

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

(Creada por ley Nro. 29531)



**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA
CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE EN EL FRUTO DE PUSHGAY (*Vaccinium floribundum* H.B.K)**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. VÁSQUEZ GONZÁLES ESLY HERNÁN

ASESOR:

Ph. D. VELÁSQUEZ BARRETO FRANK FLUKER

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

CHOTA – PERÚ

2022

Acta de sustentación

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 023-2022/EPIA - FCA/UNACH

Siendo las 11:00 horas, del día jueves de diciembre de 2022, en video conferencia del aplicativo Meet Google con el enlace <https://meet.google.com/jhq-mevp-zjw>, los miembros del Jurado de Tesis titulada: EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN EL FRUTO DE PUSHGAY (*Vaccinium floribundum* H.B.K), integrado por:

1. Mg. Gina De La Cruz Calderón - Presidente
2. Mg. Edson Elvis Ramírez Tixe - Secretario
3. Mg. Candy Vanessa Veneros Castro - Vocal

Sustentada por Bach. Esly Hernán Vásquez Gonzales, con la finalidad de obtener título profesional en Ingeniería Agroindustrial

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 16 (dieciséis), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de ingeniero agroindustrial

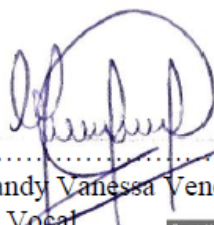
Firmado en: Chota, 29 de diciembre del 2022.



Mg. Gina De La Cruz Calderón
Presidente



Mg. Edson Elvis Ramirez Tixe
Secretario



Mg. Candy Vanessa Veneros Castro
Vocal

Scanned by TapScanner

Agradecimientos

Deseo expresar un profundo agradecimiento:

- A mis padres, por apoyarme siempre; por enseñarme que con esfuerzo, dedicación, sacrificio y perseverancia se puede lograr todas las metas y sueños trazados.
- A mis hermanos, por brindarme sus consejos, por apoyarme siempre sin esperar nada a cambio.
- A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por admitirme dentro de sus aulas para mi formación profesional.
- A mi asesor Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto, por contribuir con sus conocimientos a lo largo del desarrollo de la presente investigación.
- A los docentes de la EPIA, por impartir sus lecciones; las mismas que fueron un pilar fundamental en mi formación profesional.

Dedicatoria

A Dios por estar siempre conmigo, por brindarme sabiduría para conseguir concretar mis propósitos.

A mis queridos padres Artemio Vásquez Cieza y Hermelinda Gonzáles Vásquez, quienes que, con su ejemplo de esfuerzo, dedicación y trabajo, me inspiran a ser mejor en mi vida cotidiana.

A mis queridos hermanos por su infinita comprensión, por ayudarme siempre de manera incondicional.

Índice de contenidos

Contenido	Página
Acta de sustentación.....	2
Agradecimientos.....	3
Dedicatoria	4
Índice de contenidos.....	5
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Bases teóricas.....	19
2.3. Marco conceptual.....	36
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
3.1. Ubicación	38
3.2. Población y muestra.....	38
3.3. Equipos, materiales y reactivos.....	38
3.4. Metodología de la investigación	40
3.5. Análisis estadístico.....	51
CAPÍTULO IV	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. Características fisicoquímicas del fruto de pushgay	52

4.2. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas del fruto de pushgay.....	53
4.3. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto de pushgay.....	58
CAPÍTULO V.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1 CONCLUSIONES	62
5.2 RECOMENDACIONES.....	63
CAPÍTULO VI	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
CAPÍTULO VII.....	74
ANEXOS	74

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1. Taxonomía del fruto de pushgay	20
Tabla 2. Composición químico proximal del pushgay (<i>Vaccinium floribundum</i> H.B.K) por cada 100 g de FF.....	21
Tabla 3. Características fisicoquímicas del fruto pushgay por cada 100 g de FF.....	22
Tabla 4. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del pushgay	22
Tabla 5. Clasificación de los antioxidantes.....	23
Tabla 6. Clasificación de compuestos fenólicos.....	26
Tabla 7. Propiedades del polipropileno virgen.....	35
Tabla 8. Acondicionamiento de las soluciones para la curva patrón de AGE.....	46
Tabla 9. Acondicionamiento de las soluciones para la curva patrón de trolox.....	48
Tabla 10. Características fisicoquímicas del fruto de pushgay.....	52

Índice de figuras

Contenido	Página
Figura 1. Frutos de pushgay en su etapa madura.....	20
Figura 2. Estructura química del ácido fenólico.....	25
Figura 3. Formación del catión radical ABTS.....	28
Figura 4. Recolección de frutos de pushgay.....	40
Figura 5. Selección de los frutos de pushgay.....	41
Figura 6. Almacenamiento de los frutos de pushgay.....	42
Figura 7. Análisis de pH en el fruto de pushgay.....	43
Figura 8. Etapas del pesado y triturado para la obtención de extractos del fruto de pushgay.....	44
Figura 9. Filtrado y almacenado de los extractos del fruto de pushgay.....	45
Figura 10. Centrifugado de los extractos, concentrado y almacenado del sobrenadante.....	45
Figura 11. Esquema experimental	50
Figura 12. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.....	54
Figura 13. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de pushgay.....	56
Figura 14. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.....	57
Figura 15. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos.....	59
Figura 16. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay.....	61

RESUMEN

El pushgay es considerado como un fruto estacional que crece de forma silvestre en el distrito de Chota, destaca por poseer antioxidantes naturales. No obstante, este fruto es comercializado en fresco, lo que conlleva a que este fruto se deteriore o pierda su calidad comercial y nutricional a consecuencia de un mal manejo de almacenamiento poscosecha. Por ello, la presente investigación evaluó el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos (CF) y capacidad antioxidante (CA) en el fruto de pushgay. En la investigación se manipuló un diseño factorial de dos factores, los cuales constaron: temperatura (4 °C, 10 °C y 19 °C) y tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días). Los frutos de pushgay fueron recolectados de manera manual en la comunidad de Choctapata Alto, del distrito y provincia de Chota, Cajamarca. Posteriormente los frutos fueron trasladados hacia el laboratorio de Análisis y Control de Calidad de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, donde se realizó la etapa de selección, considerando para ello la madurez del fruto con una coloración azul-violáceo intenso, frutos libres de daños físicos y biológicos. Finalmente, los frutos seleccionados fueron colocados en tapers de polipropileno debidamente identificados y con perforaciones en las tapas para luego ser almacenados. Los análisis de las propiedades fisicoquímicas, concentración de CF y de la CA se ejecutaron a los 0, 7, 14, 21 y 28 días. Los frutos de pushgay almacenados a temperatura de 4 °C expresaron la mínima pérdida de peso fresco, en cotejo a los demás tratamientos. Así mismo, los frutos de pushgay almacenados a 4 °C manifestaron una ligera variación en los °Brix y pH; la CA y la concentración de CF sufrió un incremento hasta los 21 días de almacenamiento. Las variables temperatura y tiempo de almacenamiento tienen significancia ($p < 0,05$) en las características fisicoquímicas, concentración de CF y sobre la CA en el fruto de pushgay.

Palabras clave: pushgay, características fisicoquímicas, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos.

ABSTRACT

Pushgay is considered a seasonal fruit that grows wild in the district of Chota and is known for its natural antioxidants. However, this fruit is marketed fresh, which leads to the deterioration or loss of its commercial and nutritional quality as a result of poor post-harvest storage management. Therefore, the present investigation evaluated the effect of temperature and storage time on the concentration of phenolic compounds (PC) and antioxidant capacity (AC) in pushgay fruit. A two-factor factorial design was used, which consisted of: temperature (4 °C, 10 °C and 19 °C) and storage time (0, 7, 14, 21 and 28 days). The pushgay fruits were collected manually in the community of Choctapata Alto, in the district and province of Chota, Cajamarca. The fruits were then transferred to the laboratory of Analysis and Quality Control of Agroindustrial Products of the Professional School of Agroindustrial Engineering, where the selection stage was carried out, considering the maturity of the fruit with an intense blue-violet color, fruits free of physical and biological damage. Finally, the selected fruits were placed in polypropylene tapers duly identified and with perforations in the lids for storage. The analyses of physicochemical properties, CF concentration and CA were carried out at 0, 7, 14, 21 and 28 days. Pushgay fruit stored at 4 °C showed the least loss of fresh weight compared to the other treatments. Likewise, pushgay fruits stored at 4 °C showed a slight variation in °Brix and pH; CA and CF concentration increased until 21 days of storage. The variables temperature and storage time have significance ($p < 0.05$) on physicochemical characteristics, CF concentration and CA in pushgay fruit.

Key words: pushgay, physicochemical characteristics, antioxidant capacity, phenolic compounds.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La tendencia a la ingesta de frutos frescos se ha acrecentado considerablemente en los últimos años en virtud a que los consumidores buscan productos con buenas características nutricionales, que posean antioxidantes naturales, entre otros compuestos; los mismos que conlleven a mejorar ciertas funciones fisiológicas del cuerpo, la salud y bienestar en los consumidores (Cárdenas et al., 2016). Se ha evidenciado que la ingesta de frutos frescos que contienen compuestos bioactivos, como los antioxidantes; es una estrategia efectiva y segura para prevenir diversas enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Varo, 2018).

En el Perú, y en el departamento de Cajamarca existe una gran variedad de frutos silvestres como el pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K.), poro poro (*Passiflora mollissima*), sauco (*Sambucus nigra* L.), tin tin (*Passiflora pinnatistipula*) mora (*Rubus glaucus*), entre otros, de gran valor nutricional y con potencial para su comercialización (Saldaña y Tejada, 2019). Los frutos de pushgay son bayas esféricas de tamaño pequeño que están sostenidas en racimos, presentan una coloración azul-violáceo y el jugo presenta una coloración púrpura. El *Vaccinium floribundum* H.B.K también es conocido como machamacha (Perú), agraz (Colombia) y como mortiño (Ecuador). Se ha reportado que este fruto posee antioxidantes naturales que favorecen el metabolismo y que al consumirlo ya sea en producto fresco o procesado pueden prevenir la degeneración celular, el cáncer, enfermedades cardiovasculares, la diabetes, entre otras (Gallardo, 2015). Todos estos beneficios que tiene para la salud hacen que los frutos como el pushgay sean muy requeridos para su ingesta ya sea en fresco o procesados. No obstante, uno de los problemas para comercializar e industrializar este fruto es que su consumo es estacional (Guevara, 2017).

En la actualidad, la carencia de prolongar la vida útil y aprovechar los frutos estacionales ha con llevado a aplicar diferentes tecnologías de almacenamiento poscosecha, tales como almacenamiento temperaturas bajas, atmosferas controladas y/o modificadas, aplicación de ceras, así como la combinación de dos o más tecnologías (Ayala, 2021). En el almacenamiento poscosecha de frutos frescos se desarrolla múltiples cambios fisiológicos, los mismos que conllevan al cambio de ciertas características físicas y sensoriales; así como también de ciertos metabolitos secundarios (antocianinas, carotenoides, compuestos polifenólicos, entre otros) que se reducen o incrementan su concentración (Velásquez et al., 2022). Ante ello, es necesario

determinar el efecto de diferentes variables en las propiedades de los frutos frescos a lo largo del almacenamiento poscosecha, para así establecer diferentes condiciones de almacenamiento que conlleven a extender su tiempo de vida y por ende conservar su calidad.

En este marco, dada la trascendencia que tiene el fruto de pushgay como fuente de antioxidantes, la presente investigación trazo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K.).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Benites (2022) evaluó el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en la cinética de deterioro de la capacidad antioxidante, vitamina C y azúcares reductores de pulpa de mullaca (*Vaccinium froribundum* H.B.K) variedad negra y arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi); la CA se determinó a través del método radical DPPH, la vitamina C (ácido ascórbico) por espectrometría a 520 nm. El contenido de azúcares reductores por el procedimiento volumétrico de Lane-Eynon (NMX-F-312-1978). El autor utilizó un diseño aleatorizado de un solo factor, teniendo como variable independiente a la temperatura de almacenamiento (5 °C, 15 °C y 35 °C) y como variable dependiente a la cinética de reacción, representado por la letra *k*. En cuanto a los resultados, las pulpas caracterizadas de *Vaccinium froribundum* H.B.K presentaron superior concentración de azúcares reductores (10,672 g/100 g) en comparación a lo registrado en pulpa de arándano (9,510 g/100 g); de igual forma el contenido de ácido ascórbico fue superior en la pulpa de *Vaccinium froribundum* H.B.K con un valor de 76,092 mg/100 g en comparación a lo registrado en la pulpa de arándano con un valor de 13,760 mg/100 g. Igual comportamiento se presentó para la capacidad antioxidante con un valor de 91,021% frente a 59,220% de captación de radicales libres por DPPH; la cinética presento una directriz en la reducción de las características de calidad (capacidad antioxidante, ácido ascórbico y azúcares reductores), presentado mayor velocidad al aumentar la temperatura. Los cambios que consiguió las características de calidad en las dos pulpas independientemente de la temperatura, yació en una cinética de reacción de primer orden. La entalpia de activación (kJ/mol) para el ácido ascórbico fue de 27,89 y 23,16; para la CA fue de 18,97 y 17,97 y para los azúcares reductores fue de 18,01 y 20,94 para las pulpas de arándano y mullaca respectivamente. El autor concluyo que el incremento de la temperatura de almacenamiento redujo el tiempo de vida media de los parámetros de calidad en las dos pulpas. Así mismo, la temperatura de almacenamiento es significativamente diferente sobre las constantes cinéticas de los tres parámetros de calidad evaluados.

Carrasco (2022) evaluó el contenido de polifenoles totales, antocianinas, y la capacidad antioxidante de los frutos maduros de machamacha (*Pernettya prostrata*) en diferentes estados de conservación (fresco, seco y congelado); el contenido de antocianinas totales (AT) se analizó

por el método pH diferencial, el contenido de CF por Folin Ciocalteu y la CA por DPHH. En la investigación se manejó un diseño completamente al azar, asumiendo como variables independientes a los estados de conservación (fresco, seco y congelado) y como variables dependientes al contenido de CF, AT y CA. Los resultados para AT presentaron los siguientes promedios: 13,48; 17,89 y 20,95 mg cianidina-3-glucósido/100 g de muestra seca, fresca y congelada, respectivamente. En cuanto al contenido de CF, las muestras en congelación mostraron menor contenido con 204,85 mg de AGE/100 g de pulpa, no encontrándose diferencias significativas entre las muestras frescas con un contenido de CF de 395,11 y 451,02 mg de AGE/100 g de muestras secas. Respecto a la CA de las muestras no exhiben diferencias significativas registrando 33,50 μmol trolox/g en congelado, 37,15 μmol trolox/g en seco y 38,15 μmol trolox/g en fresco. El autor concluyó que los estados de conservación (secado, fresco y congelado) influyen significativamente en la biodisponibilidad de CF y contenido de antocianinas; no obstante, respecto a la CA los estados de conservación no presentaron diferencia significativa.

Mesco (2019) determinó el contenido de flavonoides, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas presentes en frutos de *Hesperomeles escalloniifolia* Schltdl (capachu), *Berberis cummutata* Eichler (huancachu), *Berberis humbertiana* J.F. Macbr (cheqche) y *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí); el contenido de flavonoides se determinó por el método colorimétrico cloruro de aluminio, la CA a través del método de DPPH. En la investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar, considerando como variables independientes a los frutos silvestres (huancachu, capachu, cheqche y alaybilí) y como variables dependientes al contenido de flavonoides, CA y características fisicoquímicas. Los resultados obtenidos para flavonoides fueron, cheqche 1842, capachu 872, alaybili 851 y huancachu 549 mg-eq catequina/100 g fruto fresco (FF); la CA para los frutos de huancachu fue de 107,00; alaybili 71,00; capachu 55,24 y cheqche 32,20 μg Trolox/ 100 g FF. En lo que se refiere a las características fisicoquímicas el capachu ostento pH 4,0; cheqche 3,7; alaybili 3,2 y huancachu 2,7. La humedad fue de 80,68%; 78,16%; 73,70% y 67,95% para huancachu, alaybili, capachu y cheqche, respectivamente; sólidos solubles totales, capachu 8,00; alaybili 5,67; huancachu 4,33 y cheqche 3,83; en cuanto a la acidez, cheqche 0,58; capachu 0,40; alaybili 0,22, huancachu 0,21; índice de madurez, alaybili 25,81; huancachu 20,62; capachu 20,11 y cheqche 6,63. El autor concluyó que el fruto de cheqche posee alto contenido de flavonoides respecto a los demás frutos; en relación a la CA el fruto huancachu alcanza mayor CA en comparación a los demás frutos.

Alarcón (2018) determinó la composición química y la capacidad antioxidante de un extracto de mortiño; el contenido de CF fue determinado mediante el método Folin Ciocalteu, los flavonoides por el procedimiento colorimétrico cloruro de aluminio, las AT por el procedimiento pH diferencial, el contenido de taninos totales se determinó por el procedimiento descrito por la norma ISO 9648, el contenido de vitamina C y de β -caroteno se determinó mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC); y la CA se determinó a través del método DPPH y FRAP. Los resultados estuvieron analizados a través de ANOVA de un factor y la prueba Tukey; teniendo como variable independiente al lugar de procedencia (Ambato, Pichincha y Cotopaxi) y como variables dependientes a la composición química (fenoles totales, flavonoides, antocianinas totales, taninos totales, vitamina C, β -caroteno) y la CA. Los resultados para el contenido de CF provenientes de las tres regiones del Ecuador (Ambato, Pichincha y Cotopaxi) indicaron una concentración de 598; 823 y 597 mg AGE/100 g FF, respectivamente, el contenido de flavonoides para los frutos provenientes de la región de Ambato, Pichincha y Cotopaxi fueron de 13,74; 16,11 y 14,88 mg Cat/g FF, respectivamente; el contenido de antocianinas totales fue de 1,69; 2,87 y 1,26 mg cianidina-3-glucósido/100 g FF, respectivamente; el contenido de AT fue de 4,03; 5,68 y 2,87 mg ácido tánico/g FF; el contenido de vitamina C fue de 59,61; 43,09 y 35,14 mg/100 g FF y el contenido de β -caroteno fue de 46,34; 81,38 y 42,80 μ g/100 g FF; la CA (método FRAP) en los frutos provenientes de la región de Ambato, Pichincha y Cotopaxi fueron 393,13; 404,00 y 424,79 μ mol AFS/g FF, respectivamente y la CA (método DPPH) en los frutos provenientes de la región de Ambato, Pichincha y Cotopaxi fueron 213,36; 241,00 y 293,51 μ mol de trolox/g FF, respectivamente. El autor determinó que el mortiño proveniente de la región de Pichincha registró una mayor concentración de CF y el proveniente de Cotopaxi una mayor CA en cotejo a las otras muestras, lo que indica que el lugar de procedencia del fruto influye en la composición química y en la concentración de compuestos bioactivos.

Llimpe (2017) evaluó el contenido de antocianinas y la capacidad antioxidante del fruto de macha macha en tres estados de maduración (verde, pintón y maduro), el contenido de AT se analizó por la técnica pH diferencial y la CA por la técnica radical DPPH. El contenido de AT fue de 0,519; 4,242 y 10,532 mg cianidina-3-glucósido/100 de muestra en estado verde, pintón y maduro, respectivamente y una capacidad antioxidante de 569,3637; 550,1427 y 323,9630 μ mol TE/g muestra en estado verde, pintón y maduro, respectivamente; demostrando así que la macha macha presenta una mayor presencia de antocianinas en estado de maduración maduro y una mayor capacidad antioxidante en estado de maduración verde.

Salas (2017) determinó la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos (fenoles y antocianinas) de los frutos silvestres (machamacha, condorpausan, alaybilí y frambuesa silvestre). La CA se determinó por el procedimiento DPPH, el contenido de CF por Folin Ciocalteu y el contenido de AT por el método de pH diferencial; en investigación utilizó un diseño completamente al azar, considerando para ello como variables independientes a los frutos silvestres y como variable dependiente a la CA y los compuestos bioactivos; en la investigación realizada los resultados alcanzados mostraron que la mayor CA se registró en el fruto frambuesa silvestre con 25010,87 μg trolox/100 g FF y el menor nivel de CA se registró en el fruto de condorpausan con 21924,65 μg trolox/ 100 g FF; en lo referente al contenido de CF fue mayor en el fruto de frambuesa silvestre con 5370,42 mg ácido gálico/100 g FF y menor en el condorpausan 4707,21 mg AGE / 100 g FF; en lo que concierne al contenido de antocianinas totales se registró en mayor cantidad en el fruto frambuesa silvestre con 2013,967 mg cianidina-3-glucósido/100 g FF, y menor en el condorpausan con 862,006 mg cianidina-3-glucósido/100 g FF. En la investigación, el autor concluyó que todos los frutos silvestres presentaron un nivel alto de CA, contenido de CF y antocianinas totales, no obstante, el mayor contenido se registró en el fruto de frambuesa.

González (2017) determinó el efecto del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración sobre la concentración de antocianinas totales del pushgay en almíbar; la concentración de AT se determinó por el método pH diferencial. Los resultados se analizaron a través de ANOVA y una prueba de Duncan; considerando para ello como variables independientes temperatura de almacenamiento (temperatura ambiente de 20 °C y temperatura de refrigeración de 5 °C) y tiempo de almacenamiento (0; 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49; 56; 63 y 70 días); como variable dependiente se consideró la concentración de AT. Los valores mostraron que para el almacenamiento a temperatura ambiente a los 0 días de almacenamiento el contenido inicial de AT fue de 113,97 mg cianidina-3-glucósido/100 g de fruto, incrementándose hasta obtener los valores más altos de 245,68 y 170,33 mg cianidina-3-glucósido/100 g de fruto, respectivamente a los 7 y 21 días de almacenamiento; a partir de los 28 días hasta finalizar el periodo de almacenamiento (70 días) la concentración de AT desciende y se mantiene con un valor promedio de 128,70 mg cianidina-3-glucósido/100 g de fruto. No obstante, durante el almacenamiento en refrigeración, el contenido de AT se incrementó de 113,97 mg cianidina-3-glucósido/100 g de fruto de pushgay (0 días) a 225,23 mg cianidina-3-glucósido/100 g de fruto de pushgay (14 días); a partir de los 28 días hasta finalizar el periodo de almacenamiento (70 días) el contenido de AT desciende y se mantiene con un valor

promedio de 191,47 mg/100 g de fruto. El autor concluyó que pushgay en almíbar almacenado a temperatura de refrigeración (5 °C) presentó mayor concentración de antocianinas totales respecto a los almacenados a temperatura ambiente (20 °C).

Guevara (2017) determinó el efecto del estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento en la calidad fisicoquímica en frutos de pushgay. En la investigación se manejó un diseño completamente al azar, considerando para ello como variables independientes a la temperatura de almacenamiento de 4 °C, 10 °C y temperatura ambiente (19 °C); la segunda variable independiente fue el estado de madurez del fruto, el cual fue establecido según al color de la epidermis (verde, rojo púrpura y azul violeta); y la tercera variable independiente fue el tiempo de almacenamiento (0; 3; 9; 12 y 15 días). Se efectuaron análisis de las variables dependientes pérdida de peso, pH, °Brix, acidez e índice de madurez cada tres días. Los resultados adquiridos mostraron que el estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento no influyeron el contenido de humedad, materia seca y número de semillas del fruto de pushgay. No obstante, si influyeron en la pérdida de peso fresco, registrándose la mayor pérdida de peso a temperatura de 19 °C, en estado de madurez azul violeta (maduros) con un valor de 20,62% y 16,43%; respectivamente al finalizar el periodo de almacenamiento (15 días). El estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento también influyeron en la calidad química (pH, °Brix y acidez) en los frutos de pushgay, observándose un incremento del pH hasta los 12 días de almacenamiento con un valor de 3,07; para posteriormente disminuir hasta un valor de 2,9 en los frutos maduros y almacenados a 19 °C. Al concluir la etapa de almacenamiento se observó que el °Brix de los frutos de pushgay se incrementó en mayor cantidad en los frutos maduros y almacenados a 19 °C hasta alcanzar un máximo valor de 11,24 y 10,58; respectivamente. La acidez para los frutos de pushgay fue mayor en frutos almacenados a 19 °C y en estado de madures verde, sin embargo, durante el periodo de almacenamiento (15 días) se registró variaciones en la concentración de ácido cítrico en los frutos.

AezamRezaee et al. (2014) evaluaron los efectos de diferentes temperaturas sobre los fenoles totales, las antocianinas totales, capacidad antioxidante y la calidad principal de la fruta de frambuesa durante el almacenamiento poscosecha; el contenido de CF se analizó a través del método Folin Ciocalteu, el contenido de AT por el método de pH diferencial, la CA por el método de ensayo de FRAP y la calidad de principal de la fruta se determinó mediante análisis fisicoquímicos (°Brix, acidez y pH), así mismo la calidad principal de la fruta se determinó mediante evaluaciones subjetivas considerando para ello una escala de 1 a 5 de acuerdo con el

porcentaje de superficie deteriorada, donde 1=inaceptable (>50% de superficie afectada), 2=mala (20–50% de superficie afectada), 3=aceptable (5 al 20% de superficie afectada), 4=bueno (hasta 5% de superficie afectada), y 5=excelente. En la investigación se utilizó un diseño completamente al azar considerando para ello como variables independientes a la temperatura de almacenamiento (0 °C, 5 °C y 10 °C) y al tiempo de almacenamiento (0, 2, 4, 6 y 8 días); como variable dependiente se consideró al contenido de CF, las antocianinas totales, la CA y la calidad principal de la fruta. Se alcanzaron como resultados que los frutos de frambuesa almacenados a 5 °C o 10 °C mostraron una mayor CA, contenido de compuestos CF y contenido de antocianinas que las almacenadas a 0 °C. En lo que se refiere a la pérdida de la calidad general está se incrementó continuamente a un ritmo mayor en las frambuesas almacenadas a 10 °C en cotejo a las almacenadas a 5 °C y 0 °C; La acidez titulable y el pH se mantuvieron casi sin cambios durante el período de almacenamiento en las tres temperaturas de almacenamiento. Los autores concluyeron que las fresas almacenadas a temperatura de 10 °C mostraron mayor contenido de CF y CA a lo largo del período de poscosecha; sin embargo, las bayas almacenadas a temperatura de 0 °C conservaron mejor la calidad general durante el tiempo almacenamiento.

Ochoa y Guerrero (2013) evaluaron el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre algunas características de calidad, actividad enzimática de la pectinmetilesterasa, contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y recuento microbiano de frutos de tuna blanca villanueva. Las tunas fueron almacenadas a temperaturas de 4 °C, 9 °C y 28 °C y a tres humedades relativas 90%, 85% y 75%, respectivamente. Las características de calidad se monitorearon cada 7 días y hasta un tiempo de almacenamiento donde los frutos de tuna presentaron características de calidad no adecuadas para el consumo. Las características de calidad se determinaron mediante la realización de análisis fisicoquímicos como pH, °Brix, acidez, pérdida de peso, índice de madurez, color, firmeza; el contenido de CF se analizó por Folin Ciocalteu y la CA por ABTS. Los resultados alcanzados estuvieron analizados por ANOVA ($p < 0,05$); considerando para ello como variables independientes a la temperatura de almacenamiento y a la humedad relativa; como variables dependientes se consideró a las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, acidez, pérdida de peso, índice de madurez, color, firmeza), CF, CA y recuento microbiano. Los resultados obtenidos indicaron que la temperatura de almacenamiento afectó significativamente ($p < 0,05$) a las características de calidad, actividad enzimática, compuestos fenólicos y recuento microbiano. Los frutos de tuna almacenados a diferentes condiciones de almacenamiento no presentaron diferencias

significativas para la CA y la actividad enzimática de la pectinmetilesterasa. Respecto a las características de calidad visual, la temperatura de almacenamiento que mejor conserva las características de la tuna Villanueva fue la de 4 °C, manteniéndolo en buen estado (físico) hasta 42 días de almacenamiento, mientras que, a 9 °C y 28 °C estas mantuvieron buena calidad durante 28 y 15 días respectivamente y a partir de este tiempo, la deshidratación fue excesiva y la fruta era física y sensorialmente inaceptable. Los autores concluyeron que el almacenamiento a bajas temperaturas limita los cambios en el color, pérdida de peso, actividad de la polifenoloxidasas, firmeza, contenido de CF y crecimiento microbiano. No obstante, la CA y la actividad de la pectinmetilesterasa no fueron afectadas por la temperatura de almacenamiento.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Pushgay

a) **Origen y distribución.** El pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K.) considerado como fruto estacional crece de manera silvestre en la franja intermedia entre los pisos ecológicos quechua alta y puna, entre los 2350 a los 3500 m.s.n.m. El pushgay pertenece a la familia de las Ericáceas, es resistente a anomalías climáticas como la sequía, además tolera bastante bien las bajas temperaturas; se ha podido identificar su existencia exclusivamente en provincias cajamarquinas (Chota, San Marcos, Cajamarca, Bambamarca y Celendín), Perú. Sin embargo, podrían existir especies similares que se desarrollan de manera silvestre en otras localidades (Tapia y Fries, 2007).

En la región Cajamarca el pushgay es denominado por diferentes nombres: uva de campo o nombrado sencillamente como uvitas. Así mismo, se le denomina a una variedad semejante como pinchicho en la región del Cusco (Tapia y Fries, 2007). El pushgay también es conocido vulgarmente en el Perú como: congama, machamacha; en Colombia se le conoce como agraz y en Ecuador como mortiño (Noboa, 2010).

b) **Taxonomía del fruto de pushgay.** La siguiente tabla detalla la taxonomía del pushgay.

Tabla 1*Taxonomía del fruto de pushgay*

Taxonomía del fruto de pushgay	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>floribundum</i>

Nota. Gallardo (2015).

c) **Descripción del fruto de pushgay.** Los frutos de pushgay son bayas esféricas de tamaño pequeño que están sostenidas en racimos, presentan una coloración azul-violáceo, el jugo presenta una coloración púrpura. La etapa de maduración no es uniforme y todos los frutos no maduran al mismo tiempo. La producción acontece alrededor del mes de febrero y mayo, y se extiende durante dos o tres meses (Tapia y Fries, 2007).

Figura 1

Frutos de pushgay en su etapa madura.



Nota. Gallardo (2015).

d) Composición químico proximal del pushgay.

Tabla 2

Composición químico proximal del pushgay (Vaccinium floribundum H.B.K) por cada 100 g FF

Elementos	Cantidad
Grasas	1,0 g
Proteínas	0,7 g
Cenizas	0,4 g
Carbohidratos	16,9 g
Fibra soluble	1,2 g
Fibra insoluble	6,5 g
Fructuosa	4,4 g
Glucosa	2,6 g
Valor calórico	84,0 kcal
Ácido cítrico	3142 mg
Ácido málico	1823 mg
Hierro	0,64 mg
Potasio	607 mg
Calcio	17,0 mg
Magnesio	10,2 mg
Cobre	0,12 mg
Zing	0,13 mg

Nota. Vasco et al. (2009).

e) Características fisicoquímicas del fruto pushgay. Los frutos del *Vaccinium floribundum* H.B.K presentan un alto contenido de sólidos totales (°Brix). El valor del pH es inferior a 5, por lo que el fruto de pushgay se le puede clasificar dentro del conjunto de los frutos ácidos (Ávila et. al, 2007). Por otro lado, el pushgay posee un alto contenido de humedad; característica propia de los frutos frescos (Tabla 3),

Tabla 3

Características fisicoquímicas del fruto pushgay por cada 100 g de FF.

Componente	Cantidad
Humedad (g)	81,0
pH	3,0
Sólidos solubles totales (°Brix)	14,1
Acidez (%)	3,1
Índice de madurez	4,5

Nota. Pérez y Valdivieso (2007), Cardozo y Puerto (2019) y Salas (2017).

f) Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto pushgay. La Tabla 4 presenta el contenido CF y la CA de los frutos de pushgay; destacándose su alto contenido de fenoles totales.

Tabla 4

Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del pushgay

Componente	Cantidad
Vitamina C (mg/ 100 g de FF)	9,0 ± 2,0
β-caroteno (μg/100 g de FF)	36,0 ± 6,0
Fenoles solubles totales (mg AGE/100 g de FF)	609 ± 39
Capacidad Antioxidante (μM Trolox/g de FF)	45,5 ± 2.3

FF: Fruto fresco

Nota. Garzón et al. (2010), Gaviria et al. (2009) y Vasco et al. (2009).

g) Usos del pushgay. El pushgay es una planta ampliamente utilizada; las hojas y sus raíces son utilizados dentro de la medicina popular como calmantes de cólicos, fiebre, reumatismo, dolencias de hígado, riñones y pulmonares. Las hojas también son utilizadas como alimento para el ganado bobino (Guerrero, 2016).

El fruto del pushgay destaca por su alto contenido de antioxidantes, incluso estudios han determinado que este posee hasta tres veces más que las frambuesas o fresas; la ingesta de estos reduce la posibilidad de sufrir enfermedades degenerativas, cardiovasculares y neurológicas

(Gallardo, 2015). El fruto de pushgay además de ser consumido en fresco, es utilizado en la producción de jaleas, mermeladas, harina, postres, vinos y helados (Roldán, 2012).

2.2.2. Antioxidantes.

Son productos químicos o sustancias químicas que tienen por característica frenar la oxidación de distintos compuestos, especialmente de los ácidos grasos quienes provocan reacciones en el organismo humano y en los alimentos, promovidas en cadena por los llamados radicales libres (Cofré, 2015). Estos últimos, son un conjunto de átomos altamente variables que son esenciales en el metabolismo. Sin embargo, por su elevado poder reactivo oxidan biomoléculas (proteínas, lípidos, etc.) para lograr estabilizarse; este proceso finalice por perjudicar la función de este conjunto de átomos y de la propia célula, lo que conlleva al surgimiento de algunas enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. Por tanto, el rol de los antioxidantes es clave en la disminución de estas enfermedades (Vallejo et al., 2017).

Los antioxidantes tienen una estructura química adecuada que les facilita reaccionar con un radical libre (RL), de modo que, a consecuencia de esta interacción los radicales libres pierden su reactividad y los compuestos antioxidantes se oxidan transformándose en moléculas considerablemente más estables hacia su entorno (Jamanca y Alfaro, 2017).

a) **Clasificación de los antioxidantes.** Estos son antioxidantes endógenos y exógenos.

Los antioxidantes endógenos se hallan en el organismo, son producidos por la misma célula; en cambio los antioxidantes exógenos se incorporan al organismo mediante suplementos o a través de la dieta. (Tabla 5).

Tabla 5

Clasificación de los antioxidantes

Exógeno	Endógeno
Tocoferol	Glutación, Coenzima Q
Ácido ascórbico (Vitamina C)	Coenzima Q
β-caroteno	Ácido lipoico
Flavonoides	Superóxidodismutasa Catalasa Glutación peroxidasa
Lycopeno	Glutación peroxidasa

Nota. Criado y Moya (2009) y Mayor (2010).

Para integrar el centro activo de las enzimas antioxidantes, se requiere la adhesión de algunos elementos traza como cobre, selenio, zinc, magnesio y hierro (Criado y Moya, 2009).

b) Antioxidantes en los alimentos. Estas sustancias se hallan en los alimentos o el mismo organismo lo sintetiza de manera natural. La mayor parte de los seres vivos posee sus propias protecciones antioxidantes, y de manera específica los vegetales (Jamanca y Alfaro, 2017). No obstante, la capacidad antioxidante en los frutos puede variar según al grado de madurez, al lugar de donde procede, a factores genéticos y a las condiciones ambientales (Auquiñivin y Paucar, 2020).

Los antioxidantes disponibles en los alimentos pueden paliar, evitar o ralentizar un conjunto de enfermedades degenerativas, cardiovasculares, Alzheimer, Parkinson, así como diferentes tipologías de cáncer (Vilaplana, 2007).

c) Procedencia natural de los antioxidantes. Se hallan en plantas y son fuentes transcendentales de vitaminas, energía y minerales; los antioxidantes cumplen un rol sumamente importante en el metabolismo de las plantas. La ingesta de este tipo de sustancias posee un impacto relevante previniendo diversas enfermedades crónicas, cardiovasculares, entre otras (Gómez et al., 2012).

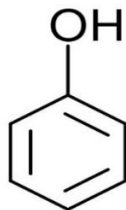
En la actualidad, múltiples investigaciones están orientadas en el estudio de diversos fitonutrientes, tales como los compuestos polifenólicos, flavonoides y los ácidos fenolcarboxílicos, los cuales se hallan presentes en árboles, en algunas plantas y en frutos vegetales, encontrándose en mayor concentración en la cascara y en las semillas; debido al rol que cumplen en la conservación de los frutos y a la trascendencia benéfica que poseen en la salud de las personas hacen que estos compuestos bioactivos sean muy estudiados (Gómez et al., 2012).

2.2.3. Compuestos fenólicos

Los polifenoles o también llamados compuestos fenólicos (CF) poseen uno o más grupos de oxidrilo fusionados de manera directa a un anillo aromático (benceno). El ácido fénico (Figura 2) es la estructura sobre la que se basa todo el grupo. Los CF son característicos de las plantas, generalmente se hallan como ésteres o glucósidos y participan en su crecimiento, desarrollo y su defensa (Vermerris y Nicholson, 2008).

Figura 2

Estructura química del ácido fenico



Nota. Peñarrieta, et al. (2014).

Los CF son sustancias causantes de las propiedades antioxidantes y nutritivas en las plantas; así mismo en las frutas son responsables del sabor, aroma, color, astringencia, dureza (Paladino, 2008). Los fenoles totales presentes en las frutas constituyen una gran suma de antioxidantes naturales que son empleados como biocéuticos, y a su vez cumplen un rol relevante previniendo diferentes enfermedades (cáncer, diabetes, etc.), enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Zapata et al., 2014). Por otro lado, la concentración de polifenoles en los frutos pueden variar a consecuencia diferentes factores tales como: ambientales (intensidad de la luz), la presencia de nutrientes en el transcurso de su desarrollo y maduración (Garzón et al., 2010). Lätti et al. (2008) señalan que la concentración de CF en los frutos puede depender del genotipo y del entorno donde se desarrollan.

a) Clasificación de los compuestos fenólicos. Son cerca de 8000 sustancias y se clasifican de acuerdo a su estructura. Los flavonoides son los más resaltantes (Zapata et al., 2014).

La Tabla 6, presenta la clasificación de los CF que se producen en la naturaleza.

Tabla 6*Clasificación de compuestos fenólicos*

Estructura	Clases
C_6	Fenólicos simples, benzoquinonas
$C_6 - C_1$	Ácidos hidroxibenzoicos
$C_6 - C_2$	Acetofenonas y ácidos fenilacéticos.
$C_6 - C_3$	Ácidos hidroxicinámicos, fenilpropanoides (cumarinas, isocumarinas, cromonas, cromenos)
$C_6 - C_4$	Naftoquinonas
$C_6 - C_1 - C_6$	Xantonas
$C_6 - C_2 - C_6$	Estilbenos y antraquinonas
$C_6 - C_3 - C_6$	Flavonoides, Isoflavonoides
$(C_6 - C_3)_2$	Lignanós, neolignanós
$(C_6 - C_3 - C_6)_2$	Biflavonoides
$(C_6 - C_3)_n$	Ligninos
$(C_6 - C_3 - C_6)_n$	Taninos condensados (proantocianidinas o flavolanos)

Nota. Balasundram et al. (2006).

b) Biodisponibilidad de los polifenoles. La biodisponibilidad de los polifenoles está condicionado a su estructura química, al procesamiento y la matriz de los alimentos, al huésped, entre otros y se difiere mucho de un polifenol a otro (Gutiérrez et al., 2016).

Los polifenoles sufren diversas modificaciones durante el proceso de absorción y su estructura química establece el nivel de absorción y la naturaleza de los metabolitos secundarios que circulan en el plasma. La estructura química también influye en las reacciones de conjugación en las células del intestino como sulfatación, glucuronidación en el hígado y metilación (Quiñones et al., 2012).

c) Capacidad antioxidante de los polifenoles. Los polifenoles poseen una notable capacidad antioxidante (CA) que es responsable de la prevención de ciertas enfermedades

cardíacas e inmunológicas (Echavarría et al., 2009). La CA de los CF corresponde a sus propiedades redox (Porrás y López, 2009).

Los polifenoles logran actuar principalmente como antioxidantes a través de dos mecanismos trascendentales: Como captadores de radicales libres y como quelantes de metales (Taípe, 2017).

Porrás y López (2009) indican que la CA de los polifenoles puede modificarse en función de su solubilidad en fase lipofílica o acuosa.

d) Determinación de los compuestos fenólicos. Se da por el procedimiento de Folin Ciocalteu y se basa en su carácter reductor. Se emplea una combinación de ácidos en medio básico, fosfotungstácico y fosfomolibdico; estos últimos al oxidar los CF se reducen ocasionando óxidos azules de tungsteno y molibdeno. El color generado se mide a una absorbancia de longitud de onda de 765 nm y los resultados se expresan en mg de equivalente ácido gálico (AGE) por cada 100 g de pulpa de frutos (Kuskoski et al., 2005).

2.2.4. Capacidad antioxidante

Es el potencial de inhibición que tiene un antioxidante para impedir la degradación oxidativa (ejemplo, lipoperoxidación); los antioxidantes actúan especialmente gracias al potencial que poseen para reaccionar con radicales libres (Londoño, 2010). Estos últimos, son moléculas o grupos de moléculas que cuentan con uno o más electrones desaparejados, son inmensamente reactivos y buscan atraer un electrón de átomos estables a fin de conseguir su estabilidad electroquímica. Cuando el RL ha captado el electrón que necesita, el átomo estable que se lo concede se transforma a su vez en un RL al tener un electrón desaparejado, empezando así una reacción en cadena que conlleva a la destrucción de las células. El periodo de vida de un RL es tan solo de microsegundos. No obstante, posee la potencialidad de reaccionar con todo aquello que se encuentre a su entorno generando un amplio perjuicio en los tejidos, moléculas y membranas celulares (Avello y Suwalsky, 2006).

a) Determinación de la capacidad antioxidante. Existen varios agentes cromógenos que son usados para determinar la capacidad antioxidante, tales como: DPPH, ABTS, DMPD, FRAP y DMPO (Cachay, 2016).

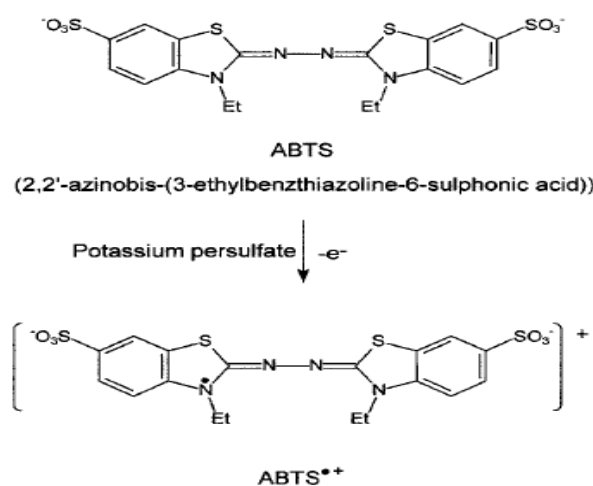
Los métodos ampliamente empleados en la determinación de la CA son el ABTS y el DPPH por presentar una buena estabilidad a determinadas condiciones, no obstante, presentan

diferencias. El DPPH se adquiere de manera directa; lo que no ocurre con el ABTS ya que se obtiene tras una reacción química (persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$), ABAP y dióxido de manganeso), enzimática (mioglobulina, peroxidase,) o electroquímica. El método de ABTS se realiza en muestras hidrosolubles así como en muestras liposolubles, empleando para cada caso el disolvente adecuado (Salas, 2017); en tanto, el método de DPPH solamente se logra disolver en fase orgánica y el DMPD se puede en una fase acuosa. El radical $ABTS^{\bullet+}$ también muestra un espectro superior con absorbancias a 414; 654; 754 y 815 nm en fase orgánica, en comparación con el DPPH quien muestra un pico máximo de absorbancia de 515 nm y el DMPD a 505 nm (Kuskoski et al., 2005).

- **Método del $ABTS^{\bullet+}$.** Se fundamenta en cuantificar la degradación del color del radical $ABTS^{\bullet+}$ como resultado de la interacción con antioxidantes. El radical $ABTS^{\bullet+}$ se constituye como respuesta de la reacción de oxidación del ABTS con el $K_2S_2O_8$ (Meza et al., 2015). Las lecturas de absorbancia se efectúan a una longitud de onda 734 nm y los resultados se expresan actividad antioxidante equivalente a Trolox (Kuskoski et al., 2005).

Figura 3

Formación del catión radical ABTS.



Nota. Pannala, et al. (2001).

2.2.5. Almacenamiento poscosecha de frutas.

Consiste en retener o guardar las frutas por un determinado tiempo, con el propósito de prolongar su ciclo de vida, inhibir el avance de enfermedades y conservar su calidad comercial, utilizando para ello uno o varios métodos de conservación (Parra, 2006). La temperatura de

almacenamiento, la humedad y otros aspectos, deben ser considerados para garantizar la durabilidad de una fruta (Sarroca y Torres, 2006).

a) Manejo de la temperatura de almacenamiento. La temperatura es el elemento más influyente en el ciclo de vida de una fruta ya que controla la tasa de los procesos bioquímicos y fisiológicos, por lo que un mal manejo de la temperatura de almacenamiento de un fruto puede afectar muy sensiblemente el tiempo de conservación y por consiguiente la pérdida total de la calidad (Parra, 2006), de modo que en un determinado tiempo el fruto deja de ser apto para el consumo (Umaña, 2010). La temperatura de almacenamiento es un elemento importante que puede afectar el contenido de compuestos bioactivos (reducción o aumento). Así como también puede alterar las características físicas y sensoriales de las frutas. Por lo que resulta importante, conocer cuál es la temperatura óptima (Velásquez et al., 2022). La temperatura de almacenamiento es considerada como un punto sumamente crítico para prologar la vida poscosecha de los arándanos, por lo que es recomendable comenzar a reducir la temperatura del fruto inmediatamente después de realizada su cosecha (Chiesa, 2010). Esto se puede lograr a través de la utilización de sombreadoras o el traslado instantáneo a zonas de *packing*, donde se puede realizar un control o manejo de temperaturas (Becerra et al., 2013). Los arándanos azules pueden ser almacenados cerca de dos semanas a $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los arándanos rojos de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 60 a 120 días, con una humedad relativa de 90 – 95% (López, 2003).

b) Manejo del tiempo de almacenamiento. El tiempo de duración de los frutos va depender de las condiciones de almacenaje, es así que las frutas o frutos almacenados a condiciones ambientales van a tener un periodo corto de vida útil, ante ello es muy trascendental la aplicación de tecnologías de almacenamiento poscosecha tales como almacenamiento a bajas temperaturas (refrigeración), atmosferas modificadas o controladas; las mismas que pueden ser de manera individual o combinadas (Velásquez et al., 2022).

El tiempo y las condiciones por la cual una fruta puede ser almacenada depende de sus características intrínsecas, es así que algunas frutas pueden ser almacenadas cercanas a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que otras no pueden ser almacenadas a menos de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a no ser que sea por un corto plazo (López, 2003).

c) **Manejo de la humedad relativa (HR) de almacenamiento.** La HR y la temperatura de almacenamiento establecen el déficit de presión del vapor en las frutas, factor principal que ocasiona pérdidas de peso por la transpiración. La humedad relativa para productos hortofrutícolas puede variar desde el 90% hasta el 100%. No obstante, una elevada humedad relativa consigue originar condensación, desarrollo de hongos en la superficie y germinación; produciendo la pérdida total de la calidad de los productos (Parra, 2006).

Frutos como los arándanos presentar una mayor susceptibilidad a la pérdida de agua por lo que estos deberían ser almacenados a una alta HR de 95% y a 0 °C, a fin de restringir la pérdida de agua de las frutas y tener una duración mínima de 14 días (Becerra et al., 2013)

d) **Almacenamiento en refrigeración.** Método de conservación de productos frescos a bajas temperaturas que se basa en disminuir la temperatura de los productos cerca 0 °C sin la generación de cristales de hielo. La refrigeración es la técnica de uso más común en la conservación de frutas, así como también en el transporte (Rodríguez, 2015).

Las temperaturas más habituales de la refrigeración se enmarcan entre -1 °C y 8 °C, a estas temperaturas se logra mantener casi intactas las propiedades nutricionales y las características organolépticas de las frutas en comparación al inicio de su almacenamiento (Umaña, 2010).

El pushgay o también llamado mortiño tiene la ventaja de ser almacenado en refrigeración sin afectarse sus propiedades organolépticas y nutricionales. Además, sus propiedades fisicoquímicas facilitan su almacenamiento y a su vez mantener una mayor disponibilidad de este fruto en el tiempo, aún fuera de la temporada de cosecha, así como la fabricación de cualquier producto con valor agregado (Coba et al., 2012).

2.2.6. Fisiología poscosecha

Se entiende como fisiología poscosecha, al estudio de los procesos, cambios o comportamientos que se originan en las frutas después de ser cosechadas o retiradas de la planta madre (López et al., 2000). Las frutas una vez cosechadas continúan con el desarrollo de sus procesos vitales, aunque de forma modificada, y no pudiendo reponer sustancias nutritivas ni el agua, por lo que las frutas han de utilizar sus reservas almacenadas. Cuando estas reservas se agotan se inicia la senescencia que conlleva a la descomposición y a la putrefacción de las

frutas. La respiración y la transpiración son los principales procesos fisiológicos normales que conllevan al envejecimiento de las frutas (Blandón, 2012).

a) Respiración. Se define como un proceso poscosecha que se origina en el campo, este proceso involucra elementos complejos que facilitan la producción de energía y de moléculas intermedias que son requeridas para mantener los procesos vitales en los frutos. Los frutos una vez que estos han sido cosechados ya no consiguen reponer los nutrientes, ni el agua, por lo cual la respiración usa el almidón, los ácidos orgánicos o los azúcares almacenados para producir energía y así continuar con los procesos fisiológicos (Madariaga et al., 2015).

b) Transpiración. Se define como un proceso poscosecha en donde el tejido de los vegetales y las frutas tienden a liberar el agua como vapor que se produce en las células del interior hacia la parte externa de la fruta y al ambiente que los envuelve, ocasionando cambios en las propiedades nutricionales, vulnerabilidad a diversos cambios fisiológicos y patológicos, deterioro de la apariencia, firmeza y pérdida de peso (Contreras, 2010).

2.2.7. Características fisicoquímicas de las frutas

Las características fisicoquímicas pueden considerarse como aquellos indicadores de calidad de las frutas que se pueden ver o medir. Los más utilizados son pH, Sólidos solubles totales (°Brix), pérdida de peso, etc. (Mesco, 2019).

a) Pérdida de peso. Las frutas en su mayoría están constituidas por agua en el rango de 80% y 95% de su peso (Pontin et al., 2005). No obstante, en el almacenamiento poscosecha de frutas la pérdida de su calidad está ligada a la pérdida de peso como resultante de la pérdida de agua inducida por la respiración y transpiración de los frutos (Zhu et al., 2008). Así mismo, la temperatura de almacenamiento poscosecha afecta directamente la pérdida de peso de los frutos pues conforme se incrementa esta temperatura, la pérdida de agua del interior de las frutas es mayor, provocando la reducción del peso fresco, cambios en la apariencia, calidad y por ende en la reducción de su vida útil (Knee, 2001).

La pérdida de peso, implica el decrecimiento del ciclo vital y diferentes cambios en la calidad de los frutos: apariencia, textura, entre otros (Forero et al., 2014). Del mismo modo, algunos metabolitos secundarios como la capacidad antioxidante se ven perjudicados por esta pérdida de agua en el fruto durante el periodo de almacenamiento (Connor et al., 2002); generando un incremento sustancial de la CA (Mallik y Hamilton, 2017); la pérdida de agua en

los frutos también produce el deterioro de su estructura celular y su senescencia (Puttongsiri y Haruenkit, 2009), y que esto a su vez conllevan a que los frutos presenten un aumento en la concentración de polifenoles totales (Mallik y Hamilton, 2017).

Los frutos de pushgay pertenecen a la familia de los arándanos, por lo que tienen características afines referente a relación superficie/volumen. Godoy (2004) indica que los frutos de pushgay se le puede considerar un 5% de valor límite de pérdida de peso; cuando este factor es superior a 5% los frutos empiezan a secarse y a disminuir la calidad. Por lo que, para prologar utilidad de los frutos, la pérdida de agua debería ser lo más mínimo posible (Corzo, 2014).

b) Sólidos solubles totales (°Brix). Miden el porcentaje de sacarosa disponible en un líquido o pulpa, es decir miden el dulzor de las frutas. Los °Brix se forman por azúcares, ácidos, sales y sustancias disolubles en agua que constituyen parte del líquido de las células de las frutas (López, 2018).

Los °Brix están presentes en las frutas como resultado del proceso de hidrólisis del almidón, donde cadenas de amilasa y amilopectina rompen sus enlaces hasta obtener moléculas más simples como la glucosa (Poveda, 2015); el contenido de °Brix en las frutas puede variar a consecuencia de diferentes factores como las condiciones climáticas a lo largo del desarrollo de las frutas y de su madurez en el instante de la cosecha (Osterloh et al., 1996).

Durante el almacenamiento poscosecha, las frutas pueden sufrir un incremento en el contenido de °Brix como resultado de la disminución de agua, es decir, pudiéndose generar un efecto de concentración en las frutas por las altas tasas de transpiración (Rincón et al., 2012). El contenido de °Brix en las frutas también pueden incrementarse con el tiempo de almacenamiento a consecuencia de la pérdida de humedad en mayor intensidad con relación al desdoblamiento del azúcar en la respiración (Corzo (2014); Así como también por la hidrólisis de los almidones que se desdoblan en monosacáridos y disacáridos más simples (Glucosa, sacarosa y fructosa) (Márquez et al., (2007). Por otro lado, el almacenamiento poscosecha de los frutos a temperaturas bajas reducen la actividad respiratoria de los frutos evitando la conversión de los almidones presentes en azúcares (García et al., 2011).

c) pH. El pH es un parámetro importante de calidad que indica los cambios fisiológicos acontecidos en las frutas en el transcurso del almacenamiento poscosecha (Velásquez et al. 2022). Algunas frutas comienzan a incrementar o disminuir su pH en respuesta

al aumento de su estado de madurez y estado de almacenamiento durante la poscosecha; la disminución del pH en los frutos por lo general está relacionada con la desintegración de los almidones en azúcares reductores o su transformación en ácido 2-oxopropanoico (Torres et al., 2013). Así mismo, factores como la temperatura de almacenamiento juegan un rol trascendental en la disminución o incremento del pH en las frutas durante el periodo de almacenamiento; las bajas temperaturas, tales como la refrigeración ralentización de las reacciones enzimáticas a fin de mantener o reducir el pH de las frutas (Botía-Niño et al., 2008).

Por otro lado, el incremento del pH en las frutas puede estar relacionada con la disminución de los iones de hidrógeno libres presentes en los frutos, probablemente debido a que muchos ácidos orgánicos intervienen a lo largo de esta fase en la fabricación de compuestos aromáticos volátiles, que podrían favorecer al mejoramiento del sabor de los frutos, así como producir leves cambios de pH, y disminución de la acidez (Márquez et al., 2007; Moreno y Deaquiz, 2015).

2.2.8. Tipo de envase en el almacenamiento poscosecha de las frutas

Se define al tipo de envase como aquel recipiente que contiene, protege, conserva o retarda el deterioro de la calidad del alimento; entre ellos los frutos frescos. Así mismo, los envases se caracterizan por facilitar el transporte, manejo, almacenamiento, comercialización, cuantificar, dosificar individualizar e identificar a los productos (Aranguren 2006; Robertson 2009).

a) Características de los envases. En la actualidad, los envases deben cumplir con ciertas características, tales como la capacidad de proteger al producto de daños físicos externos y de la contaminación biológica, así como también regular la transferencia de gases y humedad, resistir a las condiciones de almacenamiento. Asimismo, que se ajuste a las necesidades de los consumidores en cuanto facilidad de manipulación, cierre, sellado, dimensiones, diseño, calidad, entre otras; que cumpla con las legislaciones vigentes, poseer un costo adecuado y sea compatible con el producto envasado (Castro, 2012).

b) Envases de polipropileno. Son polímeros termoplásticos semi cristalinos de la familia de las poliolefinas, se adquiere por polimerización del propileno. Por su estructura, son polímeros vinílicos que están constituidos exclusivamente por una cadena principal de carbonos. El polipropileno (PP) es un polímero rígido de excelente resistencia química, de alta

cristalinidad, alto punto de fusión y el de menor densidad; lo que lo convierten en uno de los plásticos más utilizados (Galvis, 2014).

c) **Propiedades de los envases de polipropileno.** Las propiedades de los envases de PP varían de un fabricante a otro. La Tabla 7 muestra las propiedades del polipropileno.

Tabla 7*Propiedades del polipropileno virgen*

Propiedades	Valor
Reológicas	
Índice de fluidez volumétrico, MVR (cm ³ /10 min)	60
Temperatura (°C)	230
Carga (kg)	2,16
Mecánicas	
Módulo de elasticidad (MPa)	1746
Resistencia a la tracción (MPa)	38
Alargamiento a rotura (%)	7
Resistencia al impacto Charpy, +23 °C (kJ/ m ²)	34
Res. impacto Charpy c/entalla, +23 °C (kJ/m ²)	3
Térmicas	
Estabilidad al calor, 1,80 MPa (°C)	73
Temperatura de reblandecimiento Vicat, 50 °C/h 50N (°C)	97
Químicas	
Absorción de agua	baja
Absorción de humedad	baja
Punto de ebullición	160
Punto de fusión	160
Otras propiedades	
Densidad (g/cm ²)	0,93

Nota. Castro (2012).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Antioxidante

Compuestos químicos naturales que se encuentran disponibles en diversas plantas y alimentos. No obstante, estos compuestos también podrían ser artificiales; poseen la capacidad de evitar la oxidación de otra molécula y de reaccionar con los radicales libres para limitar los efectos perjudiciales al organismo (Jamanca y Alfaro, 2017).

2.3.2. Poscosecha

Se refiere al tiempo transcurrido desde el momento de la cosecha de los productos en el campo hasta que estos sean utilizados para el consumo en estado fresco o en procesos de transformación. La poscosecha abarca diferentes fases: Selección, clasificación, empaque, embalaje, transporte y almacenamiento (Latorre, 1990).

2.3.3. Radicales libres

Son moléculas o fragmentos que poseen uno o más electrones desemparejados, lo que los confiere ser muy reactivos y con la capacidad intervenir en los sistemas biológicos originando transformaciones en la composición química o destruyendo moléculas, membranas celulares y tejidos. Los radicales libres, no son básicamente letales; el cuerpo los genera en cantidades equilibradas para lidiar contra microorganismos (Paredes y Roca, 2022).

2.3.4. Espectrofotometría UV – Visible

Técnica de análisis óptico utilizada en la determinación de cantidades de masa de elementos y compuestos químicos presentes en una solución a través del uso de un espectrofotómetro; eligiendo la longitud de onda de la luz que va pasar por la solución y midiendo la cantidad de luz absorbida por la respectiva solución (Martínez y Pérez, 2009).

2.3.5. Absorbancia

La absorbancia es la cantidad de luz absorbida por una solución a una determinada longitud de onda (Vidal y Vargas, 2014).

2.3.6. *Compuestos bioactivos*

Compuestos químicos que se hallan presentes en las frutas, verduras, entre otros alimentos en cantidades pequeñas; no son esenciales en la salud humana al igual que no poseen una función nutricional clásicamente definida, pero podrían poseer un impacto específico en la prevención de algunas enfermedades y ser imprescindibles a largo plazo en favor de la salud (Martínez et al., 2008).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de Productos Agroindustriales (LACCPA) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), la cual está ubicada en la comunidad de Colpa Huacariz a 2495 m.s.n.m., en las coordenadas 6°32'6.84"S y 78°38'42.027"W; del distrito y provincia de Chota, Cajamarca, Perú.

3.2. Población y muestra

Se estableció como población a frutos maduros de pushgay, sanos, sin presencia de agentes contaminantes como insectos, plagas, entre otros, de color azul-violáceo intenso procedentes del caserío de Choctapata Alto, la cual está ubicada a 10 km de la ciudad de Chota, a 3202 m.s.n.m.; se localiza en las coordenadas 6°33'9.036"S y 78°35'56.398"W; del distrito y provincia de Chota, Cajamarca, Perú.

Se utilizó 22,5 kg de frutos de pushgay, dividiéndose en muestras de 500 g para cada uno de los tratamientos.

3.3. Equipos, materiales, reactivos e insumos

3.3.1. Equipos

- ✓ Refrigeradora (Samsung).
- ✓ Conservadora (Dakota).
- ✓ Balanza analítica 0,01 g (Sartorius).
- ✓ Centrífuga (ISOLAB)
- ✓ Refractómetro de 0 – 32 °Brix (ISOLAB).
- ✓ pH – metro (SI Analytics).
- ✓ Vortex (ISOLAB).
- ✓ Cámara digital (Canon).
- ✓ Espectrofotómetro UV - Visible (Pg Instruments).

3.3.2. *Materiales*

- ✓ Morteros con pilón
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Beaker de 25, 50 y 100 mL
- ✓ Micropipeta de 1 a 100 μ L
- ✓ Micropipetas de 200, 500, 1000 y 5000 μ L
- ✓ Fiolas de 25 y 50 mL
- ✓ Pissetas plásticas de 500 mL
- ✓ Espátula de acero inoxidable
- ✓ Gradillas
- ✓ Termómetro
- ✓ Tubos de ensayo tapa rosca
- ✓ Tubos para centrífuga
- ✓ Botellas de vidrio ámbar de 30, 50 y 125 mL
- ✓ Paquete de papel Whatman N° 4
- ✓ Rotulador
- ✓ Paquete de papel tissue
- ✓ Rollo de papel aluminio
- ✓ Tapers de polipropileno

3.3.3. *Reactivos e insumos*

- ✓ Folin Ciocalteu (Sigma-Aldrich) (100 mL).
- ✓ Trolox (Sigma-Aldrich) (1 g).
- ✓ Carbonato de sodio (J.T. Baker) (100 g).
- ✓ Ácido gálico (Sigma-Aldrich) (50 g)
- ✓ Metanol GC Grupo Química (3 L)
- ✓ Agua destilada (Alkofarma) (4 L).
- ✓ Persulfato de potasio (J.T. Baker) (50 g).
- ✓ ABTS (Sigma-Aldrich) (1 g).

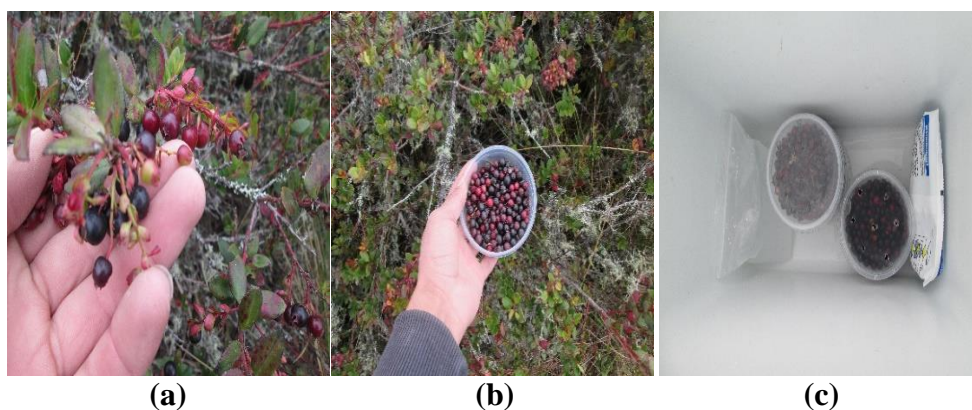
3.4. Metodología de la investigación

3.4.1. Recolección de los frutos de pushgay

Se realizó en la comunidad de Choctapata Alto del distrito y provincia de Chota, Cajamarca. Los frutos de pushgay se recolectaron manualmente, teniendo en cuenta que estos se encuentren maduros, sanos, sin presencia de agentes contaminantes como insectos, plagas, entre otros; con una coloración azul-violáceo intenso. Posteriormente los frutos fueron colocados en tapers de polipropileno y trasladados hacia el laboratorio en un *cooler* junto a gel pack.

Figura 4

Recolección de frutos de pushgay.



Nota. La Figura 4 presenta la recolección de los frutos de pushgay (a) en la comunidad de Choctapata Alto, Provincia de Chota; así mismo se muestra la colocación de los frutos en tapers de plástico (b) y su posterior colocación en un *cooler* (c) para ser transportado hacia el laboratorio de la EPIA.

3.4.2. Selección de los frutos de pushgay

Se efectuó en el LACCPA de la EPIA, para lo cual se consideró la madurez del fruto con una coloración azul-violáceo intenso, frutos libres de daños físicos y biológicos, libres de materiales extraños.

Figura 5

Selección de los frutos de pushgay.



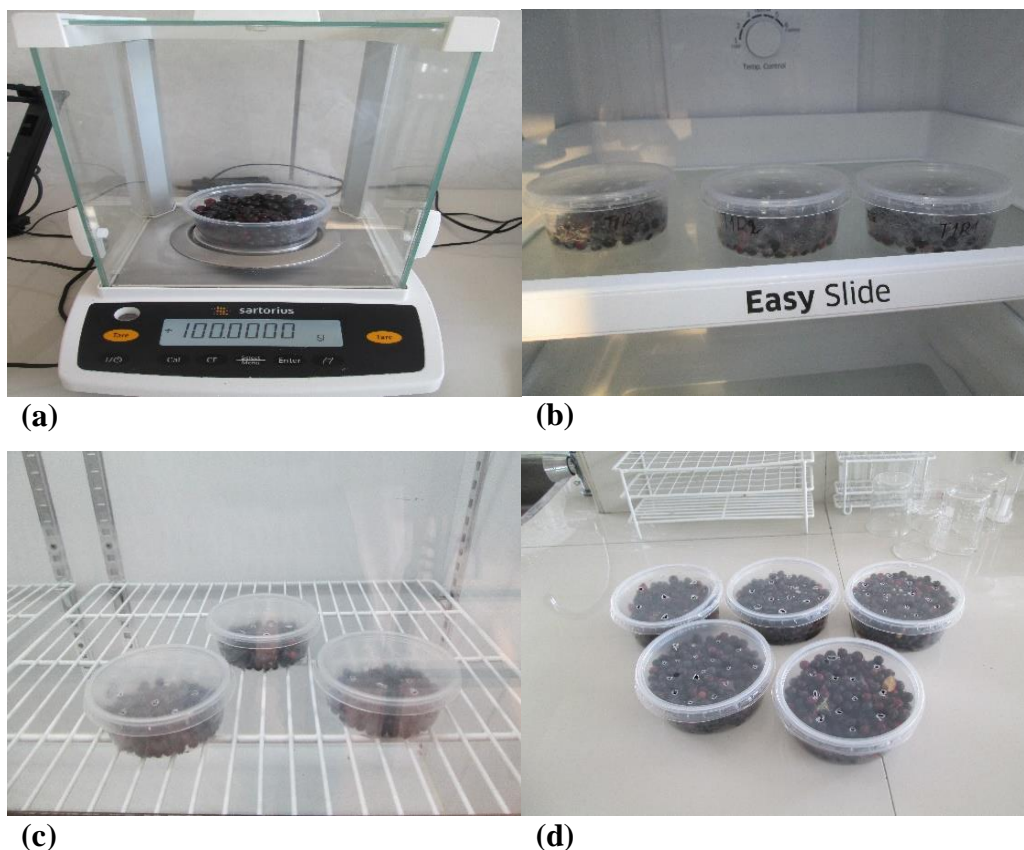
Nota. La Figura 5 presenta la etapa de selección de los frutos de pushgay (a), así como también se muestra los frutos ya seleccionados (b) que están listos para su almacenamiento.

3.4.3. Almacenamiento de los frutos de pushgay

Previamente se seleccionaron y se depositaron en tapers de polipropileno debidamente identificados por cada tratamiento y con perforaciones en las tapas para que permita la circulación de gases como el eteno, anhídrido carbónico, oxígeno, etc. Para cada tratamiento se utilizó 500 g del fruto de pushgay. Fueron almacenados a 4 °C, 10 °C y a temperatura ambiente (19 °C). La temperatura de 4 °C se logró estabilizar en la parte inferior de una refrigeradora Samsung, la temperatura de 10 °C en una conservadora (Dakota, F4-638LT-2, Perú) y la temperatura ambiente (19 °C) se obtuvo del promedio de la medición realizada en la mañana, medio día y tarde en el lugar de almacenamiento.

Figura 6

Almacenamiento de los frutos de pushgay.



Nota. En la Figura 6 se muestra el pesado de los frutos de pushgay (a), frutos de pushgay almacenados a 4 °C (b), frutos de pushgay almacenados a 10 °C (c) y frutos de pushgay almacenados a 19 °C (d).

3.4.4. *Determinación de las características fisicoquímicas de los frutos de pushgay.*

a) Pérdida de peso. Se realizó según la metodología desarrollada por Guevara (2018) con algunas modificaciones; para lo cual primeramente se estableció el peso inicial de los frutos para cada tratamiento, utilizando para ello una balanza analítica (Sartorius, ENTRIS 224-1S, Alemania) y recipientes de plástico; el pesado de las muestras de cada tratamiento continuaron cada 7 días hasta llegar al día 28 donde se realiza el pesado final. El valor obtenido se expresó en porcentaje de pérdida de peso empleando la fórmula que a continuación describe:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_I - P_F}{P_F} \times 100$$

En lo cual:

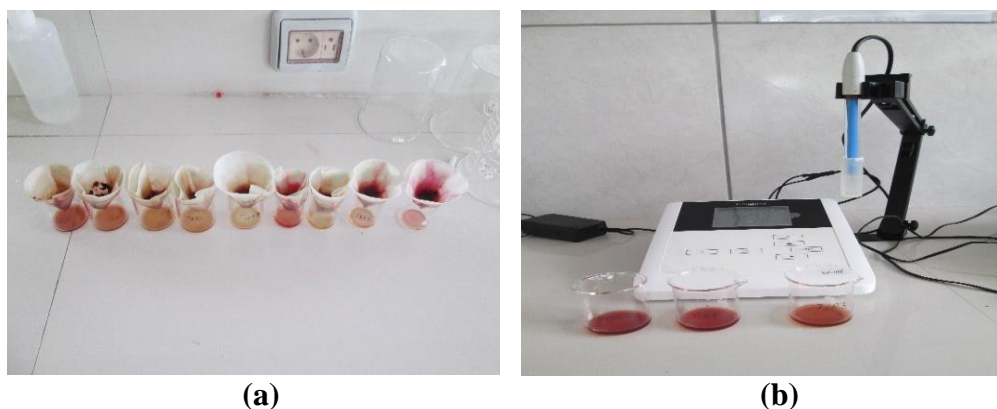
P_I = Peso inicial

P_F = Peso final de cada tratamiento.

b) pH. El análisis de pH se ejecutó según el procedimiento de la Asociación de los Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), método 981.12 (AOAC, 2005); Para lo cual primeramente se calibró el potenciómetro (SI Analytics, Lab 855, Alemania) de lectura directa, luego se cogió una porción de la muestra por cada tratamiento, se trituro y se extrajo el zumo de los frutos de pushgay utilizando un papel filtro N° 4, finalmente se tomó una porción del zumo extraído de la muestra y se determinó el pH en el potenciómetro. El análisis de pH se realizó de la misma manera para cada tratamiento a los 7; 14; 21 y 28 días de almacenamiento.

Figura 7

Análisis de pH en el fruto de pushgay



Nota. En la Figura 7 se muestra la extracción y filtrado del zumo (a), así como la medición del pH utilizando un potenciómetro de lectura directa (b).

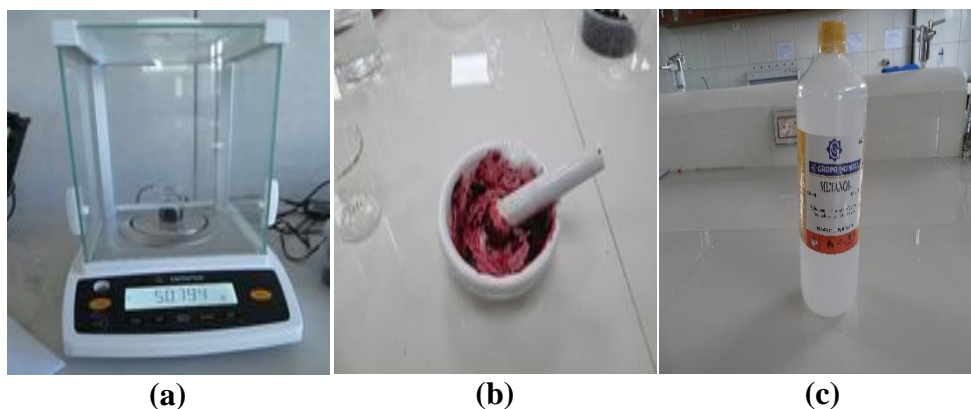
c) Sólidos solubles totales (°Brix). Se ejecutó según la metodología de la AOAC, método 931.12 (AOAC, 2005); para lo cual se extrajo el zumo de los frutos de pushgay por cada tratamiento, posteriormente con la ayuda de un cuentagotas se puso una gota del jugo extraído en el refractómetro de 0 – 32 °Brix (ISOLAB, RF-32, Alemania), a 20 °C. Finalmente se realizó la lectura directa y los valores obtenidos se expresaron en porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).

3.4.5. *Obtención de extractos para determinar la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el fruto de pushgay*

La obtención de los extractos se realizó según la metodología desarrollada por Salas (2017), para lo cual se trituró de cada tratamiento 5 g del fruto de pushgay, utilizando para ello un mortero. Luego se pesó 5 g del fruto de pushgay triturado en un beaker y se añadió lentamente 20 mL de metanol al 80%, posteriormente se homogenizó la mezcla con movimiento constante por 30 min utilizando un vortex y se almacenó el extracto por 24 h a 4 °C en oscuridad (Figura 9). Transcurridas las 24 h de almacenado se procedió a filtrar el extracto en un papel Whatman N° 4 y a continuación fue centrifugado por un lapso de 20 minutos a 4000 rpm; se guardó el sobrenadante para los análisis y se eliminó el precipitado. Finalmente se concentró el sobrenadante en baño maría a 50 °C hasta la tercera parte, se midió el volumen del extracto obtenido y se procedió a almacenar en refrigeración hasta su uso (Figura 9 y Figura 10); La obtención de los extractos se realizó a los 7; 14; 21 y 28 días de almacenamiento.

Figura 8

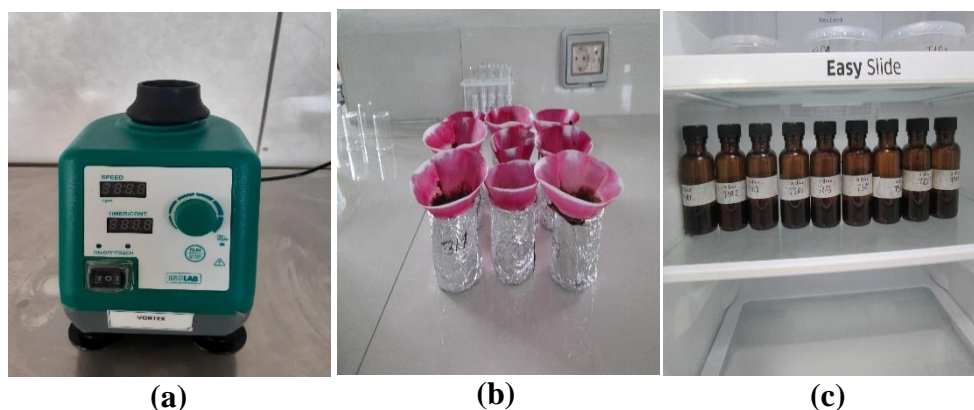
Etapas del Pesado y triturado para la obtención de extractos del fruto de pushgay.



Nota. En la Figura 8 se muestra imágenes correspondientes al pesado de los frutos (a), triturado de los frutos (b) metanol para la obtención de extractos (c).

Figura 9

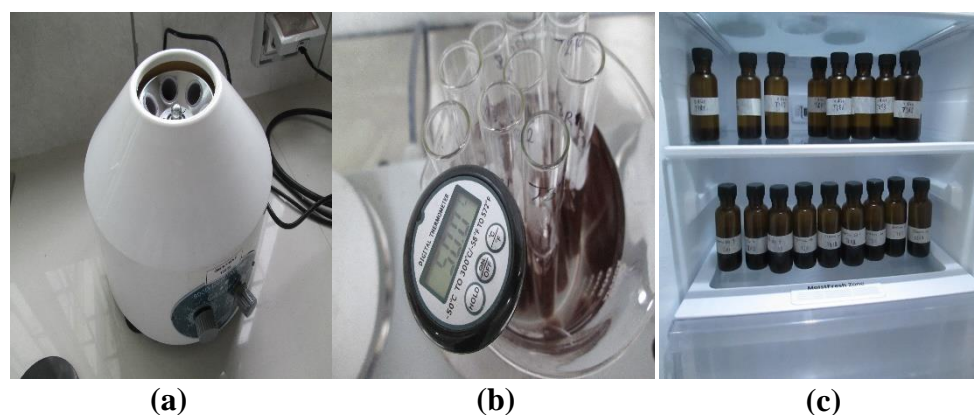
Filtrado y almacenado de los extractos del fruto de pushgay.



Nota. La Figura 9 muestra imágenes del equipo Vortex (a), filtrado de los extractos (b), almacenado de los extractos (c).

Figura 10

Centrifugado de los extractos, concentrado y almacenado del sobrenadante.



Nota. En la Figura 10 se presenta imágenes acerca del centrifugado de los extractos (a), concentración del sobrenadante (b), almacenado del sobrenadante(c).

3.4.6. Determinación de la concentración de compuestos fenólicos

Se aplicó el procedimiento colorimétrico de Folin Ciocalteu planteado por Singleton et al. (1999), con algunos cambios.

a) Acondicionamiento de la solución de carbonato sódico al 6%. Primeramente, se procedió a pesar 1,5 g de Na_2CO_3 en una fiola de 25 mL. A continuación, se procedió a disolver en 10 mL de agua destilada y luego se completó el volumen de la fiola.

b) Acondicionamiento de la solución de 1N de Folin Ciocalteu. Se ejecutó directamente en una botella ámbar a fin de evitar la exposición a la luz, para lo cual se diluyó el reactivo comercial (2N) en una proporción 1:2 con agua destilada y refrigerándose hasta su utilización.

c) Acondicionamiento de la solución madre de AGE 2000 µg/mL. Se procedió a pesar 50 mg de AGE, se ubicó en una fiola de 25 mL, se diluyó con agua destilada y finalmente se completó el volumen de la fiola.

d) Curva de calibración. Se diluyó la solución madre de AGE con agua destilada con el fin de alcanzar concentraciones de 0 µg/mL a 500 µg/mL (Tabla 8), utilizando para ello tubos de ensayo recubiertos con papel aluminio.

Tabla 8

Acondicionamiento de las soluciones para la curva patrón de AGE

Concentración (µg/mL)	Solución patrón de AGE(µL)	Agua destilada (µL)
Blanco	-	1000
20	10	990
50	25	975
100	50	950
300	150	850
500	250	750

De las soluciones antes descritas se tomó 100 µL y se ubicó en sus respectivos tubos de ensayo. Se añadió 250 µL de Folin Ciocalteu al 1N y se mantuvo en inmovilidad por 6 minutos. Subsiguientemente, se añadió 750 µL de Na₂CO₃ al 6% y se agregó 1,9 mL de agua destilada para completar el volumen de 3 mL, posteriormente se homogenizó y se mantuvo en inmovilidad por 30 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente protegido de la luz. Transcurridos los 30 minutos se midió la absorbancia a 765 nm con el apoyo de un espectrofotómetro UV - Visible (Pg Instruments, T80+, Reino Unido).

El blanco de la muestra fue preparado sin AGE; con 250 µL de Folin Ciocalteu a 1N más 750 µL de Na₂CO₃ al 6% y 1,9 mL de agua destilada para completar un volumen de 3 mL.

Para la cuantificación de los polifenoles se manejó la siguiente ecuación de la curva estándar (anexo 1).

$$Y = aX + b$$

Y = Absorbancia a 765 nm.

X= Concentración de CF en $\mu\text{g AGE/ml}$

e) **Contenido de compuestos polifenólicos.** Se realizó una dilución de 1:10 de los extractos de pushgay en agua destilada. A continuación, se colocó 100 μL de cada muestra diluida en tubos de ensayo y se le agregó 250 μL de Folin Ciocalteu (1N), se dejó en inmovilidad por 6 minutos y se añadió 750 μL de Na_2CO_3 al 6%, luego se adicionó 1900 μL de agua destilada a fin de completar el volumen de 3 mL. Se agitó utilizando un vortex y luego se mantuvo en inmovilidad por un lapso 30 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente. Transcurridos los 30 minutos se procedió a medir la absorbancia a 765 nm con la ayuda de un espectrofotómetro UV/VIS. La concentración de compuestos fenólicos se cuantificó empleando la siguiente ecuación:

$$CF = \left(\frac{X \times Fd \times V}{P} \times 100 \right)$$

Donde:

CF = Compuestos fenólicos en mg de AGE/100 g fruto fresco

V = Volumen de la muestra

X = μg de ácido gálico/mL

P = Peso de la muestra en g

Fd = Factor dilución (volumen total/volumen diluido)

3.4.7. *Determinación de la capacidad antioxidante.*

Se realizó mediante el procedimiento de ABTS detallado por Moura et al. (2007) con algunos cambios.

a) **Acondicionamiento de la solución madre de ABTS 7mM.** Se procedió a pesar 96,01 mg de ABTS y se ubicó en una fiola de 25 mL, luego se procedió a disolver en agua

destilada, se aforó el volumen de la fiola y se homogenizó. Finalmente se trasladó a una botella de vidrio ámbar debidamente etiquetada y almacenada en refrigeración hasta su utilización.

b) Acondicionamiento de la solución de $K_2S_2O_8$ 140 mM. Se procedió a pesar 378,4 mg de $K_2S_2O_8$ y se colocó en una fiola de 25 mL; se procedió a disolver con 10 mL de agua destilada, se aforó el volumen del matraz y se homogenizó. Finalmente se transfirió a un frasco de vidrio ámbar debidamente etiquetado y almacenado a temperatura ambiente hasta su uso.

c) Acondicionamiento del radical $ABTS^{+}$. Se colocó en una botella ámbar la cantidad de 5 mL de la solución madre de $ABTS$ 7 mM y 88 μ L de solución de $K_2S_2O_8$ 140 mM, se mantuvo en inmovilidad por 16 horas en la oscuridad a temperatura ambiente. Transcurridas las 16 h se diluyó 1 mL del radical $ABTS^{+}$ con 60 mL de metanol al 80% para lograr una absorbancia de longitud de onda de $0,7 \pm 0,05$ nm a 734 nm. Finalmente se preparó y se usó solo el día de análisis.

d) Acondicionamiento de la solución patrón de trolox 2 mM. Inicialmente se procedió a pesar 25 mg de Trolox, para luego disolver en 50 mL de metanol al 80% en una fiola o matraz aforado, consecutivamente se homogenizó y se transfirió a una botella de vidrio ámbar adecuadamente etiquetada. La solución patrón de Trolox se preparó y se usó solo el día de análisis.

e) Curva de calibración de trolox. Se acondiciono en tubos de ensayo de 10 mL utilizando la solución patrón de trolox (2000 μ M), para cada tubo de ensayo vario la concentración desde 100 μ M a 1500 μ M conforme a la Tabla 9.

Tabla 9

Acondicionamiento de las soluciones para la curva patrón de trolox.

Concentración (μ M)	Solución patrón de trolox (mL)	Metanol al 80% (mL)
100	0,5	9,5
500	2,5	7,5
1000	5,0	5,0
1500	7,5	2,5
2000	10	0

En un ambiente oscuro se transfirió una alícuota de 30 μL de cada solución (100 μM , 500 μM , 1000 μM , 1500 μM y 2000 μM) a un tubo de ensayo, luego se adicionó 3 mL de la solución de radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$, se procedió a mezclar en un vortex para luego dejarlo reposar por 6 min, finalmente se midió la absorbancia a 734 nm con el apoyo de un espectrofotómetro UV/VIS (Pg Instruments, T80+, Reino Unido). Se utilizó metanol como blanco y para analizar la CA se manejó la siguiente ecuación de la curva estándar (anexo 2).

$$Y = a (\Delta\text{abs}) + b$$

Y = Capacidad antioxidante expresada en μM Trolox/mL muestra de fruto fresco.

Δabs = Variación de la absorbancia ($\text{abs ABTS}^{\cdot+} - \text{abs muestra}$).

Abs $\text{ABTS}^{\cdot+}$ = Absorbancia del radical ABTS a 734 nm ($0,7 \pm 0,05$ nm).

f) Determinación de la capacidad antioxidante. A partir de los extractos obtenidos de pushgay se efectuó una dilución de 1:10 con agua destilada, posteriormente un ambiente oscuro se transfirió una alícuota de 30 μL de cada muestra diluida a tubos de ensayo, se agregó 3 mL de radical $\text{ABTS}^{\cdot+}$ y se procedió mezclar utilizando un vortex. Se dejó en reposo por 6 minutos y se efectuó la lectura de la absorbancia a 734 nm con el apoyo de un espectrofotómetro UV/VIS. La CA se cuantificó usando la siguiente ecuación:

$$CA = Y \times (V / P) \times Fd$$

Donde:

CA = Capacidad antioxidante expresada en μM trolox/g de fruto fresco

Y = Capacidad antioxidante expresada en μM trolox/mL de fruto fresco.

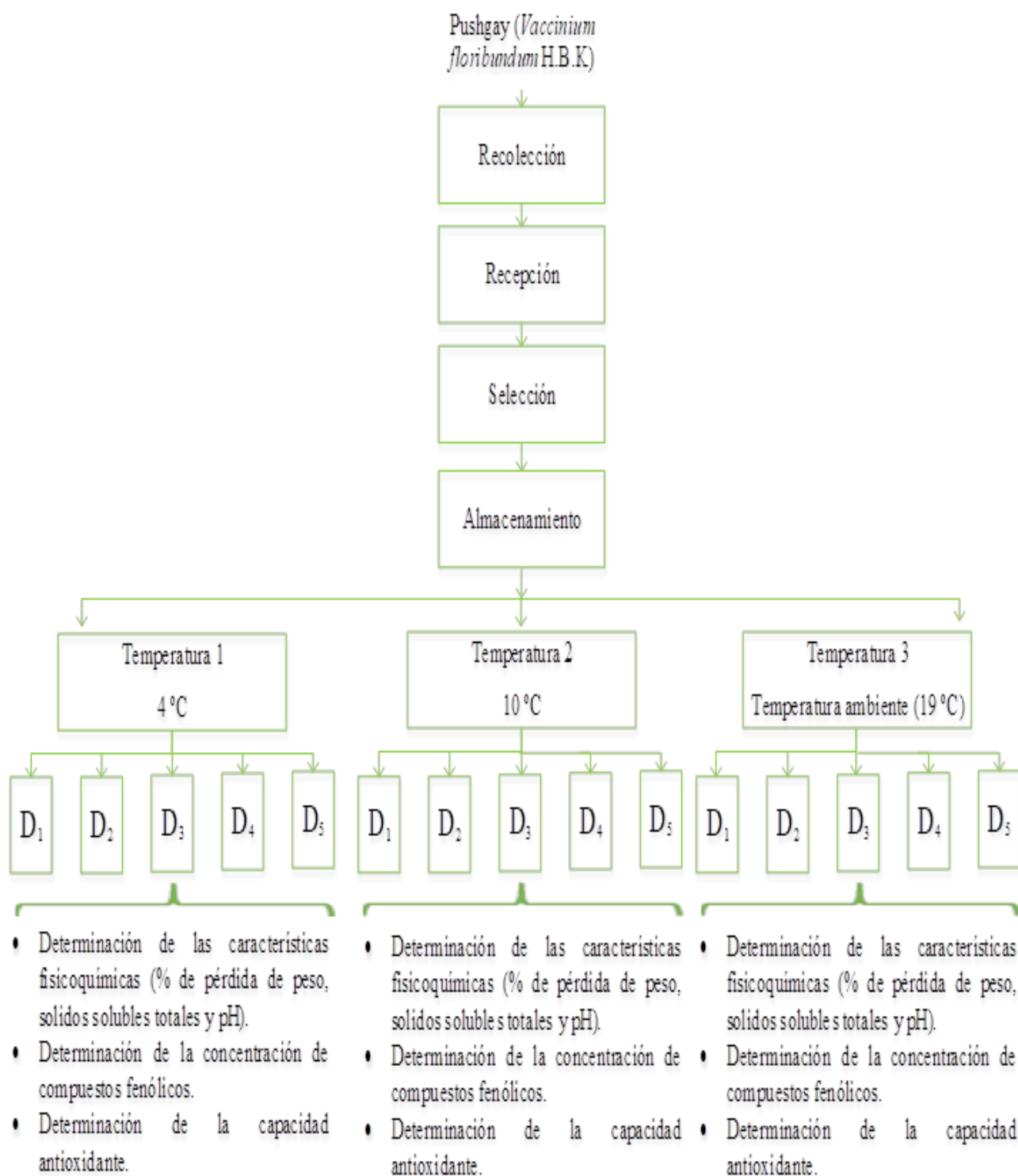
P = Peso de la muestra en g

V = Volumen de muestra

Fd = Factor dilución

3.4.8. *Diseño experimental*

En la presente investigación se empleó un diseño factorial de dos factores, compuesto por la temperatura (4 °C, 10 °C y 19 °C) y el tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días). Para cada tratamiento se utilizó una unidad experimental de 500 g de frutos de pushgay y se realizaron tres réplicas para cada tratamiento.

Figura 11*Esquema experimental*

Nota. D₁: 0 días de almacenamiento, D₂: 7 días de almacenamiento, D₃: 14 días de almacenamiento, D₄: 21 días de almacenamiento, D₅: 28 días de almacenamiento

3.4.9. *Análisis estadístico*

Los valores adquiridos de las variables dependientes (pH, °Brix, pérdida de peso, concentración de CF y CA) se analizaron mediante un diseño factorial de dos factores con un nivel de significancia del 95 % ($\alpha = 0,05$), además se realizó la prueba de Tukey. El procesamiento de datos se realizó mediante el software Minitab 19.0.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisicoquímicas del fruto de pushgay

4.1.1. Análisis fisicoquímico del fruto de pushgay

La Tabla 10 exhibe las características fisicoquímicas de los frutos de pushgay antes de ser almacenados.

Tabla 10

Características fisicoquímicas del fruto de pushgay

COMPONENTE	RESULTADOS
pH	$3,0 \pm 0,01$
Sólidos solubles totales (°Brix)	$14,1 \pm 0,05$
Fenoles totales (mg AGE/ 100 g FF)	$606,563 \pm 0,11$
Capacidad Antioxidante (μ M Trolox/g de FF) ^a	$30,273 \pm 0,01$

FF: fruto fresco. ^adeterminado mediante el método ABTS

El pH del fruto de pushgay presentó un valor 3,0; valor que coincide a lo reportado por Salas (2017) quien reporta un valor de 3,0. Así mismo, el valor encontrado en la presente investigación es ligeramente mayor a lo obtenido por Pérez y Valdivieso (2007) y Cardozo y Puerto (2019), quienes reportaron un pH de 2,9. Según este resultado se puede apreciar que el valor del pH del fruto de pushgay es inferior a 5, por lo que se le puede clasificar dentro del conjunto de los frutos ácidos (Ávila et. al, 2007).

El valor obtenido para los °Brix del fruto de pushgay fue de 14,1 (Tabla 10). Este valor encontrado es similar a lo reportado por Pérez y Valdivieso (2007) y ligeramente superior a lo reportado por Cardozo y Puerto (2019). La diferencia en el contenido de °Brix se pueden dar por diferentes factores como las condiciones climáticas a lo largo del desarrollo del fruto, del período de madurez del fruto en el instante de la cosecha (Osterloh et al., 1996).

El resultado obtenido para la concentración de CF fue de 606,563 mg AGE/100 g de FF (Tabla 10); este valor se encuentra dentro del rango reportado por Alarcón (2018), quien reporta un contenido de CF de 598; 823 y 597 mg AGE/100 g FF. Gaviria et al. (2009) reporta un

contenido de CF de 609 mg AGE/100 g de FF, ligeramente menor al valor encontrado en la presente investigación. Garzón et al. (2010) y Vasco et al. (2009) reportan que el pushgay posee un contenido CF de 758,6 y 882 mg AGE/100 g FF, respectivamente; valores superiores en cotejo a los adquiridos en la presente investigación. Las diferencias en el contenido de CF pueden depender del entorno de crecimiento y el genotipo (Lätti et al., 2008). Del mismo modo, el factor ambiental como la intensidad de la luz y la disponibilidad de nutrientes pueden influir en el contenido de compuestos fenólicos (Garzón et al., 2010).

El fruto de pushgay ostento una capacidad antioxidante de 30,273 μ M Trolox/g de FF (Tabla 10); valor mucho menor a lo alcanzado por Garzón et al., (2010), quienes divulgan un valor de 45,5 μ M Trolox/g de fruto fresco. Estas diferencias podrían atribuirse al grado de madurez, lugar de origen del fruto, factores genéticos y condiciones ambientales (Auquiñivin y Paucar, 2020).

4.2. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas del fruto de pushgay.

4.2.1. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso del fruto de pushgay.

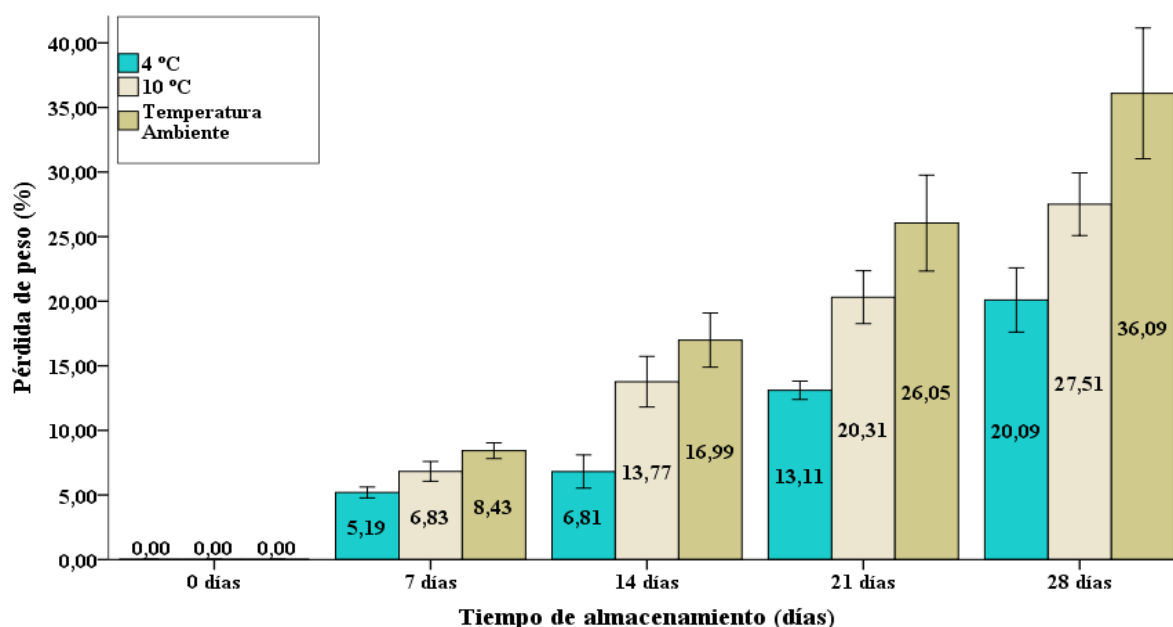
En la Figura 12, se puede apreciar que a los 28 días del almacenamiento a temperatura de 4 °C, 10 °C y 19 °C, el fruto de pushgay presentó una pérdida de peso de 20,09%; 27,51% y 36,09%; respectivamente. En general, los frutos de pushgay almacenados a temperaturas bajas (4 °C y 10 °C) presentaron menor pérdida de peso al concluir la etapa de almacenamiento, en cotejo con los frutos almacenados a 19 °C, donde se observó una mayor pérdida de peso. Según estos valores que se muestran en la Figura 12, los frutos de pushgay tienden a incrementar la pérdida de peso en consonante al aumenta la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Los resultados encontrados en la presente investigación tienen relación a los adquiridos por Knee (2001), quien indica que la temperatura de almacenamiento afecta directamente la vida de utilidad de los frutos y que a mayor temperatura de almacenamiento la disminución de agua en los frutos es mayor, mostrándose en el descenso de su peso fresco y en sus características de calidad. Por otro lado, Zhu et al. (2008) mencionan que la pérdida de peso en el fruto de pushgay a lo largo su almacenamiento se puede asociar a la perdida de agua provocada por los procesos fisiológicos de transpiración y respiración. Las frutas están constituidas por agua en un rango de 80% y 95% de su peso (Pontin et al., 2005), por lo que la disminución de esta agua implica

una pérdida peso y por consecuencia representa un deterioro de la calidad de los frutos (Forero et al., 2014).

Godoy (2004) indica que los frutos de pushgay son bayas pequeñas pertenecientes a la misma familia de los arándanos. Estos tienen una alta relación superficie/volumen, por lo que se podría estimar un valor de 5% como límite de pérdida de peso; cuando este valor excede se reduce su calidad (Corzo, 2014). Según los resultados que se exhiben en la Figura 12, el fruto de pushgay perdió su calidad después de los 14 días de almacenamiento a temperatura de 4 °C; a temperatura de 10 °C el fruto perdió su calidad a los 7 días de su almacenamiento y a temperatura ambiente perdió su calidad antes de los 7 días de almacenamiento. Por ello, es importante mantener la humedad relativa dentro del ambiente de refrigeración y realizar un preenfriamiento durante la cosecha a fin de reducir la actividad fisiológica de los frutos de pushgay (Guevara, 2017).

Figura 12

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.



Nota. La Figura 12 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.

El ANOVA para la pérdida de peso (anexo 3), exhibe que para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la interacción de los mismos, el valor p fue menor a

0,05; lo cual muestra que estos factores tienen significancia en el porcentaje de pérdida de peso del fruto de pushgay.

La prueba de Tukey (anexo 3) para las variables temperatura y tiempo de almacenamiento en el porcentaje de pérdida de peso (%) del fruto de pushgay, muestra que los tratamientos son estadísticamente diferentes, observándose que la pérdida de peso en mayor cantidad se registra a temperatura de almacenamiento de 19 °C a los 28 días de almacenamiento.

La prueba tukey para la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en el porcentaje de pérdida de peso (%) del fruto de pushgay (anexo 3), muestra que para las interacciones T3D5 (19 °C y 28 días de almacenamiento), la pérdida de peso es superior y significativamente diferente en relación a los demás tratamientos, cuyo resultado fue 36,09% de pérdida de peso.

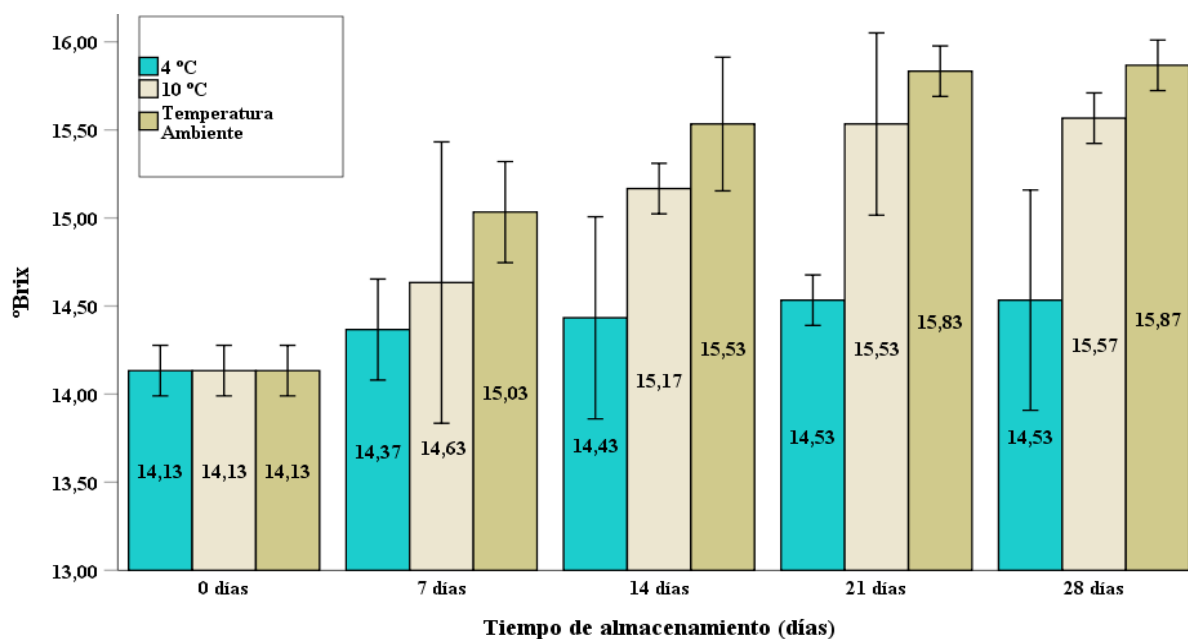
4.2.2. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de pushgay

Los frutos de pushgay almacenados 4 °C, 10 °C y a 19 °C presentaron un contenido de °Brix de 14,68; 15,83 y 16,07; respectivamente (Figura 13). Al finalizar los 28 días de almacenamiento se percibió que los frutos de pushgay almacenados a temperatura de 4 °C presentaron menor contenido de °Brix en cotejo con los frutos almacenados a 10 °C y 19 °C. Estos valores son análogos a los alcanzados por García et al. (2011), quienes manifiestan que esto se puede deber a que a lo largo de la refrigeración se reduce la actividad respiratoria de los frutos impidiendo la conversión de almidón presentes en azúcares.

Al finalizar los 28 días de almacenamiento a temperatura de 19 °C se mostró un mayor incremento de sólidos solubles totales (Figura 13) en comparación con las temperaturas de almacenamiento de 4 °C y 10 °C. Estos resultados se ajustan a los registrados por Rincón et al. (2012), quienes mencionan que el aumento sólidos solubles totales puede estar determinado por una disminución del agua del fruto a consecuencia de elevadas tasas de transpiración, o sea, se podría haber generado un efecto de concentración. Por otro lado, Corzo (2014), indica que los °Brix tienden a aumentar con el tiempo de almacenamiento a consecuencia de la pérdida de humedad en los frutos en proporciones mayores con respecto al desdoblamiento de azúcares en la respiración. Así mismo, el aumento de los °Brix puede imputarse al proceso de hidrólisis de los almidones, los mismos que se desdoblaron en azúcares más simples como sacarosa, fructosa y glucosa. (Márquez et al., (2007).

Figura 13

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de pushgay.



Nota. La Figura 13 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de pushgay.

El ANOVA para los sólidos solubles totales (anexo 4) muestra que para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la interacción de los mismos, el valor p fue menor a 0,05; lo cual indica que estos factores tienen efecto significativo en los °Brix del fruto de pushgay.

Realizada la prueba Tukey para la variable temperatura de almacenamiento (anexo 4) muestra que los tratamientos son estadísticamente diferentes, observándose que el mayor contenido de °Brix se registra a temperatura de almacenamiento de 19 °C. La prueba Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento (anexo 4) muestra que a los 21 y 28 días de almacenamiento los valores obtenidos son estadísticamente iguales y presentan un mayor contenido de °Brix respecto a los demás tratamientos.

La prueba Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en los °Brix del fruto de pushgay (anexo 4), muestra que las interacciones (T₃D₃), (T₃D₄) y (T₃D₅) son estadísticamente iguales y presentan un mayor contenido de °Brix respecto a los demás tratamientos.

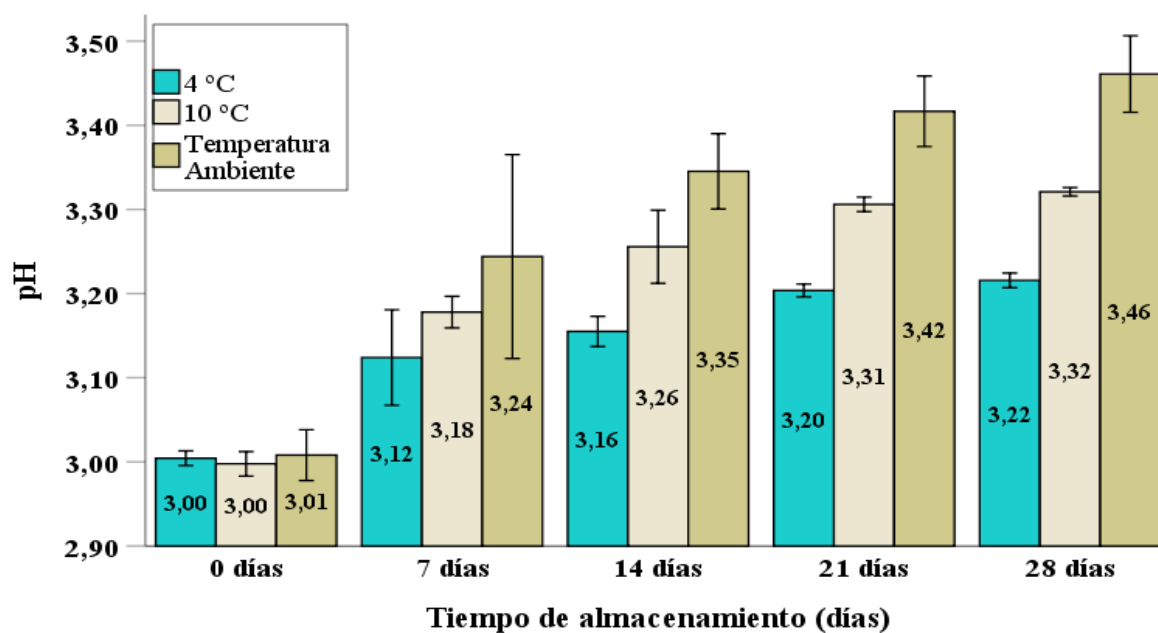
4.2.3. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay

El pushgay almacenado a 4 °C, 10 °C y 19 °C al concluir la etapa de almacenamiento presentaron un pH de 3,22; 3,32 y 3,46; respectivamente (Figura 14). El comportamiento del pH en el fruto del pushgay sufrió un incremento en las tres temperaturas de almacenamiento durante el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, este aumento de pH fue menor a temperatura de 4 °C en cotejo con los frutos almacenados a 10 °C y 19 °C (Figura 14). Esto indicaría que, a una menor temperatura, el valor de pH es menor, dado a que las reacciones enzimáticas se ralentizan o se reducen a lo largo del periodo de almacenamiento (Botía-Niño et al., 2008).

En general, el incremento del pH en el fruto del pushgay durante el periodo de almacenamiento para todas las temperaturas (4 °C, 10 °C y 12 °C), podría estar relacionado con la disminución de los iones de hidrógeno libres presentes en el fruto, probablemente dado a que diversos ácidos orgánicos participan a lo largo de esta etapa en la fabricación de compuestos aromáticos volátiles, que podrían beneficiar al mejoramiento del sabor de los frutos, así como producir leves cambios de pH, y disminución de la acidez (Márquez et al., 2007; Moreno y Deaquiz, 2015).

Figura 14

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.



Nota. La Figura 14 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.

En el anexo 5, el ANOVA para el pH muestra que para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la interacción de los mismos, el valor p fue menor a 0,05; lo cual indica que estos factores tienen efecto significativo en el pH del fruto de pushgay.

La prueba Tukey para la variable temperatura y tiempo de almacenamiento (anexo 5) muestra medias estadísticamente diferentes entre los tratamientos, además se observa que el mayor valor de pH se registra a temperatura de almacenamiento de 19 °C y a los 28 días de almacenamiento.

La prueba tukey para la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay (anexo 5), muestra que las interacciones (T3D4) y (T3D5) son estadísticamente iguales y presentan valores de pH superiores respecto a los demás tratamientos.

4.3. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto de pushgay.

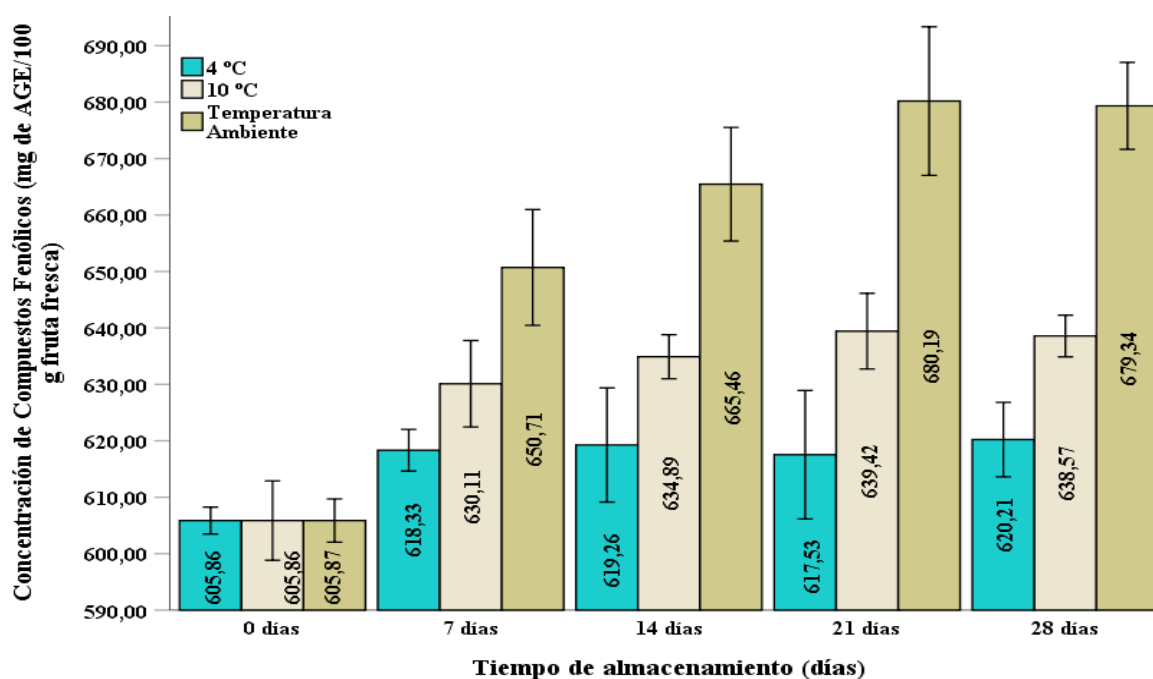
4.3.1. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento la concentración de compuestos fenólicos del fruto de pushgay.

En Figura 15, se observa que a los 28 días del almacenamiento a temperatura de 4 °C, 10 °C y a temperatura ambiente (19 °C), el fruto de pushgay presentó un contenido de compuestos fenólicos de 620,211; 638,566 y 679,341 mg de AGE/100 g FF, respectivamente. Así mismo, se observa que la concentración de CF aumentó gradualmente en los frutos almacenados a 10 °C y 19 °C hasta los 21 días de almacenamiento, y al finalizar los 28 días de almacenamiento se logró observar una ligera disminución. Sin embargo, los frutos de pushgay almacenados a 4 °C mantuvieron un valor constante de compuestos fenólicos totales durante el período de almacenamiento. Comportamientos similares fueron observados por AezamRezaee et al. (2014) para frutas como las frambuesas, donde los compuestos fenólicos totales aumentaron continuamente en las bayas almacenadas a 10 °C y 5 °C, en cambio las frutas de frambuesa almacenadas a 0 °C mantuvo un valor constante de compuestos fenólicos a lo largo de la etapa de almacenamiento. El incremento de la concentración de CF en el fruto de pushgay se puede atribuir a que durante la poscosecha ocurren muchos cambios fisiológicos que conducen al envejecimiento y deterioro de la estructura celular, produciéndose así la liberación de diversos aminoácidos y ácidos fenólicos libres, los mismos que contribuyen a un aumento de los polifenoles (Puttongsiri y Haruenkit ,2009). De la misma forma, se ha reportado que la

disminución de peso fresco en los frutos refleja una disminución en su contenido de agua, por lo tanto, esto podría incidir en el incremento del contenido de CF dentro de las bayas (Mallik y Hamilton, 2017). Además, el contenido de polifenoles puede depender de los métodos de almacenamiento (Márquez et al., 2014).

Figura 15

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos



Nota. La Figura 15 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos en el fruto de pushgay.

El ANOVA para concentración de CF en el fruto de pushgay (anexo 6) muestra que para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la interacción de los mismos, el valor p fue menor a 0,05; lo cual muestra estas variables tienen efecto significativo en la concentración de CF del fruto de pushgay.

La prueba Tukey para la variable temperatura de almacenamiento (anexo 6) expresó la existencia de medias estadísticamente diferentes entre los tratamientos. De igual manera, muestra que la mayor concentración de CF se registra a temperatura de almacenamiento de 19 °C. Por otro lado, la prueba Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento (anexo 6) muestra que a los 21 y 28 días de almacenamiento estos tratamientos son estadísticamente

iguales y presentan mayor concentración de polifenoles en comparación del resto de tratamientos.

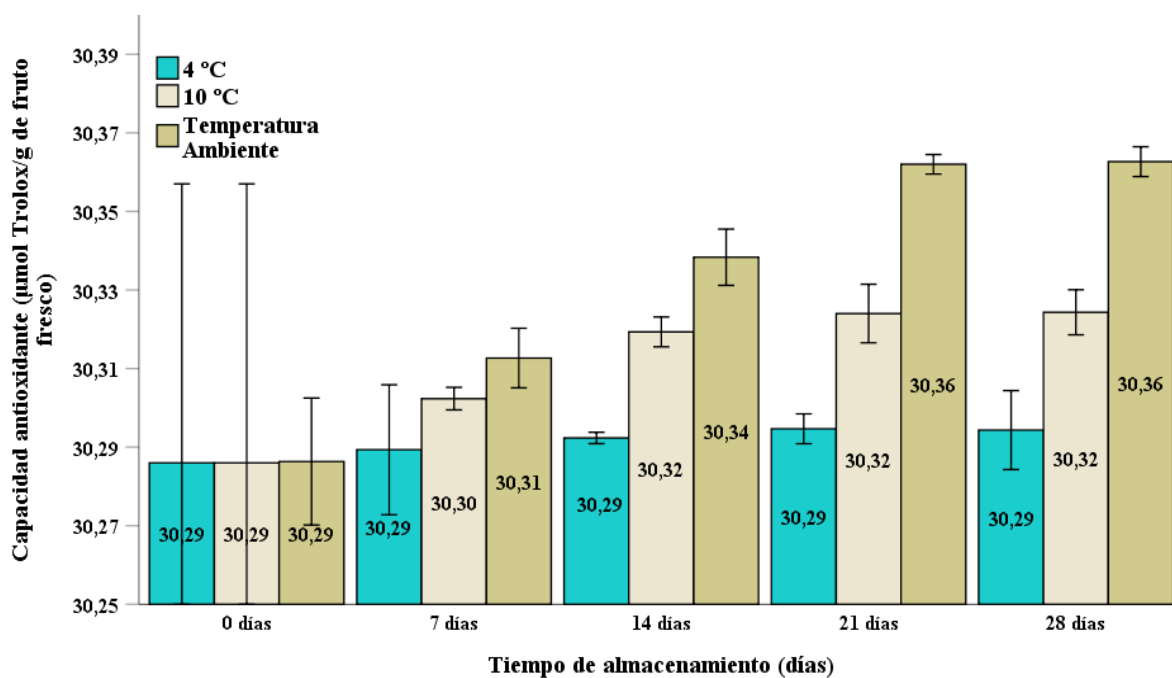
La prueba tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en la concentración de CF en el fruto de pushgay (anexo 6), muestra que las interacciones (T₃D₅) y (T₃D₄) son estadísticamente iguales y presentan la mayor concentración de CF respecto a los demás tratamientos.

4.3.2. Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay.

En la Figura 16, se aprecia que la CA en el fruto de pushgay presento un leve incremento en todos los tratamientos hasta el día 21, sin embargo, a temperatura de 4 °C el incremento de la CA en el fruto de pushgay es mínimo. Además, la Figura 16 muestra que para todos los tratamientos la capacidad antioxidante se mantiene en los mismos valores a partir del día 21 hasta finalizar el periodo de almacenamiento (28 días). Ayala et. al, (2004) han reportado que para frutas como las fresas almacenadas a temperatura de 10 °C presentaron mayor CA que las fresas almacenadas a bajas temperaturas de 0 o 5 °C. Además, manifiestan que la capacidad antioxidante tiende incrementarse conforme se aumenta la temperatura de almacenamiento, afirmación que concuerda con los datos encontrados en el presente estudio. Connor et al. (2002) mencionan que el aumento continuo de la CA puede ser a consecuencia de la pérdida de agua del fruto a lo largo del almacenamiento que conlleva al descenso del peso fresco y el tamaño de las bayas, por consecuencia genera un incremento sustancial de la capacidad antioxidante (Mallik y Hamilton, 2017).

Figura 16

Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay.



Nota. La figura 16 presenta el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la CA en el fruto de pushgay.

Como se observa en el anexo 7, el ANOVA para la capacidad antioxidante muestra que para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, así como la interacción de los mismos, el valor p fue menor a 0,05; lo cual muestra que estos factores tienen significancia en la capacidad antioxidante del fruto de pushgay.

La prueba Tukey para la variable temperatura de almacenamiento (anexo 7) exhibe la existencia de medias estadísticamente diferentes entre los tratamientos, observándose que la mayor capacidad antioxidante se registra a temperatura de almacenamiento de 19 °C. Así mismo, la prueba Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento (anexo 7) muestra que a los 14, 21 y 28 días de almacenamiento los valores obtenidos son estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos.

La prueba tukey para la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante del fruto de pushgay (anexo 7), muestra que las interacciones (T₃D₃), (T₃D₅) y (T₃D₄) son estadísticamente iguales y presentan la mayor la mayor capacidad antioxidante respecto a los demás tratamientos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los factores temperatura y tiempo de almacenamiento influyeron en pérdida de peso del fruto de pushgay. El pushgay almacenado a 4 °C y 10 °C presento menor pérdida de peso al concluir la etapa de almacenamiento (28 días) en cotejo con los frutos almacenados a 19 °C donde se registró una mayor pérdida de peso del fruto de pushgay. En el análisis estadístico, mostró que las variables temperatura y tiempo de almacenamiento son significantes ($p < 0,05$) en la pérdida de peso en el fruto de pushgay.

La temperatura y tiempo de almacenamiento influyeron sobre los °Brix del fruto de pushgay. Al finalizar los 28 días de almacenamiento los frutos de pushgay almacenados a 4 °C presentaron menor contenido de °Brix en cotejo con los frutos almacenados a 10 °C y 19 °C. No obstante, el mayor contenido °Brix al concluir la etapa de almacenamiento se registró a temperatura ambiente (19 °C). En el análisis estadístico, mostró que las variables temperatura y tiempo de almacenamiento poseen significancia ($p < 0,05$) en los °Brix del fruto de pushgay.

El comportamiento del pH en el fruto del pushgay fue afectado por la temperatura y tiempo de almacenamiento; incrementándose en las tres temperaturas de almacenamiento durante el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, este aumento de pH fue menor a temperatura de 4 °C en cotejo con los frutos almacenados a 10 °C y 19 °C. En el análisis estadístico, mostró que las variables temperatura y tiempo de almacenamiento tienen efecto significativo ($p < 0,05$) en el pH del fruto de pushgay.

La concentración de CF en el fruto de pushgay fueron afectados por la temperatura y tiempo de almacenamiento. A temperatura de 4 °C mantuvieron un valor constante de CF a lo largo de la etapa de almacenamiento (28 días), obteniéndose un valor final de 620,211 mg de AGE/100 g fruta fresca. No obstante, los frutos almacenados a 10 °C y temperatura ambiente (19 °C) presentaron un aumento gradual de la concentración de CF hasta los 21 días de almacenamiento, y una ligera disminución al finalizar los 28 días de almacenamiento. En el análisis estadístico, mostró que las variables temperatura y tiempo de almacenamiento tienen efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la concentración de CF en el fruto de pushgay.

La temperatura y el tiempo de almacenamiento afectaron la CA en el fruto de pushgay. Los frutos de pushgay presentaron un ligero incremento para todos los tratamientos hasta los 21 días de almacenamiento. No obstante, a 4 °C el aumento de la capacidad antioxidante fue mínimo. A partir de los 21 días hasta finalizar el periodo de almacenamiento (28 días) los valores obtenidos no presentan variación. En el análisis estadístico, mostró que las variables temperatura y tiempo de almacenamiento tienen significancia ($p < 0,05$) sobre la CA en el fruto de pushgay.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones complementarias como la determinación de acidez, humedad, vitamina C, color del fruto, antocianinas, durante un periodo de tiempo de almacenamiento.

Se recomienda efectuar investigaciones que conlleven a prolongar la vida útil del pushgay utilizando nuevas tecnologías de almacenamiento (atmósferas modificadas y/o controladas)

Se recomienda determinar la CA del pushgay dependiendo de la temperatura y tiempo de almacenamiento utilizando otros métodos DPPH, ORAC, FRAP.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AezamRezaee, K., Nasrin, S. y Maryam B. K. (2014). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and bioactive compounds in raspberry fruit. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(1), 343-349. http://www.ijpaes.com/admin/php/uploads/636_pdf.pdf
- Alarcón, K. S. (2018). *Estudio de la composición química y la capacidad antioxidante de un extracto polifenólico del mortiño proveniente de diferentes regiones de Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad de la Américas, Quito, Ecuador.
- Aranguren I. (2006). *Desarrollo de un producto fresco cortado, utilizando piña dorada*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Association of official Analytical Chemists. (2005). *Official methods of Analysis*. Gaithersburg, Estados Unidos de América.
- Auquiñivin, E. A. y Paucar, L. M. (2020). Estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas, “papayita de monte” (*Carica pubescens* Lenné y K. Koch) y “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) (*Caricaceae*) deshidratadas mediante liofilización. *Arnaldoa*, 27(1), 115-128. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27105>
- Avello, M. y Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*, 494(2), 161-172. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010
- Ávila, H. G., Cuspoca, J. A., Fischer, G., Ligarreto G. A., Quicazán de Cuenca, M. C. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenados a 2 °C. *Revista Facultad Nacional de Agronomía.*, 60(2), 4179-4193. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914078019.pdf>
- Ayala A. X. (2021). *Evaluación de características físico químicas, polifenoles y capacidad antioxidante en pitahaya selenicereus megalanthus durante el almacenamiento en atmósferas modificadas* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Ayala J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. y Gonzáles, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Food Sci. Technol*, 37, 687-695. doi:10.1016/j.lwt.2004.03.002

- Balasundram, N., Sundram, K. y Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042
- Becerra, C., Robledo, P. y Defilippi, B. (2013). *Manual del Arándano*. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu.
- Benites, W. E. (2022). Cinética de deterioro por temperatura de la capacidad antioxidante, vitamina C y azúcares reductores de pulpa de mullaca (*Vaccinium froribundum* H.B.K) y arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Blandón, S. (2012). *Fisiología de Poscosecha*, Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Botía-Niño, Y. C., Almanza-Merchán, P., Balaguera-López, H. E. (2008). Efecto de la temperatura sobre la maduración complementaria en curuba (*Passiflora mollissima bailey*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 11(2), 187-196. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/635>
- Cachay, E. P. (2016). *Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en Arracacia xanthorrhiza (arracacha) con y sin cáscara* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Cárdenas, G. D., Arrazola, G. y Villalba, M. (2016). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Revista de la facultad de ingeniería* 17 (33), 29 – 40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5327083>
- Cardozo, J. R. y Puerto, L. R. (2019). *Agregado de valor a frutos silvestres de agraz a través de la aplicación de recubrimientos comestibles a base de almidones de papas andinas* (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
- Carrasco, E. (2022). *Evaluación del contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante de los frutos maduros de machamacha (pernettya prostrata), en diferentes estados de conservación (fresco, seco y congelado)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú.
- Castro, C. (2012). *Evaluación del efecto del período de almacenamiento y tipo de empaque sobre la calidad poscosecha y nutricional de la mora vino (Rubus adenotrichos Schltldl)* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y poscosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina* 29(68), 28-32. <https://cmaps.cmappers.net/rid=1LJSLJST1-3HXVDV-12WQ/factores%20generales%20vegetales%20de%20hoja.pdf>

- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M. F., Yugsi, E. y Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *La Granja* 16(2), 5-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047400002>
- Cofré, A. (2015). *Determinación de Polifenoles Totales, Actividad Antioxidante y Antocianinas de Jugo de Murtilla (Ugni molinae Turcz) Obtenido por Condensación de Vapor* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F. Berkheimer, S. y Hanson, J. E. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *J. Agric. Food Chem.* 50(4), 893 – 898. Doi: 10.1021/jf011212y
- Contreras, A. (2010). Efecto de tratamientos poscosecha novedosos en la calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de cítricos [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/8986>
- Corzo, D. C. (2014). Estudio del comportamiento poscosecha de *Macleania rupestris (kunth)*, en diferentes tipos de envases y condiciones de temperatura. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha* 15(1), 77-82. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81331357010>
- Criado, C. y Moya, M. M. (2009). Vitaminas y antioxidantes. *Actualizaciones el médico*. Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Echavarría, B., Franco, A. y Martínez, A. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del caribe colombiano. *VITAE*, 16(1), 126-131. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a15.pdf>
- Forero, N. A., Gutiérrez, S., Sandoval, R. L., Camacho J. H. y Meneses, M. A. (2014). Evaluación poscosecha de las características del lulo (*Solanum quitoense*) cubierto con hoja de plátano. *TEMAS AGRARIOS*, 19(1), 73-85. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4994545.pdf>
- Gallardo de la Puente, C. (2015). *Mortiño La perla de los andes*. Quito, Ecuador.
- García, C., Cury, K. I. y Dussán, S. (2011). Comportamiento poscosecha y evaluación de calidad de fruta fresca de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6207-6212. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29409>
- Garzón, G. A., Narváez, C. E., Riedl, K. M. y Schwartz S. J. (2010). Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry

- (*Vaccinium meridionale Swartz*) from Colombia. *Food Chemistry*, 122 (4), 980 – 986.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017>
- Gaviria, C., Ochoa, C., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P., Mosquera, A., Tamayo, A., Lopera, Y. y Rojano, B. (2009). Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) en la zona alto andina de Colombia.
- Gaviria, C., Ochoa, C., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P., Mosquera, A., Tamayo, A., Lopera, Y. y Rojano, B. (2009). Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale SW*). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(6), 519-528.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617461007>
- Gaviria, C., Hernández, J. D., Lobo, M., Medina, C. I. y Rojano, B. A. (2012). Cambios en la actividad antioxidante en frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale Sw.*) durante su desarrollo y maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6487-6495. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a19.pdf>
- Godoy, C. A. (2004). Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*, 1(36), 53-61. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/157/GodoyAgrarias1-04.PDF
- Gómez, R., Martínez, G. C., Rodríguez, R. y Aguilar, C. N. (2012). Fuentes y beneficios de los antioxidantes fenólicos. *CIENCIACIERTA*, 8(31).
<http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC31/5.html>
- Gonzáles, R. (2017). *Evaluación de la concentración de antocianinas del pushgay (Vaccinium floribundum H.B.K) en almíbar durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Robertson G. L. (2009). *Food packaging and shelf life*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420078459>
- Guerrero, C. A. (2016). *Estudio de estabilidad de refresco de mortiño (vaccinium floribundum)* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Guevara, M. (2017). *Efecto del estado de madurez, temperatura y tiempo de almacenamiento en la calidad fisicoquímica del fruto de pushgay (Vaccinium floribundum H.B.K.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Gutiérrez, E. P., Ambriz, D. L., Leyva, N., Castillo, R. I., Heredia, J. B. (2016). Bioavailability of dietary phenolic compounds. *Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 20(2), 140 - 147. doi: 10.14306/renhyd.20.2.184

- Jamanca, N. C. y Alfaro, S. (2017). *Antioxidantes en los alimentos*. Barranca, Lima, Perú: UNAB.
- Knee, M. (2001). *Fruit Quality and its Biological Basis*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press Ltd. CRC Press.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 25(4), 726-732. <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
- Lätti, A. K., Riihinen, K. R., y Kainulainen, P. S. (2008). Analysis of anthocyanin variation in wild populations of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (1), 190 – 196. doi: 10.1021 / jf072857m
- Llimpe, P. (2017). *Estudio del contenido de antocianinas y capacidad antioxidante del fruto de macha macha (Vaccinium floribundum kunth) durante la maduración*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Latorre, B., Apablaza, J. U., Vaughan, M. A., Kogan, M., Helfgott, S. y Lorca, G. (1990). Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado. Oficina regional de la FAO. Santiago de Chile.
- Londoño, J. A. (2011). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. En L. F. Giraldo (Ed.), *Desarrollo y transversalidad* (pp. 129-162). Itagüí, Colombia: Editorial Artes y Letras S.A.S.
- López, M. B. (2018). *Diseño del proceso industrial para la obtención de alcohol a partir de Eugenia stipitata* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- López, A. F. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- López, H. F. (2000). *Manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Granada, España: Corporación para la educación integral y el bienestar ambiental.
- Madariaga, M. D. L. F., Montfort, G. R. C., Michel, S. G. F., Wong, M. C. C., y Flores, J. E. G. (2015). *Procesos bioquímicos de senescencia y deterioro de frutos frescos y aplicaciones químicas para controlarlos. ANÁLISIS, CALIDAD Y PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS EN MÉXICO*. Universidad Autónoma de Tamaulipas.

- Mallik, A. U. y Hamilton, J. (2017). Harvest date and storage effect on fruit size, phenolic content and antioxidant capacity of wild blueberries of NW Ontario, Canada. *J Food Sci Technol*, 54(6), 1545-1554. doi: 10.1007/s13197-017-2586-8
- Márquez, C. J., Otero, C. M. y Cortés, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *VITAE*, 14(2), 9-16. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v14n2/v14n2a02.pdf>
- Márquez, C. J., Otero, C. M., Rojano, A. B. y Osorio, J. A. (2014). Actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos del tomate de árbol (*cyphomandra betacea* s.) en poscosecha. *Revista Temas Agrarios*, 19(2), 173 – 184. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/732/848>
- Martínez, F. S. y Pérez. I. A. (2009). *Calibración de un Espectrofotómetro UV-Visible y Evaluación de la Incertidumbre* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.
- Martínez, N., Camacho, M. y Martínez, J. J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Elsevier Doyma*, 2, 64 – 68. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-nutricion-humana-dietetica-283-pdf-13131455>
- Mayor, R. (2010). *Estrés oxidativo y sistema de defensa antioxidante*. *Rev. Inst. Med. Trop.* 5(2), 23–29. <http://scielo.iics.una.py/pdf/imt/v5n2/v5n2a05.pdf>
- Mesco, H. (2019). *Flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas en frutos de: Hesperomeles escalloniifolia schtldl (capachu), Berberis cummutata Eichler (Huancachu), Berberis humbertiana J.F. Macbr (cheqche) y Vaccinium floribundum kunth (alaybilí)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú.
- Meza, A. M. Zapata, S., Arana, L. M., Zapata, I. C. Monsalve, S. y Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales Aromáticas* 14(1), 1–10. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85632845001>
- Moreno, B. L. y Deaquiz, Y. A. (2015). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus Macfad*). *Acta Agronómica*, 65 (2), 130-136. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n2.45587>
- Moura, M. S., Alves, R. E., Brito, E. S., Maia, S., De Goes, C., Pérez-Jiménez, J., y Saura-Calixto, F. D. (2007). Metodología Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS^{•+}. *Fortaleza*. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf

- Noboa, V. (2010). *Efecto de seis tipos de sustratos y tres dosis de ácido α Naftalenacético en la propagación vegetativa de mortiño (*Vaccinium floribundum kuth*)* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Ochoa, C. E. y Guerrero J. A. (2013). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de calidad de tuna blanca Villanueva (*Opuntia albicarpa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 14(2), 149-161. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81329290008.pdf>
- Ochoa, C. E. y Guerrero J. A. (2012). Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica (L.) Miller*). *Información Tecnológica*, 23 (1), 117-128. doi: 10.4067/S0718-07642012000100013
- Osterloh, A., Ebert, G., Held, W., Schulz, H., & Urban, E. (1996). Lagerung von Obst un Sudfruchten. Stuttgart: Verlag Ulmer.
- Pannala, A. S., Chan, T. S., O'Brien, P. J., Rice-Evans, C. A. (2001). Flavonoid b-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 282(5), 1161 – 1168. doi:10.1006/bbrc.2001.4705
- Paredes, F. y Roca, J. J. (2022). Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. *Offarm* 7(21), 96 – 100. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13034834>
- Parra, A. (2006). *Técnicas de almacenamiento y conservación de frutas y hortalizas frescas*. Bogotá, Colombia: Facultad de Ingeniería.
- Peñarrieta, M. J., Tejada, L., Mollinedo, P. Vila J. L., Bravo J. A. (2014). Phenolic compounds in food. *Bolivian Journal of Chemistry* 31(2), 68 – 81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Pérez, S. J. y Valdivieso, C. D. (2007). *Colección y caracterización morfológica in situ del mortiño (*vaccinium floribundum kunt*) en la sierra norte de ecuador* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Pontin, M., Lema, A., Ritta, R., Sanmartino, A. y Ghirardotto, M. (2005). Secadero solar para frutas: Estudio de caso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 43-48. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/82132/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Porras, A. P. y López, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 3(1), 121-134. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf)

- Poveda, J. A. (2015). Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y fisiológicos de la pera variedad triunfo de viena. [*pyrus communis*, (L). Burn], para identificar las condiciones óptimas de cosecha (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá, Colombia.
- Puttongsiri, T. y Haruenkit, R. (2009). Changes in ascorbic acid, total polyphenol, phenolic acids and antioxidant activity in juice extracted from coated kiew wan tangerine during storage at 4, 12 and 20 °C. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 44(2), 280-289. https://www.researchgate.net/publication/279703982_Changes_in_ascorbic_acid_total_polyphenol_phenolic_acids_and_antioxidant_activity_in_juice_extracted_from_coated_kiew_wan_tangerine_during_storage_at_4_12_and_20c
- Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89. doi:10.3305/nh.2012.27.1.5418
- Rincón, M. C., Buitrago, M. C., Ligarreto, G. A., Torres, W. S. y Balaguera, H. E. (2012). Comportamiento del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale swartz*) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(2), 6615-6625. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/36863/46731>
- Rodríguez, C. (2015). *Efecto del tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en la calidad de la carambola (Averrhoa carambola L.) almacenada en refrigeración* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Roldán, S. F. (2012). *Caracterización molecular, funcional y estudio del comportamiento post cosecha del mortiño (Vaccinium floribundum kunth) de la comunidad de Quinticusig del Cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Salas, T. (2017). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de los frutos silvestres Gaultheria glomerata (cav.) Sleumer (machamacha), Monnina vargassi ferreyra (condorpausan), Vaccinium floribundum kunth (alaybilí) y Rubus roseus poir (frambuesa silvestre)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú.
- Saldaña, L. Y. y Tejada, K. L. (2019). *Desarrollo de una aplicación móvil informativa sobre la temporada de frutas nativas que se producen en la provincia de San Marcos, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.

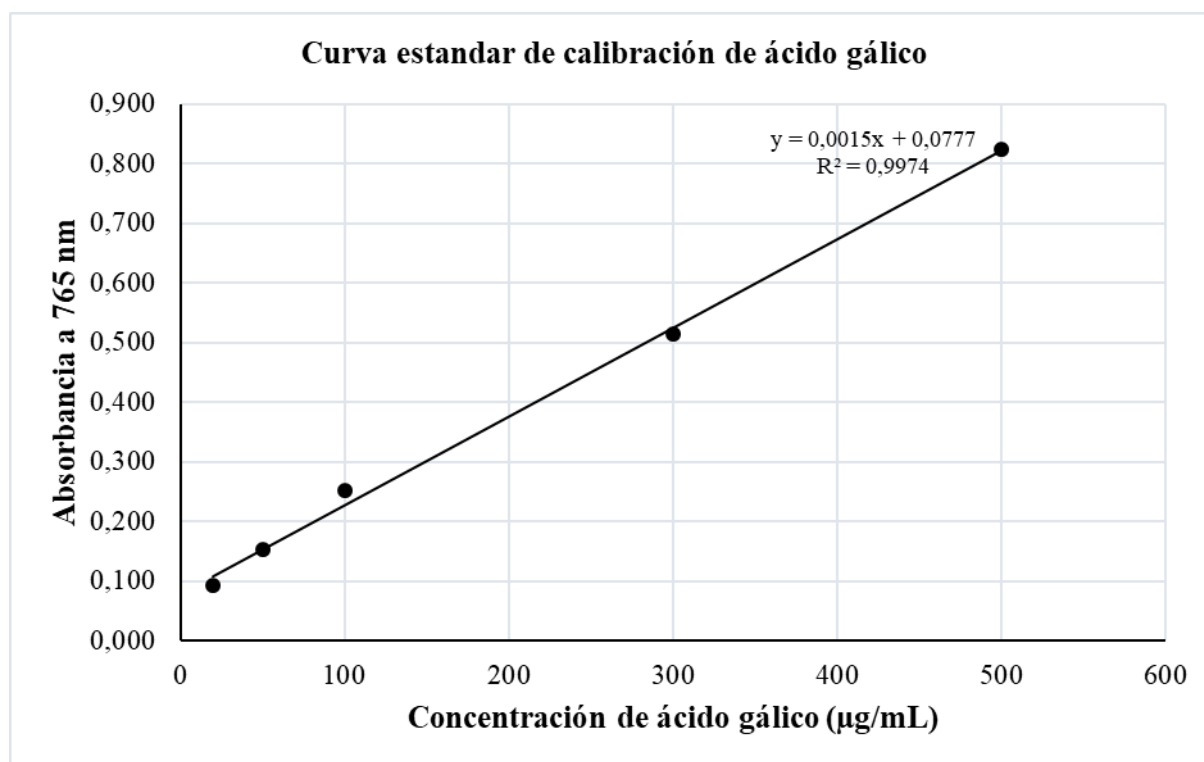
- Sarroca, R. y Torres, M. (2006). *Manipulación y almacenamiento de alimentos*. Cuba: Editora Logicuba.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. y Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* (299), 152-178. <https://twin.sci-hub.tw/6036/037599dd3df9c4ef040ade22f75456c8/singleton1999.pdf>
- Taipe, L. (2017). *Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (Tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Tapia, M. E. y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE. Lima, Perú.
- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A. y Andrade, R. D. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica*, 24(3), 51–56 doi: 10.4067/S0718-07642013000300007
- Tupuna, D. (2012). *Obtención de jugo clarificado concentrado de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) mediante el uso de tecnología de membranas* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Umaña, E. (2010). *Conservación de alimentos por frío*. El Salvador: FIAGRO y FUSADES PROINNOVA.
- Vallejo, E., Rojas, A. y Torres, O. (2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *Medigraphic*, 12(3), 104-111. <http://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr173d.pdf>
- Varo, M. A. (2018). *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos rojos y bebidas elaboradas a partir de ellos* (Tesis de doctorado). Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Vasco, C., Kaisu, R., Ruales, J., y Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (*Vaccinium floribundum*). *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8274–8281. doi: 10.1021/jf9013586
- Velásquez, F. F., Rafael, D. A. y Ramírez, E. E. (2022). Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en los parámetros físico-químicos y de color de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*). *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*, 02(01), 29-38. doi: <http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20221.782>
- Vermerris, W. y Nicholson, R. (2008). *Phenolic compound biochemistry*. Berlin, Alemania: Springer Science+Business Media B.V.

- Vidal, L. y Vargas, C. (2014). Medición de la absorbancia óptica de soluciones acuosas mediante la instrumentación virtual y el control. *Scientia et Technica*, 19(1), 49–53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84930900008>
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos Vitaminas, minerales y suplementos. *O F F A R M*, 26(10), 79-86. <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13112893>
- Zapata, S., Piedrahita, A. M. y Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales de oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(1), 25-36. <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v16n1/v16n1a3.pdf>
- Zhu, X., Wang, Q., Cao, J. and Jiang, W. 2008. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.CV. Tainong) fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 770-784. <https://zero.sci-hub.tw/995/8375740db5a8938ae429ecbfa30599e6/zhu2008.pdf>

CAPÍTULO VII

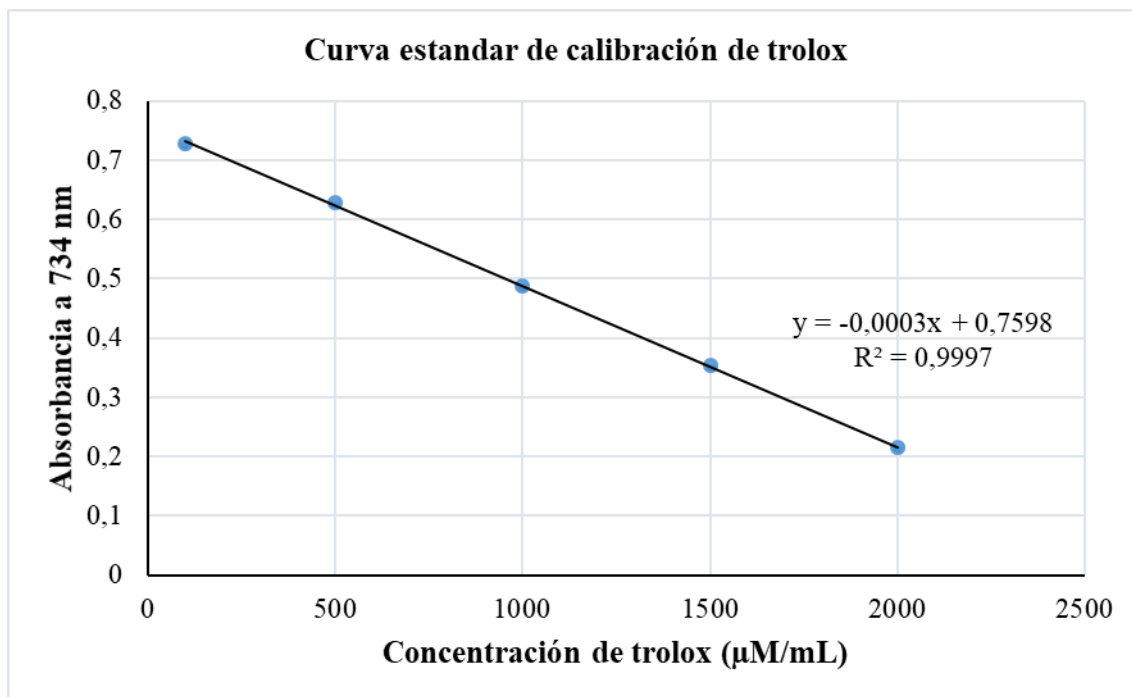
ANEXOS

Anexo 1. Curva estándar de calibración de ácido gálico para la concentración de compuestos fenólicos en el fruto de pushgay.



Concentración de ácido gálico µg/ml	Abs a 765 nm (\bar{X})
0	0,058
20	0,092
50	0,152
100	0,251
300	0,514
500	0,825

Anexo 2. Curva estándar de calibración de trolox para la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay.



Concentración de trolox M	Abs a 734 nm (\bar{X})
100	0,729
500	0,629
1000	0,487
1500	0,354
2000	0,215

Anexo 3. Análisis ANOVA para el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Temperatura (°C): T	539,725	2	269,863	371,841	0,000
Tiempo (días): D	4276,236	4	1069,059	1473,045	0,000
T*D	275,175	8	34,397	47,395	0,000
Error	21,772	30	0,726		
Total	13207,808	45			
Total corregido	5112,910	44			

Prueba de Tukey para el efecto de la temperatura de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.

Temperatura (°C)	Promedio de pérdida de peso (%)	Significación
4 °C	9,04	a
10 °C	13,68	b
Temperatura Ambiente (19 °C)	17,51	c

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.

Tiempo (días)	Promedio de pérdida de peso (%)	Significación
0	0,00	a
7	6,82	b
14	12,52	c
21	19,82	d
28	27,90	e

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (%) del fruto de pushgay.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Promedio de pérdida de peso (%)	Significación			
T ₃ D ₁	19	0	0,00	a			
T ₁ D ₁	4	0	0,00	a			
T ₂ D ₁	10	0	0,00	a			
T ₁ D ₂	4	7	5,19	b			
T ₁ D ₃	4	14	6,81	b	c		
T ₂ D ₂	10	7	6,83	b	c		
T ₃ D ₂	19	7	8,43		c		
T ₁ D ₄	4	21	13,11			d	
T ₂ D ₃	10	14	13,77			d	
T ₃ D ₃	19	14	16,99				e
T ₁ D ₅	4	28	20,09				f
T ₂ D ₄	10	21	20,31				f
T ₃ D ₄	19	21	26,05				g
T ₂ D ₅	10	28	27,51				g
T ₃ D ₅	19	28	36,09				h

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 4. ANOVA para el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los °Brix del fruto de pushgay.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Temperatura (°C): T	6,056	2	3,028	66,150	0,000
Tiempo (días): D	11,279	4	2,820	61,597	0,000
T*D	2,284	8	0,285	6,235	0,000
Error	1,373	30	0,046		
Total	10080,100	45			
Total corregido	17,919	44			

Prueba de Tukey para el efecto de la temperatura de almacenamiento en los °Brix del fruto de pushgay.

Temperatura (°C)	Promedio de °Brix	Significación
4 °C	14,45	A
10 °C	15,07	B
Temperatura Ambiente (19 °C)	15,33	C

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento en los °Brix del fruto de pushgay.

Tiempo (días)	Promedio de °Brix	Significación
0	14,13	A
7	14,68	B
14	15,06	C
21	15,37	D
28	15,52	D

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en los °Brix del fruto de pushgay.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Promedio de °Brix	Significación			
T ₂ D ₁	10	0	14,13	a			
T ₁ D ₁	4	0	14,13	a			
T ₃ D ₁	19	0	14,13	a			
T ₁ D ₂	4	7	14,37	a			
T ₁ D ₃	4	14	14,47	a	b		
T ₂ D ₂	10	7	14,80		b	c	
T ₁ D ₄	4	21	14,87		b	c	
T ₁ D ₅	4	28	14,94			c	
T ₃ D ₂	19	7	15,03			c	
T ₂ D ₃	10	14	15,17			c	d
T ₂ D ₄	10	21	15,53				d e
T ₂ D ₅	10	28	15,60				e
T ₃ D ₃	19	14	15,83				e f
T ₃ D ₄	19	21	15,93				e f
T ₃ D ₅	19	28	16,07				f

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 5. ANOVA para el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Temperatura (°C): T	0,127	2	0,090	299,246	0,000
Tiempo (días): D	1,383	4	0,157	524,698	0,000
T*D	0,025	8	0,007	23,316	0,000
Error	0,015	30	0,000		
Total	480,026	45			
Total corregido	0,873	44			

Prueba de Tukey para el efecto de la temperatura de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.

Temperatura (°C)	Promedio de pH	Significación
4 °C	3,14	A
10 °C	3,21	B
Temperatura Ambiente (19 °C)	3,30	C

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.

Tiempo (días)	Promedio de pH	Significación
0	3,00	A
7	3,18	B
14	3,25	C
21	3,31	D
28	3,33	E

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en el pH del fruto de pushgay.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Promedio de pH	Significación					
T ₂ D ₁	10	0	3,00	a					
T ₁ D ₁	4	0	3,00	a					
T ₃ D ₁	19	0	3,01	a					
T ₁ D ₂	4	7	3,12		b				
T ₁ D ₃	4	14	3,15		b	c			
T ₂ D ₂	10	7	3,18			c	d		
T ₁ D ₄	4	21	3,20			c	d	e	
T ₁ D ₅	4	28	3,22				d	e	
T ₃ D ₂	19	7	3,24					e	
T ₂ D ₃	10	14	3,26					e	f
T ₂ D ₄	10	21	3,31						f
T ₂ D ₅	10	28	3,32						g
T ₃ D ₃	19	14	3,35						g
T ₃ D ₄	19	21	3,42						g
T ₃ D ₅	19	28	3,46						h

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 6. ANOVA para el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos en el fruto de pushgay.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Temperatura (°C): T	12467,936	2	6233,968	620,275	0,000
Tiempo (días): D	9981,732	4	2495,433	248,294	0,000
T*D	4019,690	8	502,461	49,994	0,000
Error	301,510	30	10,050		
Total	18120931,044	45			
Total corregido	26770,867	44			

Prueba de Tukey para el efecto de la temperatura de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos en el fruto de pushgay.

Temperatura (°C)	Promedio de compuestos fenólicos	Significación
4 °C	616,24	A
10 °C	629,77	B
Temperatura Ambiente (19 °C)	656,31	C

** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos en el fruto de pushgay.

Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de compuestos fenólicos	Significación
0	605,86	A
7	633,05	B
14	639,87	C
21	645,71	D
28	646,04	D

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos del fruto de pushgay.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Promedio de compuestos fenólicos	Significación	
T ₁ D ₁	4	0	605,86	a	
T ₂ D ₁	10	0	605,86	a	
T ₃ D ₁	19	0	605,87	a	
T ₁ D ₄	4	21	617,53		b
T ₁ D ₂	4	7	618,33		b
T ₁ D ₃	4	14	619,26		b
T ₁ D ₅	4	28	620,21		b
T ₂ D ₂	10	7	630,11		c
T ₂ D ₃	10	14	634,89		c
T ₂ D ₅	10	28	638,57		c
T ₂ D ₄	10	21	639,42		c
T ₃ D ₂	19	7	650,71		d
T ₃ D ₃	19	14	665,49		e
T ₃ D ₅	19	28	679,34		f
T ₃ D ₄	19	21	680,19		f

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 7. ANOVA para el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Temperatura (°C): T	0,013	2	0,006	53,353	0,000
Tiempo (días): D	0,011	4	0,003	23,772	0,000
T*D	0,005	8	0,001	5,535	0,000
Error	0,004	30	0,000		
Total	41345,843	45			
Total corregido	0,033	44			

Prueba de Tukey para el efecto de la temperatura de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay

Temperatura	Promedio de capacidad antioxidante	Significación
4 °C	30,29	A
10 °C	30,31	B
Temperatura Ambiente (19 °C)	30,33	C

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto del tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante en el fruto de pushgay

Tiempo de almacenamiento (días)	Promedio de capacidad antioxidante	Significación
0	30,29	A
7	30,30	B
14	30,32	C
21	30,33	C
28	30,33	C

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Prueba de Tukey para el efecto de la interacción temperatura y tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante del fruto de pushgay.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Promedio de capacidad antioxidante	Significación					
T ₁ D ₁	4	0	30,29	a					
T ₂ D ₁	10	0	30,29	a					
T ₃ D ₁	19	0	30,29	a					
T ₁ D ₄	4	21	30,29	a	b				
T ₁ D ₂	4	7	30,29	a	b	c			
T ₁ D ₃	4	14	30,29	a	b	c			
T ₁ D ₅	4	28	30,29	a	b	c			
T ₂ D ₂	10	7	30,30	a	b	c			
T ₂ D ₃	10	14	30,31	a	b	c	d		
T ₂ D ₅	10	28	30,32		b	c	d		
T ₂ D ₄	10	21	30,32			c	d		
T ₃ D ₂	19	7	30,32			c	d		
T ₃ D ₃	19	14	30,34				d	e	
T ₃ D ₅	19	28	30,36					e	
T ₃ D ₄	19	21	30,36					e	

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Anexo 8. Panel fotográfico



Imagen 1. Frutos de pushgay listos para el estudio.



Imagen 2. Preparación de curvas de calibración



Imagen 3. Extractos protegidos de la luz con papel aluminio.



Imagen 4. Registro de la temperatura ambiente.



Imagen 5. Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilo-3,4-dihidrocromeno-2-carboxílico)



Imagen 6. ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico)

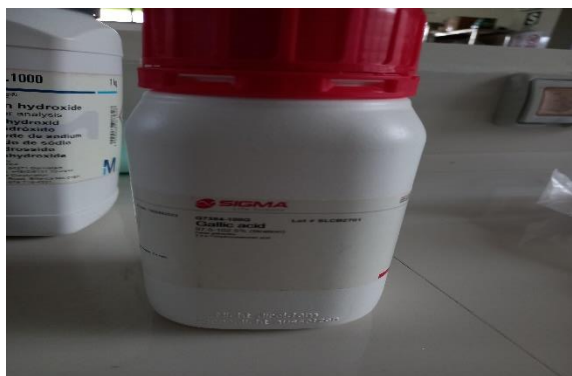


Imagen 5. Ácido gálico



Imagen 4. Folin-Ciocalteu

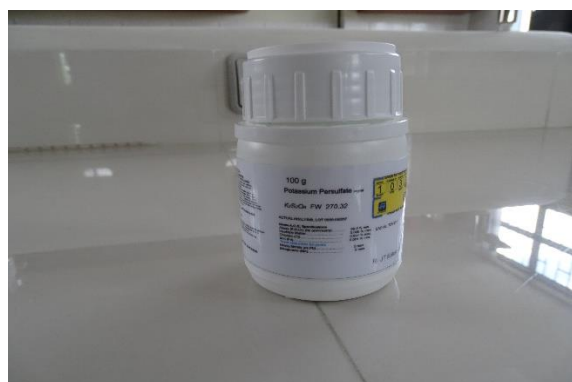


Imagen 7. Persulfato de potasio.



Imagen 8. Espectrofotómetro UV - Visible (Pg Instruments).



Imagen 9. Muestras después de la lectura de absorbancia a 765 nm (compuestos fenólicos)

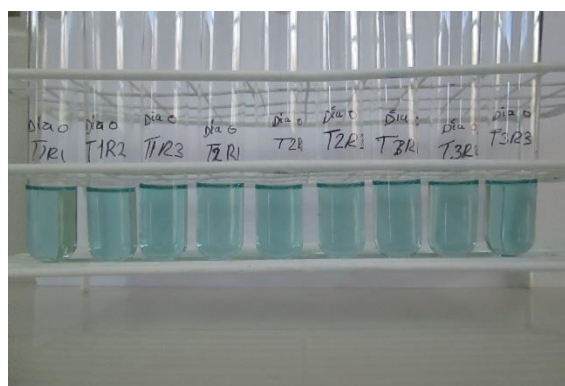


Imagen 10. Muestras después de la lectura de absorbancia a 734 nm (capacidad antioxidante)