1.84	1.90	1.65	1.43
	e1	6	1.59	1.83	1.95	1.68	1.78
	e1	9	1.84	1.88	1.66	1.73	2.08
	e1	12	1.73	2.14	1.65	2.13	1.74
	e1	15	1.89	1.83	2.75	2.09	2.05
	e2	0	1.23	1.43	1.47	1.47	1.62
	e2	3	1.24	1.41	1.16	1.38	1.25
	e2	6	1.21	1.26	1.47	1.75	1.31
	e2	9	1.18	1.37	1.47	1.09	1.26
	e2	12	1.41	1.53	1.51	1.23	1.56
	e2	15	1.41	1.46	1.49	1.59	2.03
	e3	0	1.50	1.08	1.11	1.08	1.26
	e3	3	0.98	1.08	0.92	1.01	0.97
	e3	6	0.92	1.06	1.08	1.06	0.96
	e3	9	0.91	0.96	1.04	0.88	1.04
	e3	12	1.22	1.15	1.15	1.18	1.18
	e3	15	1.10	1.14	1.24	1.13	1.20
19°C	e1	0	1.57	2.23	1.99	1.81	2.13
	e1	3	1.66	1.66	2.06	2.02	2.06
	e1	6	1.78	2.09	1.99	1.99	1.83
	e1	9	1.83	2.02	1.99	1.99	1.89
	e1	12	2.09	2.29	1.87	2.28	2.23
	e1	15	2.33	2.16	2.16	1.51	2.16
	e2	0	1.24	1.34	1.53	1.51	1.48
	e2	3	1.16	1.32	1.40	1.64	1.34
	e2	6	1.32	1.42	1.30	1.51	1.34
	e2	9	1.29	1.43	1.43	1.47	1.18
	e2	12	1.53	1.56	1.41	1.47	1.32
	e2	15	1.36	1.48	1.56	2.23	1.23
	e3	0	1.14	1.06	1.01	1.08	1.10
	e3	3	1.04	1.18	1.28	1.06	1.01
	e3	6	1.01	1.23	1.06	1.13	1.10
	e3	9	0.94	1.10	1.03	1.13	1.05
	e3	12	1.12	1.12	1.08	1.26	1.12
	e3	15	1.10	1.30	1.20	1.12	1.30

Tabla 33. Datos obtenidos (corregidos) de evaluaciones de Acidez total titulable de los frutos de pushgay

Temperatura	Estados de madurez	Tiempo de Almacen.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	0	5.74	6.02	6.02	5.53	5.5
	e1	3	5.74	5.23	7.04	5.440	5.71
	e1	6	5.62	6.29	6.55	5.71	6.02
	e1	9	5.44	5.44	5.26	5.23	4.8
	e1	12	6.02	5.74	6.02	6.02	6.02
	e1	15	5.74	5.74	5.74	5.74	6.02
	e2	0	7.04	7.04	6.55	7.27	7.49
	e2	3	6.8	7.04	7.49	6.8	7.0
	e2	6	6.8	8.13	8.52	7.49	7.27
	e2	9	7.04	7.04	6.55	6.8	5.74
	e2	12	7.04	6.8	6.8	7.04	6.8
	e2	15	6.55	7.04	6.55	6.8	7.92
	e3	0	8.72	8.52	8.33	8.52	8.52
	e3	3	7.04	8.52	7.49	8.52	8.33
	e3	6	8.72	7.49	8.13	8.13	9.1
e3	9	7.92	7.27	7.71	8.52	7.71	
e3	12	8.91	8.52	8.33	8.72	8.72	
e3	15	8.33	7.71	8.33	8.13	8.33	
10°C	e1	0	5.74	6.02	6.29	5.74	5.74
	e1	3	5.62	5.440	5.59	7.04	7.71
	e1	6	6.55	6.02	5.74	6.55	6.29
	e1	9	5.47	5.74	6.02	5.44	5.59
	e1	12	6.02	5.62	7.04	5.44	6.55
	e1	15	6.02	6.55	5.23	5.74	6.55
	e2	0	7.27	7.27	6.55	6.8	6.8
	e2	3	7.27	6.8	8.13	6.8	6.55
	e2	6	7.27	7.49	6.55	5.71	7.49
	e2	9	6.29	5.53	6.8	7.71	7.92
	e2	12	6.8	6.55	7.04	8.13	6.29
	e2	15	6.8	7.27	7.27	6.55	5.23
	e3	0	8.13	8.33	7.92	8.33	7.92
	e3	3	7.92	8.33	9.1	7.92	8.21
	e3	6	8.72	8.72	8.33	8.52	7.71
e3	9	7.27	7.27	7.92	7.92	7.71	
e3	12	7.71	8.33	8.52	8.13	8.13	
e3	15	8.52	9.28	8.52	8.52	8.33	
19°C	e1	0	5.74	5.38	5.74	5.53	6.29
	e1	3	6.02	6.02	5.53	5.74	5.74
	e1	6	6.29	5.74	6.02	6.02	6.02
	e1	9	6.02	5.74	6.02	5.74	6.02
	e1	12	5.74	5.5	5.56	5.44	5.38
	e1	15	6.02	6.02	6.02	7.27	6.29
	e2	0	8.13	7.49	7.04	7.04	7.04
	e2	3	7.04	7.27	6.55	5.74	7.49
	e2	6	7.71	7.49	7.71	7.04	7.49
	e2	9	7.27	7.27	6.29	6.8	6.8
	e2	12	6.55	6.55	6.8	6.8	7.27
	e2	15	7.04	7.04	6.55	6.02	8.91
	e3	0	7.92	8.52	9.1	8.33	8.72
	e3	3	7.92	8.13	7.04	8.13	8.91
	e3	6	8.91	8.13	8.52	8.52	8.72
e3	9	8.52	8.72	8.33	8.52	9.1	
e3	12	8.91	8.72	8.52	7.92	8.72	
e3	15	8.52	7.71	8.33	8.91	8.13	

Tabla 34. Datos obtenidos (sin corregir) de evaluaciones Índice de madurez de los frutos de pushgay

Tempe- ratura	Estados de madurez	Tiempo de almacenam.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	0	12.06	11.88	10.80	10.99	13.02
	e1	3	9.43	12.74	7.47	11.16	9.88
	e1	6	11.46	8.22	8.44	11.29	10.17
	e1	9	11.66	10.04	11.93	12.11	13.31
	e1	12	9.41	10.22	9.60	10.04	9.41
	e1	15	10.82	10.09	11.26	10.55	9.66
	e2	0	13.33	6.60	8.08	7.00	6.16
	e2	3	6.05	5.98	5.53	6.39	6.19
	e2	6	5.77	4.42	3.86	5.56	6.00
	e2	9	5.81	5.71	5.94	5.39	6.75
	e2	12	5.98	6.62	6.80	6.47	6.68
	e2	15	7.50	5.71	7.01	6.91	4.72
	e3	0	3.94	4.14	4.36	4.46	4.05
	e3	3	5.17	3.75	3.70	3.86	4.26
	e3	6	3.73	4.17	4.20	3.97	3.98
	e3	9	4.09	4.38	3.88	2.76	3.93
	e3	12	3.64	3.89	3.98	3.72	3.99
	e3	15	3.74	4.70	3.65	4.42	3.86
10°C	e1	0	12.50	11.28	8.91	10.88	11.13
	e1	3	10.42	11.16	6.84	7.55	6.01
	e1	6	8.21	9.82	11.08	8.59	9.72
	e1	9	11.05	10.42	8.78	10.49	12.25
	e1	12	9.13	12.50	7.88	12.95	8.91
	e1	15	10.01	9.38	17.44	11.50	10.42
	e2	0	6.46	6.50	7.50	6.94	7.92
	e2	3	5.72	6.67	4.62	6.68	6.31
	e2	6	5.50	5.54	7.28	10.08	5.63
	e2	9	6.22	8.13	7.07	4.62	5.21
	e2	12	6.67	7.81	7.08	4.88	8.06
	e2	15	6.67	6.52	6.59	7.85	12.84
	e3	0	4.33	4.26	4.58	4.21	5.14
	e3	3	4.06	4.26	3.37	4.19	3.38
	e3	6	3.42	3.92	4.26	4.02	4.19
	e3	9	4.23	4.34	4.26	3.75	4.33
	e3	12	5.25	4.55	4.50	4.73	4.70
	e3	15	4.32	4.00	4.84	4.41	4.81
19°C	e1	0	12.66	13.69	11.13	10.78	11.63
	e1	3	9.19	9.30	12.28	10.66	10.85
	e1	6	9.41	11.72	10.71	11.30	10.17
	e1	9	10.29	11.19	11.09	11.20	10.67
	e1	12	11.72	13.67	11.05	13.84	13.59
	e1	15	12.72	11.54	11.35	6.90	11.74
	e2	0	5.02	5.74	7.03	6.90	6.77
	e2	3	5.52	6.00	7.12	8.69	6.03
	e2	6	5.82	6.37	5.64	6.90	5.83
	e2	9	5.81	6.66	7.40	7.10	5.71
	e2	12	7.44	7.93	6.76	7.04	6.12
	e2	15	6.41	7.07	7.77	12.32	4.55
	e3	0	4.69	4.02	3.69	4.21	4.23
	e3	3	4.27	4.72	5.86	4.35	3.80
	e3	6	3.70	4.88	4.14	4.31	4.17
	e3	9	3.59	4.17	4.11	4.29	3.87
	e3	12	4.23	4.25	4.15	5.21	4.27
	e3	15	4.20	5.60	4.78	4.11	5.34

Tabla 35. Datos obtenidos (corregidos) de evaluaciones Índice de madurez de los frutos de pushgay

Temperatura	Estados de madurez	Tiempo Alm.	REPETICIONES				
			I	II	III	IV	V
4°C	e1	0	1.73	2.16	1.89	1.84	2.18
	e1	3	1.76	2.03	1.56	1.84	1.72
	e1	6	1.96	1.59	1.65	1.96	1.86
	e1	9	1.84	1.65	1.92	1.91	1.92
	e1	12	1.66	1.85	1.69	1.76	1.76
	e1	15	1.88	1.78	2.02	1.88	1.83
	e2	0	0.92	1.39	1.62	1.54	1.39
	e2	3	1.26	1.25	1.23	1.32	1.28
	e2	6	1.21	1.08	0.99	1.28	1.32
	e2	9	1.28	1.19	1.16	1.15	1.22
	e2	12	1.28	1.38	1.38	1.34	1.38
	e2	15	1.47	1.19	1.40	1.41	1.14
	e3	0	1.60	1.06	1.10	1.16	1.06
	e3	3	1.14	0.99	0.85	0.99	1.08
	e3	6	0.99	0.93	1.06	0.98	1.08
	e3	9	0.98	0.96	0.91	0.70	0.91
	e3	12	0.99	1.01	1.01	0.96	1.06
	e3	15	0.96	1.12	0.94	1.08	0.96
10°C	e1	0	1.71	2.03	1.75	1.92	1.99
	e1	3	1.78	1.84	1.90	1.65	1.43
	e1	6	1.59	1.83	1.95	1.68	1.78
	e1	9	1.84	1.88	1.66	1.73	2.08
	e1	12	1.73	2.14	1.65	2.13	1.74
	e1	15	1.89	1.83	2.75	2.09	2.05
	e2	0	1.23	1.43	1.47	1.47	1.62
	e2	3	1.24	1.41	1.16	1.38	1.25
	e2	6	1.21	1.26	1.47	1.75	1.31
	e2	9	1.18	1.37	1.47	1.09	1.26
	e2	12	1.41	1.53	1.51	1.23	1.56
	e2	15	1.41	1.46	1.49	1.59	2.03
	e3	0	1.50	1.08	1.11	1.08	1.26
	e3	3	0.98	1.08	0.92	1.01	0.97
	e3	6	0.92	1.06	1.08	1.06	0.96
	e3	9	0.91	0.96	1.04	0.88	1.04
	e3	12	1.22	1.15	1.15	1.18	1.18
	e3	15	1.10	1.14	1.24	1.13	1.20
19°C	e1	0	1.57	2.23	1.99	1.81	2.13
	e1	3	1.66	1.66	2.06	2.02	2.06
	e1	6	1.78	2.09	1.99	1.99	1.83
	e1	9	1.83	2.02	1.99	1.99	1.89
	e1	12	2.09	2.29	1.87	2.28	2.23
	e1	15	2.33	2.16	2.16	1.51	2.16
	e2	0	1.24	1.34	1.53	1.51	1.48
	e2	3	1.16	1.32	1.40	1.64	1.34
	e2	6	1.32	1.42	1.30	1.51	1.34
	e2	9	1.29	1.43	1.43	1.47	1.18
	e2	12	1.53	1.56	1.41	1.47	1.32
	e2	15	1.36	1.48	1.56	2.23	1.23
	e3	0	1.14	1.06	1.01	1.08	1.10
	e3	3	1.04	1.18	1.28	1.06	1.01
	e3	6	1.01	1.23	1.06	1.13	1.10
	e3	9	0.94	1.10	1.03	1.13	1.05
	e3	12	1.12	1.12	1.08	1.26	1.12
	e3	15	1.10	1.30	1.20	1.12	1.30