

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN QUÍMICA COHORTE 2021

Tema: Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Química

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyectos de Desarrollo

Autora: Ingeniera, Lesly Anabel Chariguamán Coello

Director: Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

Ambato – Ecuador
2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas,
Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por los señores: Ingeniera Nelly del Pilar Pazmiño Miranda Magister y Química Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez Magister., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago” elaborado y presentado por la señorita Ing. Lesly Anabel Chariguamán Coello, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Química; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Nelly del Pilar Pazmiño Miranda Mg.
Miembro del Tribunal

Quím. Marcia Eduvijes Buenaño Sánchez Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago”, le corresponde exclusivamente a: Ing. Lesly Anabel Chariguamán Coello, Autora bajo la Dirección de Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás Mg., Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Lesly Anabel Chariguamán Coello

c.c.:1600537458

AUTORA

Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

c.c.:1802706596

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Lesly Anabel Chariguamán Coello

c.c.:1600537458

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| PORTADA..... | i |
| A la Unidad Académica de Titulación | ii |
| CAPÍTULO I..... | 15 |
| EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 15 |
| 1.1 Introducción..... | 15 |
| 1.2 Justificación..... | 17 |
| 1.3 Objetivos | 19 |
| 1.3.1. General..... | 19 |
| 1.3.2. Específicos | 19 |
| CAPÍTULO II | 20 |
| MARCO TEÓRICO..... | 20 |
| a) ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 20 |
| b) FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA | 21 |
| 2.1 Generalidades del Cultivo | 21 |
| 2.2 Taxonomía..... | 22 |
| 2.3 Morfología..... | 23 |
| 2.4 Características fisicoquímicas de los frutos | 25 |
| 2.5 Beneficios, usos y derivados del producto | 27 |
| 2.6 Sistemas de producción con pitahaya..... | 28 |
| 2.7 Aspectos farmacológicos de la pitahaya..... | 29 |
| 2.8 Propiedades alimentarias | 30 |
| 2.9 Actividad antioxidante de la pitahaya | 30 |
| 2.9.1 Tipos de antioxidantes. | 32 |
| 2.9.2. Antioxidantes primarios:..... | 33 |
| 2.9.3. Antioxidantes secundarios: | 34 |
| 2.9.4. Vitamina C..... | 35 |
| CAPÍTULO III | 36 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Tipo de investigación | 36 |
| 3.2 Población o muestra: | 36 |
| 3.3 Prueba de Hipótesis | 38 |
| 3.3.1 Hipótesis alternativa | 38 |
| 3.3.2 Hipótesis nula | 38 |
| 3.4 Recolección de información:..... | 38 |
| 3.5 Equipos, Materiales y Metodología..... | 39 |
| 3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico: | 53 |
| 3.6.1. Factores de estudio..... | 54 |
| 3.6.2. Tratamientos | 54 |
| 3.6.3. Diseño experimental y análisis estadístico | 55 |
| CAPÍTULO IV | 56 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 56 |
| 4.1 Preparación y parámetros de control del fruto de pitahaya amarilla | 56 |
| CAPÍTULO V | 53 |
| CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS | 53 |
| 5.1 Conclusiones | 53 |
| 5.2 Recomendaciones | 55 |
| CAPÍTULO VI..... | 56 |
| PROPUESTA..... | 56 |
| 6.1. Título | 56 |
| 6.2. Descripción..... | 56 |
| 6.3. Desarrollo de la propuesta | 57 |
| 6.3.1 Obtención de materia prima..... | 57 |
| 6.3.2 Preparación del material vegetal..... | 57 |
| 6.3.3 Obtención de extractos metanólicos | 58 |
| 6.3.4 Determinación de compuestos fenólicos por HPLC..... | 58 |
| 6.3.5. Preparación de las muestras y corrida en el cromatógrafo HPLC | 58 |
| 6.3.6 Recursos económicos..... | 59 |
| 6.3.7 cronograma de actividades..... | 47 |

| | |
|-----------------------|----|
| 6.3 Bibliografía..... | 47 |
| 6.4 Anexos..... | 51 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica de la pitahaya a nivel de taxo superior. | 23 |
| Tabla 2. Diferencias entre ecotipos de pitahaya amarilla “Pichincha” y “Palora” cultivados en el Ecuador. | 24 |
| Tabla 3. Descripción de la composición física y química de la pitahaya..... | 26 |
| Tabla 4. Descripción de la composición física y química de la pitahaya, bajo Sistemas Agroforestales. | 27 |
| Tabla 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo..... | 37 |
| Tabla 6. Equipos y materiales para la recolección de muestras de pitahaya..... | 39 |
| Tabla 7. Equipos, materiales y reactivos para el pretratamiento de muestras de pitahaya | 40 |
| Tabla 8. Equipos y materiales para la determinación de humedad de la pulpa de pitahaya amarilla..... | 41 |
| Tabla 9. Materiales, equipos y reactivos para la determinación de pH del zumo de pitahaya amarilla. | 42 |
| Tabla 10. Reactivos y materiales para la determinación de proteína de la pulpa de pitahaya amarilla..... | 44 |
| Tabla 11. Materiales, equipos y reactivos para la determinación de grasa total de la pulpa de pitahaya amarilla. | 46 |
| Tabla 12. Materiales y equipos para la determinación acidez titulable en zumo de pitahaya amarilla. | 47 |
| Tabla 13. Materiales y equipos para la determinación de cenizas de la pulpa de pitahaya amarilla..... | 49 |
| Tabla 14. Materiales y equipos para la determinación de capacidad antioxidante de la pitahaya amarilla..... | 52 |
| Tabla 15. Tratamientos de la investigación..... | 54 |
| Tabla 16. Descriptores físicos de la pitahaya amarilla..... | 56 |
| Tabla 17. Resultados de los parámetros bromatológicos de las muestras de pitahaya amarilla..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Tabla 18. Porcentaje de inhibición de radicales DPPH de cada réplica realizada en el ensayo..... | 48 |
| Tabla 19. Resumen de los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Pitahaya Amarilla | 25 |
| Figura 2. Medición de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla | 27 |
| Figura 3. Medición de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla | 37 |
| Figura 4. Preparación del material vegetal para la determinación de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla. | 40 |
| Figura 5. Determinación del porcentaje de Humedad de la pitahaya amarilla | 42 |
| Figura 6. Determinación del potencial de Hidrógeno de la pitahaya amarilla..... | 43 |
| Figura 7. Determinación de proteína de la pulpa de pitahaya amarilla..... | 45 |
| Figura 8. Determinación de grasa total de la pulpa de pitahaya amarilla | 46 |
| Figura 9. Determinación acidez titulable en zumo de pitahaya amarilla | 48 |
| Figura 10. Determinación ceniza de pitahaya amarilla..... | 49 |
| Figura 11. Determinación capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). | 50 |
| Figura 12. Determinación de capacidad antioxidante ensayo DPPH..... | 51 |
| Figura 13. Cálculo del porcentaje de inhibición de DPPH | 52 |

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría para cumplir cada meta que me he planteado.

Por darme la oportunidad de tener una familia unida e incondicional, quienes han sido mi mayor apoyo en cada momento de mi vida.

A mis padres, por estar siempre presentes y creer en mí, apoyándome y recalando constantemente que soy capaz de conseguir cada sueño propuesto.

DEDICATORIA

Con mucho amor, a mis
padres, quienes han
estado conmigo en cada
etapa de mi vida
profesional y personal;
motivándome cada día
a cumplir mis metas y
brindándome su amor y
apoyo incondicional.

Este logro se los dedico
a ellos, quienes son mi
mayor orgullo y
fortaleza.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN QUÍMICA
COHORTE 2021

TEMA:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y BROMATOLÓGICAS DEL FRUTO DE LA PITAHAYA, CULTIVADAS EN DISTINTAS LOCALIDADES DEL CANTÓN PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyectos de desarrollo

AUTOR: Ingeniera, Lesly Anabel Chariguamán Coello

DIRECTOR: Químico, Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

FECHA: veinte y cuatro de octubre del dos mil veinte y tres

RESUMEN EJECUTIVO

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) se ha convertido en uno de los principales productos exóticos de exportación para el Ecuador. Además, las propiedades fisicoquímicas del fruto permiten su uso para la transformación agroindustrial del producto. Este trabajo tuvo como objetivo realizar la caracterización fisicoquímica y proximal del fruto de pitahaya amarilla en cinco localidades de la comunidad de Palora en la provincia de Morona Santiago. Se colectaron por triplicado frutos maduros en cinco fincas, debidamente geo referenciadas en este cantón. Se cuantificaron cinco descriptores físicos, siete químicos y la capacidad antioxidante de acuerdo con la NTC 3554 y AOAC 1997. El peso promedio de los frutos y pulpa evaluados fue de 271,49 g y 182,23 g respectivamente y con correlación del valor máximo en 308,78 y 232,04 asociado a los materiales estudiados. El análisis químico de la pulpa de fruta fue en sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix} = 21,85$) y permitió clasificarlo como un alimento medianamente ácido ($\text{pH} = 4,98$), adicionalmente su relación cáscara/pulpa fue comercialmente viable ($> 60\%$). En cuanto a variables de importancia industrial como los análisis proximales se obtuvo resultados promedios de humedad= 81.63%, proteína= 0.63%, grasas= 0.44%, cenizas= 0.40%, acidez titulable cítrico= 0.1. Los resultados correspondientes a capacidad antioxidante dieron promedios de 0,6164; 0,4782; 0,4932; 0,5804; 0,7776 para las fincas A, B, C, D y E; respectivamente.

DESCRIPTORES: HUMEDAD, PROTEÍNA, CENIZAS, PH, ACIDEZ TITULABLE, ANÁLISIS PROXIMAL, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, DPPH, PITAHAYA AMARILLA

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La seguridad alimentaria en el Ecuador ha sido influenciada por la actividad agrícola la cual es uno de los ejes principales sobre los que se desarrolla su economía (Prieto Coba, 2020), esto va de la mano con la exuberante biodiversidad con la que cuenta nuestro el Ecuador. La ubicación geográfica de nuestro país, en donde goza es favorecida tanto por la temperatura como por la presencia de la Cordillera de los Andes que gracias a su orografía, moldea al país de norte a sur, dado como resultado tres regiones claramente diferenciadas (Duran Yunga, 2020).

En este contexto nuestra región cuenta un sin número de recursos propios de la zona, los mismos que han sido empleados frecuentemente en el último siglo con el propósito de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, y se han aprovechado según la utilidad que podrían generar estos recursos principalmente en maderables, medicinales o comestibles (Huachi et al., 2015). Los considerados más importantes para la presente investigación son los recursos comestibles producidos en nuestro país, específicamente los productos hortofrutícolas con gran demanda en las zonas más habitadas de nuestro país, esto por su contenido de compuestos fitoquímicos que proporciona beneficios a la salud de los consumidores, y actúan influyendo positivamente en la prevención de enfermedades crónicas (Corzo-Rios, Bautista-Ramírez, Gómez y Gómez, & Torres-Bustillos, 2017).

Lo expuesto sobre la alimentación por (G. Z. Enríquez & Aldaz, 2019), indica que esta comienza con el cultivo, selección, preparación del alimento, hasta las formas de presentación y el consumo de un grupo de ellos y también de una alimentación saludable ha de lograrse combinando varios alimentos en forma equitativa, lo cual satisface las demandas de nutrientes para un correcto crecimiento y desarrolla las capacidades físicas e intelectuales. La variedad está dada por la selección e inclusión

en la dieta de todo tipo de alimento, con prioridad por los vegetales y las frutas por su contenido en carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales (Creucí, 2011).

Eran en un principio desconocidas algunas frutas que pueden formar parte de la dieta diaria, mucho más cuando la variedad de estos alimentos es muy extensa, por lo que en las últimas décadas estas investigaciones han permitido poder conocer las características de frutos que se han visibilizado durante el último período, entre ellos la pitahaya. El origen de dicha fruta es podría resultar inexacta ya que varios autores mencionan los diferentes lugares en los que está distribuida, principalmente en países como México, Guatemala, Costa Rica, Colombia y Ecuador (Huachi et al., 2015).

La pitahaya es una fruta muy especial en cuanto a cualidades medicinales con una amplia diversidad de aplicaciones que van desde el alivio de problemas estomacales hasta problemas endocrinos y, mejora el funcionamiento del sistema digestivo (Avila Salas & Gonzalo Huamancaja, 2020). El beneficio más conocido de esta fruta es la capacidad antioxidante que se atribuye a sus semillas por a su alto contenido de ácidos grasos naturales ya que estos funcionan en el organismo como un sistema de amortiguamiento capturando el colesterol generando un efecto cardiotónico (Huachi et al., 2015).

La pitahaya variedad amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es propia de zonas subtropicales y amazónicas. En los últimos años, se ha convertido un producto agrícola frutal de alto valor comercial en Ecuador (Ortiz Ramírez & Vélez Gaviria, 2019), llegando a ser uno de los principales productores de pitahaya junto con Colombia e Israel (Prieto Coba, 2020), países que exportan este producto a mercados como: Singapur, Hong Kong, Taiwán, Filipinas, Malasia y Tailandia. En la provincia Morona-Santiago, específicamente el cantón Palora es una de las principales regiones productoras de pitahaya en Ecuador, y la actividad se ha convertido en la principal fuente generadora de empleo e ingresos económicos, para el cantón (Santana, Velin, Quijano, & Pereira, 2020).

La pitahaya (*Hylocereus spp.*) comúnmente conocida como “Fruta del Dragón” es una fruta exótica, cuya notoriedad se está extendiendo en todo el mundo, por sus características fisicoquímicas, nutricionales y sus compuestos bioactivos

considerándosele como un alimento funcional, siendo utilizada abundantemente por sus excelentes características organolépticas y por su valor comercial agregado (Anggie Verona-Ruiz, Urcia-Cerna, & Paucar-Menacho, 2020).

Es conocido que en los últimos años, el cultivo de este fruto se ha extendido por todo el mundo, y muchos investigadores han analizado sus cualidades, acrecentando ampliamente las divulgaciones científicas con respecto a este fruto, por tal motivo se vuelve relevante ampliar el conocimiento de las propiedades y bondades nutricionales de este popular fruto.

1.2 Justificación

Actualmente en el mundo, gran parte de la población sufre un problema de salud debido al sobrepeso y diabetes, esto a causa de la mala alimentación y del consumo de alimentos procesados que generan daños al ser consumidos constantemente a lo largo de la vida de las personas, desbocando además en enfermedades cardiovasculares, procesos inflamatorios y también de enfermedades neurodegenerativas .

La diabetes es una enfermedad metabólica que se caracteriza por mantener niveles altos de azúcar en la sangre debido a que el páncreas no genera suficiente cantidad de insulina para el correcto funcionamiento del organismo, lo que deriva en complicaciones graves y daños a varios órganos y sistemas del cuerpo, provocando incluso la muerte (Desiderio Hinojosa & González Imacaña, 2022).

El sobrepeso y obesidad son problemas que inquietan a personas de todas las edades y que va de la mano con la diabetes, puesto que al no tener una correcta alimentación, aumenta el riesgo de desarrollar diabetes.

Geográficamente se puede advertir que al igual que la diabetes, la mayor parte de personas con obesidad, viven en países de ingresos medios y bajos, ante estas estadísticas, y con el fin de contrarrestar esta problemática, varias son las alternativas planteadas para dar solución a esta problemática, desde dietas, planes nutricionales, rutinas de ejercicios, consumo de medicina natural, intervenciones quirúrgicas, atención médica y consumo y aplicación de medicamentos, entre otros (Creucí, 2011).

Lamentablemente estas opciones resultan limitantes en la mayoría de personas, puesto que, como se mencionó anteriormente estas enfermedades aquejan en su mayoría a la población de recursos bajos y medios (G. Z. Enríquez & Aldaz, 2019).

Basándose en las investigaciones previas acerca de la pitahaya, se ha podido conocer que este fruto posee increíbles y extensas propiedades beneficiosas para la salud tanto para fortalecer el sistema inmunológico, como potente antioxidante puesto que frena las reacciones de oxidación en las células a partir de las que se ocasionan los dañinos radicales libres, productor de colágeno debido a su contenido de vitamina C, lo que reduce los riesgos de cáncer de colon y a la vez ayuda al cuidado de la piel y el cabello; fortalece los huesos y dientes gracias a su contenido de fósforo, magnesio y calcio, previene la anemia debido a que es rica en hierro; así como también ayuda a regular el colesterol y los niveles de azúcar en la sangre, mejora la digestión y favorece la pérdida de peso, gracias a sus altos niveles de fibra, bajo valor calórico y baja cantidad de carbohidratos y calorías (Obregón La Rosa & Lozano Zanelly, 2021).

Así mismo este fruto hace alarde de otras propiedades que posee la pitahaya como vitaminas B1, B2 y B3. (A. Verona-Ruiz, Urcia-Cerna, & Paucar-Menacho, 2020)

Es por este motivo que , el presente estudio busca evaluar bromatológicamente el fruto de la pitahaya y su alto contenido de fibra cultivada en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago, con el fin de conocer los niveles antioxidantes y otros componentes presentes y así verificar las propiedades que aportan este alimento, teniendo en cuenta que, al ser implementado al consumo regular, supondría beneficios a la salud al ser una clave en la reducción y prevención de varias afecciones. (Vilaplana, 2007)

1.3 Objetivos

1.3.1. General

Evaluar las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivada en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

1.3.2. Específicos

Recolectar las frutas de pitahaya en cinco distintas localidades mediante un muestreo estratificado con el fin de obtener diferentes tipos de muestras.

Realizar los análisis bromatológicos en el laboratorio con el fin de conocer las propiedades físico-químicas de las frutas de pitahaya recolectadas en diferentes puntos y evaluar su capacidad antioxidante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

a) ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La pitahaya amarilla es una fruta tropical con gran aceptación en el mercado nacional e internacional por su excelente sabor, apariencia, calidad y (Ruiz-Jiménez et al., 2019). La extensión de cultivos de pitahaya en Ecuador es de 1 528 hectáreas de pitahaya con un rendimiento promedio de 7.6 t/ha (Ortiz Ramírez & Vélez Gaviria, 2019). En la Amazonía ecuatoriana, específicamente en la provincia de Morona Santiago la transición rápida de pitahaya (ecotipo “Palora”) de planta silvestre a cultivo comercial ha provocado problemas de manejo agronómico, por lo que una alternativa sustentable y sostenible son los sistemas agroforestales (SAFs) (Vargas Tierras et al., 2020) .

Se entiende por SAFs a la combinación de árboles (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) y arbustos forrajeros con uno o varios cultivos de interés; los árboles son de uso múltiple y producen alimentos, forraje, madera y/o leña. Estos sistemas de producción se han convertido en una alternativa para mitigar varios problemas, como la inseguridad alimentaria, contaminación del medio ambiente, cambio climático y captura del CO₂ atmosférico presente en la biomasa y en el suelo (Santana et al., 2020). La pitahaya roja y la pitahaya amarilla son las variedades más comunes cultivadas en nuestro país, la última es llamativa por su apariencia externa, corteza de color amarillo con espinas y pulpa blanca aromática con pequeñas semillas negras. La variedad pitahaya roja cultivada principalmente en países como México, Nicaragua y Vietnam, se diferencia por la presencia de brácteas en lugar de espinas y su pulpa puede ser blanca o roja clara (dependiendo de la variedad), con pequeñas semillas negras (Castro Gámez, 2021). Ecuador produce dos tipos de pitahaya amarilla, la denominada “Pichincha” o también conocida como “Nacional” (frutos de hasta 150 g de peso), que se cultiva en el noroccidente de Pichincha, y el ecotipo “Palora” (frutos de hasta 350 g de peso), que se cultiva en Morona Santiago (Palora) y en Pichincha (Trujillo, 2014). (Cedeño Ballin, 2022). En junio del año 2018, se le entregó la declaración de

denominación de Origen como Pitahaya Amazónica de Palora, mención que le da un sentido de identidad y pertenencia singular. En el Ecuador, los productores del noroccidente de Pichincha aproximadamente hace 10 años iniciaron con la producción del cultivo de pitahaya y después de algunos años se empieza a cultivar este frutal en el cantón Palora, situado en la riberas del río Pastaza, donde se produce el tipo Palora que es una fruta de color amarillo, pulpa blanca, dulce y exquisita (Duran Yunga, 2020). En virtud de la gran aceptación de la fruta a nivel nacional e internacional, los productores del cantón Palora se organizaron en varios grupos, entre ellos: Asociación Agrícola Pecuaria “Las Palmas” y la Asociación de Productores y Comercializadores de Pitahaya y otros Productos “Palora”. Posteriormente, las dos asociaciones se fusionaron y se creó la Asociación de Productores de Pitahaya “Palora”, fusión que hasta la actualidad les ha permitido vincularse a proyectos de apoyo gubernamental; tiene alrededor de 138 socios. Aproximadamente son 672 productores que tienen sembradas 1 528 hectáreas y de estas 664 están en producción (Cedeño Ballin, 2022). A nivel nacional, el 60% de la producción se obtiene entre febrero y marzo, el 5% se cosecha en el mes de junio, el 15% entre septiembre y primera semana de octubre y un 20% entre mediados de noviembre y primera semana de diciembre. En el caso de Palora, se han identificado como picos de producción los meses de enero, marzo, abril, noviembre y diciembre (Duran Yunga, 2020). Sin embargo, este comportamiento en la producción depende principalmente del manejo agronómico y las condiciones ambientales que no mantienen un patrón definido (Vargas Tierras et al., 2020).

b) FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1 Generalidades del Cultivo

La pitahaya (*Selenicereus sp.*) es una fruta exótica originaria de América Central y parte de Sudamérica, fue descubierta de forma silvestre por los conquistadores españoles, quienes le dieron el nombre de pitahaya que significa fruta escamosa. Actualmente, se encuentra distribuida en México, Bolivia, Perú, Colombia, Venezuela, Ecuador, Centroamérica y las Antillas (Anggie Verona-Ruiz et al., 2020). En Ecuador

la pitahaya fue colectada y reportada por Lawesson en 1983 en la localidad del Río Yasuní, Garza Coche a 01° 05' S 075° 47' W y en 1987 por Cerón en la reserva biológica Jatun Sacha, río Napo a 8 km de Misahuallí a 01° 04' S 077° 36' W (Torres-Valenzuela, Serna-Jiménez, Pinto, & Vargas, 2020). Por lo indicado por (Huachi et al., 2015), la pitahaya es cultivada en las estribaciones del noroccidente de la provincia de Pichincha, Imbabura y Morona Santiago, extendiéndose a las provincias del centro norte de la Amazonía ecuatoriana Orellana y Sucumbíos, por su potencial de exportación (Vargas Tierras et al., 2020).

En la actualidad además de las provincias antes indicadas, el cultivo de pitahaya se encuentra distribuido en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro (Ortiz Ramírez & Vélez Gaviria, 2019).

2.2 Taxonomía

La pitahaya amarilla presenta flores blancas muy largas de 32 cm a 38 cm aproximadamente, siendo estas medidas superiores al fruto de otras especies. En contraste con la pitahaya roja que presenta un ángulo convexo entre las yemas, la pitahaya amarilla presenta un ángulo cóncavo. Sus frutos pueden llegar a tener una longitud de hasta 12 cm y un peso de 250 g, la corteza amarilla con espinas y su pulpa blanca jugosa son características propias de esta variedad (Carrera Abanto, 2023). La pitahaya es una planta generalmente de clima cálido y húmedo, pero, también puede desarrollarse en climas secos (Gómez & Rangel, 2023). Altas temperaturas en el orden de 38 °C pueden generar quemaduras en la planta, siendo por ello necesario que en climas extremadamente calurosos y secos sea fundamental el uso de mallas de sombreado artificial de 30 % a 60 % de tal manera que la planta sea protegida de la radiación solar. Las especies más tolerantes a altas temperaturas son el *H. monacanthus* y *H. costaricensis*, debido a la capa cerosa que cubre sus tallos (Cedeño Ballín, 2022).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la pitahaya a nivel de taxo superior.

| Reino | Plantae |
|-----------------------|---|
| Subreino | Tracheobionta |
| Súper división | Spermatophyta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Equisetopsida C. Agardh |
| Subclase | Magnoliidae Novák ex Takht. |
| Suborden | Caryophyllanae Takht |
| Orden | Caryophyllales Juss. ex Bercht& J. Presl |
| Familia | Cactaceae Juss |
| Género | Selenicereus (A. Berger) Britton & Rose |
| Especie | Selenicereus sp.(K. Schum. ex Vaupel) Moran |

Nota: Tomado de (Carrera Abanto, 2023)

2.3 Morfología

Este tipo de plantas denominadas hemiepífitas absorben agua por las raíces del suelo y por las raíces adventicias que se desarrollan a lo largo del tallo o vainas, estas raíces son una tipología de las cactáceas que tienen cladodios (pencas) (Carrera Abanto, 2023). La pitahaya amarilla presenta pencas con el margen que varía de cóncavo a liso, formando un triángulo en corte transversal. La flor es hermafrodita, completa, simétrica, de ovario ínfero, con numerosos estambres y pétalos de color blanco, tiene un tamaño próximo de 25 cm de largo. Las flores nacen en cada arista, se abren al inicio de la noche y se cierran por la mañana. Los frutos son de tipo baya, color amarillo intenso, pulpa blanca, suculentos y dulces, de forma ovalada a alargada (6 a 12 cm). El promedio del peso del fruto se encuentra en un rango de 50 a 400 g, con presencia de semillas pequeñas de color negro, brillantes, oblongas y lisas (Cedeño Ballin, 2022).

Las principales diferencias morfológicas entre los dos ecotipos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Diferencias entre ecotipos de pitahaya amarilla “Pichincha” y “Palora” cultivados en el Ecuador.

| Partes de la planta | Características | Pichincha | Palora |
|----------------------------|------------------------|------------------|---------------|
| Fruto | Largo (cm) | 8 a 10 | 12 |
| | Peso (g) | hasta 250 | Hasta 1000 |
| Tallo | Grosor (cm) | 5 | Hasta 10 |

Nota: Tomado de (Cedeño Ballin, 2022)

La floración de la pitahaya depende directamente de la luz solar, puesto que incide en la absorción de los nutrientes aprovechables presentes en el suelo y en el rendimiento. En este mismo aspecto, las horas luz para la germinación de los botones florales de la pitahaya son indispensables, y también para el desarrollo de diversos procesos fisiológicos, siendo entonces recomendable la exposición parcial a la luz solar con 30 % de sombra (Carrera Abanto, 2023). Este cultivo también tiene la capacidad de adaptarse a suelos secos y pedregosos, a pesar de que, los requerimientos edáficos de la pitahaya exigen suelos francos arcillosos o franco arenoso con alto contenido de materia orgánica mayor al 5%, y con un valor de pH de 5.3 a 7. También, debe presentar un buen sistema de drenaje con la finalidad de prevenir la propagación de enfermedades, a causa de la retención de agua, como es la pudrición de los brotes generados por diversos agentes patógenos (Vargas Tierras et al., 2020).

Figura 1. Pitahaya Amarilla



2.4 Características fisicoquímicas de los frutos

Las características físicas y químicas de los frutos de pitahaya varían de acuerdo a las condiciones ambientales, variedad y ubicación geográfica del cultivo. Análisis realizados han determinado las características físicas y composición química de los frutos de pitahaya (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de la composición física y química de la pitahaya

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|---|-----------------|------------------|
| Humedad | % | 84.8 |
| Carbohidratos | % | 13.38 |
| Fibra cruda | % | 0.77 |
| Proteína | % | 0.67 |
| Extracto etéreo | % | 0.43 |
| Cenizas | % | 0.4 |
| Peso de la fruta | G | 394.66 |
| Firmeza de la pulpa (Newton) | N | 6.20 |
| Rendimiento pulpa | % | 66.60 |
| Rendimiento de cáscara | % | 33.40 |
| Sólidos solubles | % | 20.74 |
| Acidez titulable | % ácido cítrico | 0.14 |
| pH | Adimensional | 4.86 |
| Azúcares totales | % | 11.00 |
| Azúcares reductores | % | 9.75 |
| Ácido ascórbico | mg/100 g | 4.00 |
| Vitamina B1 (Tiamina) | mg/ g | 0.28 - 0.43 |
| Vitamina B2 (Riboflavina) | mg/ g | 0.043 - 0.045 |
| Vitamina B3 (Niacina) | mg/ g | 0.2 |
| Fenoles totales (mg de ácido gálico) | mgEAG/ g | 7.8 |
| Calorías | Cal/ 100 g | 38.76 |
| Calcio | mg/100 g | 10 |
| Fósforo | mg/ g | 16 |
| Hierro | mg/ g | 0.3 |

Nota: Tomado de (Huachi et al., 2015; Quijije Rendón, 2021; Vargas Tierras et al., 2020)

Los frutos adquieren una coloración específica de acuerdo a la especie (Figura 1) y van adquiriendo firmeza, siendo ambos indicadores para su cosecha. Las características de madurez de la pitahaya son su coloración, forma ovoide y tamaño (8 a 12 cm). El peso promedio del fruto de pitahaya es de 500 g (Sánchez et al., 2022).

Tabla 4. Descripción de la composición física y química de la pitahaya, bajo Sistemas Agroforestales.

| Parámetros | Unidad | Resultado |
|----------------------------|-----------------|------------------|
| Peso de la fruta | g | 365.7 |
| Pulpa | % | 44.07 |
| Cáscara | % | 68.20 |
| Firmeza de la pulpa | Newton (N) | 17.77 |
| Sólidos solubles | % | 21.97 |
| Acidez titulable | % ácido cítrico | 0.18 |
| pH | Adimensional | 5.01 |

Nota: Tomado de (Cedeño Ballin, 2022)

Figura 2. Medición de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla



2.5 Beneficios, usos y derivados del producto

Los beneficios de la pitahaya son bastos principalmente por la presencia de compuestos bioactivos que son muy beneficiosos para la salud del ser humano, a más de esto se caracteriza por tener un alto valor comercial ya que presenta un color y textura que influirán en el sabor de la misma (Pilco, García, Cevallos, & Iza, 2023). También, la

pitahaya presenta un alto contenido de compuestos fenólicos, proteína cruda, fibra cruda y la presencia de minerales esenciales cuyos porcentajes hacen de esta fruta diferente a otras, y por lo tanto es considerada un alimento funcional y nutracéutico, siendo el beneficio más conocido su capacidad antioxidante, debido a que sus semillas poseen un alto contenido de ácidos grasos naturales, especialmente el ácido linoléico, además el aceite de sus semillas tiene un efecto laxante (Ruiz-Jiménez et al., 2019). Aplaca complicaciones estomacales, así como también mejora el funcionamiento del tracto digestivo, apoya a disminuir el colesterol en la sangre y regula los niveles de azúcar en la sangre (Montenegro Guevara, 2020). Por sus cualidades fotoquímicas y farmacéuticas previene la anemia ferropénica, reduce la presión arterial alta, disminuye los riesgos de sufrir un infarto cardíaco o cerebral, es ideal para dietas de pérdida de peso, alivia los síntomas de catarras y estados gripales, ayuda en la formación de glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, formación y mantenimiento óseo, cuenta con propiedades diuréticas, tiene propiedades cardiovasculares y reduce los niveles de ácido úrico (Desiderio Hinojosa & González Imacaña, 2022). El consumo de la fruta que puede ser en fresco o procesada, se utiliza en la elaboración de helados, yogurt, mermelada, gelatina, jaleas, cócteles, energizantes, etc. (Paredes & Areche, 2021)

2.6 Sistemas de producción con pitahaya

Los pequeños, medianos y grandes productores, quienes han desarrollado tecnologías de producción propias para el manejo y cultivo de pitahaya en Palora son quienes están a la cabeza de su producción. El material vegetal es de tipo vegetativo (pencas), este material no es sembrado en vivero, sino directamente en el campo. Los productores aún no estandarizan la longitud de la penca, ésta mide de 0.60 a 1.20 m (Pilco et al., 2023). Las publicaciones como (Vargas Tierras et al., 2020) señala que la prolongación con la que se obtiene el mayor número de brotes es con 0.5 m; a diferencia de (Zambrano Coraizaca, 2023), quien indica que las pencas deben ser de 1.0 m de longitud y que de esto depende el tiempo en que la planta ingresa al proceso productivo. La disposición preliminar del terreno está sometida a una mecanización general del

lote, además de la construcción de drenajes principales y secundarios; en el sitio donde va la penca colocan abonos orgánicos (compost o humus, al menos un kilogramo por planta) y/o fertilizantes químicos (Cedeño Ballin, 2022). Para la plantación, las estacas de pitahaya se entierran unos 3 cm y en el crecimiento de la planta se realizan tres tipos de poda (formación, sanitarias y de producción). Los controles fitosanitarios para el control de nematodos, fusarium y bacteriosis se realizan con plaguicidas de categorías toxicológicas I y II, sin un diagnóstico previo del agente causal de la plaga (Rosa et al., 2021) .

2.7 Aspectos farmacológicos de la pitahaya

La fruta del dragón o pitahaya se caracteriza por ser baja en calorías y con un escaso aporte nutritivo, la misma que se puede combinar con otras frutas aumentan el poder nutritivo en la alimentación, por lo que es consumida por niños, jóvenes, adultos, deportistas, mujeres embarazadas o madres lactantes y las también adultos mayores. Por su aporte de vitamina C, son adecuadas para quienes tienen un mayor riesgo de sufrir carencias de estas vitaminas: personas que no toleran los cítricos, el pimiento u otros vegetales, que son fuente casi exclusiva de vitamina C en nuestra alimentación o para personas cuyas necesidades nutritivas están aumentadas. La vitamina C, como antioxidante, contribuye a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, entre ellas, las cardiovasculares, las degenerativas e incluso el cáncer. Además, debido a que la vitamina C aumenta la absorción del hierro de los alimentos, se aconseja en caso de anemia ferropénica, acompañando a los alimentos ricos en hierro o a los suplementos de este mineral ya que esto acelera la recuperación. Propiedades de la Pitaya, pitahaya o fruta del dragón utilizados por los pobladores de la siguiente manera:

- La Pitahaya tiene acción antitumoral, antiinflamatoria y antioxidante.
- Beneficios y usos medicinales de la Pitahaya, pitaya o fruta del dragón.
- Retrasa el envejecimiento celular.
- Refuerza el sistema inmunológico.
- Estimula la producción de glóbulos blancos, rojos y plaquetas.

- Puede prevenir la arterioesclerosis.
- Nos ayudan a regular el tránsito intestinal.
- Reduce el riesgo de padecer infarto cerebral y cardíaco.

2.8 Propiedades alimentarias

El fruto, por su presentación y color se presta muy bien para confeccionar arreglos frutales. La pulpa en pedazos es un buen complemento en ensaladas de frutas y por su color es una gran alternativa para cocteles vistosos. (23) El fruto de la pitahaya se consume principalmente fresco; también puede utilizarse en cocteles, refrescos, dulces, jugos, jaleas, nieves y vinos. Las semillas contienen un aceite de efectos laxantes y ayudan al buen funcionamiento del aparato digestivo. La pulpa contiene una sustancia llamada captina que actúa como tónico del corazón y calmante de los nervios.

Se trata de una hortaliza que presenta un bajo aporte calórico debido al alto contenido de agua, se desarrolla de manera óptima en climas templados. El desarrollo de esta planta lleva dos etapas, la primera en la que se desarrollan el follaje y sus raíces carnosas y la segunda, es la etapa reproductiva, en la que se desarrollan las flores, frutos y semillas.

2.9 Actividad antioxidante de la pitahaya

Las antocianinas, carotenoides, flavonoides y vitaminas, son los antioxidantes de origen vegetal más importantes y pueden encontrarse en productos como tomate, uvas, zanahorias, mango, brócoli, aguacate, melón; los mismos que muestran un amplio espectro de funciones biológicas una vez que son consumidos en la dieta diaria de las personas (Barreto Aguilar, 2021). Los compuestos antioxidantes son capaces de prevenir y mitigar los daños causados en tejido humano por el efecto oxidación fisiológica normal (Arévalo Cotrina, 2021). La actividad antioxidante es valiosa para prever el potencial antioxidante in vitro de los mismos antes de ser ingeridos; así mismo, nos permite determinar la protección frente

a la oxidación y el deterioro del alimento que disminuye su calidad y valor nutricional (Castro Delgado de Asenjo & Velasquez Garcia, 2022). La determinación de la actividad antioxidante se basan en distintos sistemas productores de radicales libres. Estos radicales reaccionan con la matriz bajo estudio y en el grado de la capacidad antioxidante de esta se inhibiría la generación de los radicales libres formados. Por lo tanto, lo que se en verdad se determina es el efecto antioxidante una vez que la actividad antioxidante no se puede medir de forma directa (Arévalo Cotrina, 2021). Idealmente sería mejor medir la actividad antioxidante de cada componente presente en cada matriz alimentaria por separado en el caso de muestras naturales, sin embargo es difícil determinar el número y concentración de los compuestos antioxidantes presentes en las mismas (Vizueté, Mendoza, Palacios, & Larreta, 2022). El consumo de frutas y verduras, se asocia a la protección contra enfermedades, tales como enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, inclusive el cáncer (Huamani Mora & Paucar Capia, 2018). La actividad propiamente dicha es atribuida a los diferentes antioxidantes contenidos en los mismos, como vitamina C, vitamina E, β -caroteno, y también debido a otros compuestos como polifenoles y flavonoides (flavonas, isoflavonas, catequinas), que incluidos dentro de la dieta manifiestan una fuerte capacidad antioxidante (Figuerola Díaz, 2017). Razón por la cual es imperativo determinar la capacidad antioxidante tanto de diferentes frutas y vegetales (Díaz, Torres, Serna, & Sotelo, 2017).

Los antioxidantes según (Aguilar & Quintana, 2020) son nutrientes capaces de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, sin perder su estabilidad electroquímica. Intervienen dotando de electrones y evitando que los radicales libres afecten directamente a las células. Los antioxidantes utilizados en alimentos, previenen o inhiben el desarrollo de la rancidez o la aparición de otros compuestos de deterioro debido a la oxidación (Velasco, Vidal, Guevara, Carranza, & Beltrán, 2012).

La actividad antioxidante en productos de origen vegetal presentes en bajas concentraciones, comparada el sustrato oxidable disminuyen significativamente o inhiben la oxidación de un sustrato (M. Enríquez & Lopez).

Hoy por hoy, la mayor parte de los antioxidantes usados para fines medicinales se fabrican sintéticamente. Varios antioxidantes sintéticos son comercialmente accesibles, pero a la vez pueden ser tóxicos, por lo tanto, es muy importante encontrar y desarrollar una nueva técnica y segura para determinación de antioxidantes de origen natural (Jami Campués, 2020).

Los polifenoles representan uno de los principales compuestos con actividad antioxidante, y se encuentran presentes principalmente en plantas y alimentos. También, los flavonoides, son un tipo de 25 diferentes polifenoles que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y son sustancias que manifiestan una potente actividad antioxidante (Duran Yunga, 2020). Algunos polifenoles se encuentran sólo en determinados tipos de alimentos (flavonoides en cítricos, isoflavonas en soya), pero hay otros como la quercetina que se puede encontrar en una gran variedad de plantas (frutas, verduras, cereales, leguminosas, té, vino). Los alimentos contienen una mezcla de polifenoles y el contenido de éstos en una planta depende de algunos factores ambientales como la luz, el grado de madurez o grado de conservación, así como también del clima entre otros factores agronómicos. El té, el vino y el cacao, son alimentos muy ricos en polifenoles, los cuales constituyen una buena fuente de defensa antioxidante (Coral Caycho, 2021). Los antioxidantes considerados beneficiosos pueden clasificarse como endógenos, que son los que produce nuestro propio organismo y antioxidantes naturales, que son los que están presentes en varias sustancias o alimentos como vitaminas, minerales y enzimas. Según corresponda cada uno de ellos se encarga de prevenir, impedir o disminuir la destrucción celular y a la vez aportar un alto porcentaje en nutrientes dentro del organismo, lo que coadyuvará a mantener la salud de las personas en buen estado (Alvarado Román & González Valencia, 2022).

2.9.1 Tipos de antioxidantes.

Dependiendo de sus características existen diferentes tipos de antioxidantes, que poseen una función en particular en las células. Los hay solubles en agua y solubles en

grasas, es importante asegurarnos que ingerimos antioxidantes de los dos tipos, para garantizar una mejor protección de la membrana celular (Díaz Trujillo & Villa Fonseca, 2021). Si una persona sana únicamente ingiere antioxidantes solubles en agua provenientes de la vitamina C, vitamina A, de frutas como la cereza, uva, kiwi o fibra, las membranas de estas células seguirán siendo indefensas a los radicales libres, protegiendo solo el interior de esta, pero dejándola indefensa en el exterior (Desiderio Hinojosa & González Imacaña, 2022).

Se clasifican los antioxidantes en dos grandes grupos: solubles en agua (hidrofilicos) y los solubles en grasa (hidrofóbicos), pero también se incluyen aquellos antioxidantes que el organismo humano produce de manera natural, es decir, sin necesidad de tener que ingerir de forma suplementaria o a través de cualquier alimento, así como los suplementos nutricionales con propiedades antioxidantes (Vizueté et al., 2022).

2.9.2. Antioxidantes primarios:

Los llamados antioxidantes primarios previenen la formación de nuevas ERO. Esto se consigue convirtiendo las ERO en moléculas menos perjudiciales, antes de que puedan reaccionar, o evitando su producción a partir de otras moléculas. En este grupo se destacan las siguientes enzimas: El glutatión peroxidasa (GPx), llamado así a una familia de enzimas con actividad peroxidasa. La GPx se define como una glicoproteína tetramérica que tiene como cofactor al selenio. En las células animales se encuentra en la matriz mitocondrial y en el citosol. Se han descrito isoformas de GPx, que difieren tanto en su ubicación como en su especificidad hacia el sustrato. La GPx fosfolípido hidroperóxido, tiene como función principal proteger al organismo contra la peroxidación lipídica a nivel de membranas y de las lipoproteínas de baja densidad (Pilco et al., 2023).

Coenzimas superóxido, que regulan la llegada de oxígeno a las células y así evitan una oxidación elevada de las células La catalasa, tiene la función de poder captar los radicales libres y convertirlos en agua y oxígeno, beneficiando así a las células, ácido úrico, tiene acción neuroprotectora ayudando a los daños inflamatorios del sistema

nervioso, funcionando dentro de la célula como antioxidante no enzimático capaz de aceptar los electrones perdidos por las moléculas (Coral Caycho, 2021).

2.9.3. Antioxidantes secundarios:

Ejemplos de ellos tenemos las vitamina E y C, β -caroteno y sustancias endógenas con capacidad antioxidante, entre las cuales se encuentran glutatión urato, bilirrubina y ubiquinona. Los antioxidantes secundarios capturan los radicales y evitan las reacciones en cadena (Vizúete et al., 2022).

2.9.4. Vitamina C.

Es un antioxidante bloqueador de los radicales libres aportando los nutrientes para reparar los daños causados por los mismos, ellos según se ha demostrado hasta ahora se activan cuando a nivel celular el organismo descompone el alimento, o cuando se absorbe el humo del tabaco o se está expuesto a diferentes tipos de radiación (Arévalo Cotrina, 2021). “Al acumularse en el organismo y no poder eliminarlos son los elementos fundamentales que permiten el desarrollo de la gran mayoría de las diferentes variantes del cáncer y otras enfermedades del ser humano” (Jami Campués, 2020). La vitamina C, es una de las vitaminas hidrosolubles más importante con actividad antioxidante, se degrada fácilmente por cambios de temperatura, radiación y alta concentración de oxígeno. Esta vitamina se encuentra biodisponible en frutas, hortalizas, zumos y alimentos fortificados. La mayor actividad biológica se debe a su estructura en forma de ácido ascórbico, no obstante, también puede estar presente el ácido dehidroascórbico, el cual se produce por el estrés oxidativo que se presenta en la fruta. El poder antioxidante se debe principalmente a la alta capacidad de donar un electrón y poder regresar a su forma reducida, la cual es su forma más activa (Arévalo Cotrina, 2021). La importancia de esta vitamina radica en su capacidad de fortalecer el sistema inmune y en requerirse para la síntesis de colágeno, porque se considera un nutriente esencial para los humanos. Además, tiene un efecto protector en la oxidación celular y es capaz de reducir el número de radicales libres producidos durante procesos metabólicos (Castro Delgado de Asenjo & Velasquez Garcia, 2022). La vitamina C es un importante antioxidante hidrosoluble intracelular por su gran capacidad para donar electrones. Su deficiencia se conoce como escorbuto y se asocia a una mayor susceptibilidad a infecciones, debilidad muscular y fatiga. En niños puede causar anormalidades y hemorragias óseas (Yapias, Astete, Uscuchagua, & Sánchez, 2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El Cantón Palora se encuentra ubicado entre los ríos Palora y Pastaza, al noroccidente de la provincia de Morona Santiago, Ecuador. Las finca en donde se realizó la toma de muestras de pitahaya cuentan con una extensión de 2 hectáreas, y está ubicada en la parroquia Arapicos, a 30 minutos de la cabecera cantonal, en coordenadas geográficas 1° 51' 29.772" Latitud Sur, 77° 57' 30.314" Longitud Oeste, a una altura entre 850- 950 m.s.n.m. El clima es tropical húmedo con humedades relativas superiores al 80 %, la temperatura fluctúa entre 18 y 23 °C, que son consideradas condiciones climatológicas propicias para el cultivo y producción de la fruta. Se tomaron las muestras de 5 fincas en referencia a la información facilitada por el Ministerio de Industrias y Productividad de acuerdo a su base de datos y registro de la provincia (Santana et al., 2020).

3.1 Tipo de investigación

La evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivada en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago es una investigación de tipo experimental con enfoque cuantitativo. La recolección de datos se fundamenta en la medición de variables como pH, cenizas, humedad, cenizas y contenido material graso y finalmente la capacidad antioxidante.

3.2 Población o muestra:

Las Para la recolección de muestras se realizó siguiendo los lineamientos de la norma informe de la 38^a reunión del comité del CODEX sobre métodos de análisis y toma de muestras. Las muestras se tomaron in situ en las localizaciones detalladas en la Tabla 5.

Tabla 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

| Código de muestra | Finca | Ubicación geográfica* |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| UTA-FISEI-PC-A | FINCA JERLY CIELO ABIERTO | 1.7254918, 77.9692938 |
| UTA-FISEI-PC-B | FINCA JERLY INVERNADERO | 1.7254918, 77.9692938 |
| UTA-FISEI-PC-C | FINCA SAN FRANCISCO | 1.7099360, 77.9819598 |
| UTA-FISEI-PC-D | FINCA MILIAN | 1.7345445, 77.9532434 |
| UTA-FISEI-PC-E | FINCA SANGAY | 1.7199965, 78.0228149 |

*El sistema de coordenadas corresponde al Sistema Universal Transversal del Mercator 1940 (UTM), expresadas en metros al nivel del mar.

Figura 3. Medición de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla



3.3 Prueba de Hipótesis

Los datos son analizados a través de un diseño experimental completamente al azar mediante el análisis ANOVA con pruebas de Tukey para encontrar la significancia entre los puntos de muestreo y con una prueba T para identificar si hay significancia con los datos bibliográficos reportados. Los datos obtenidos se compararon con resultados de investigaciones publicadas.

3.3.1 Hipótesis alternativa

La capacidad antioxidante muestra igual tasa de inhibición o reducción de radicales con el método DPPH entre productores de pitahaya de distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

3.3.2 Hipótesis nula

La capacidad antioxidante muestra una diferente tasa de inhibición o reducción de radicales con el método DPPH entre productores de pitahaya de distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago

3.4 Recolección de información:

Tratándose de una investigación experimental, para la ejecución de los objetivos planteados se utilizaron fichas de observación y cadenas de custodia para la recolección de datos en las etapas de la investigación, desde la toma de muestras donde se registraron datos como el nombre del cantón, provincia, tipo de residuo, número total de plantas por hectárea entre otros datos necesarios para el desarrollo de la evaluación del análisis bromatológico y capacidad antioxidante de las frutas de pitahaya recolectadas en diferentes puntos, como también las características fisicoquímicas y proximales para pitahaya (*S. megalanthus*), principalmente determinación de la humedad, cenizas, proteína, sólidos solubles, y grasa.

3.5 Equipos, Materiales y Metodología

Para la determinación de estos parámetros se utilizó la siguiente metodología experimental:

Preparación del material vegetal

Inicialmente, se procede a lavar las muestras recolectadas con agua para eliminar los residuos de impurezas. A continuación, se procede a extraer la pulpa utilizando un procesador industrial de laboratorio.

Finalmente, las muestras de pulpa obtenidas son almacenadas en viales color ámbar estériles correctamente codificadas, para su posterior análisis.

Tabla 6. Equipos y materiales para la recolección de muestras de pitahaya

| Equipos | Materiales |
|------------------|--------------------------------|
| Balanza portátil | Fundas plásticas de basura |
| GPS | Esferos |
| Cámara | Etiquetas |
| | Cinta de embalaje transparente |
| | Tijeras |
| | Hojas de campo |
| | Guantes |
| | Mascarilla |

Figura 4. Preparación del material vegetal para la determinación de los descriptores físicos de la pitahaya amarilla.



Tabla 7. Equipos, materiales y reactivos para el pretratamiento de muestras de pitahaya

| Equipos | Materiales | Reactivos |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Licadora Osterizer | Viales Agilent Technology (10 mL) | Agua destilada |
| Molino de piedra | Fundas ziploc | |
| Estufa Cámara | tijeras guantes masking | |

Determinación de Humedad

La humedad se define como la cantidad de agua presente en los alimentos; sin embargo la técnica analítica que determina el contenido de humedad, comúnmente llevada a cabo la mayoría de laboratorios, es por secado de la muestra en estufa donde el aire normalmente circule a temperaturas mayores o iguales a 100 °C, lo que significa que todos los componentes que se volatilicen en el punto de ebullición

del agua serán eliminados también al ambiente (Estévez, 2011). Para la determinación de la humedad en las muestras se utilizó el equipo (Mettler Toledo HX204 Maisture Analyzer), donde se pesó aproximadamente 3 g de la muestra previamente cortada en pequeñas partes para su análisis. El análisis de cada muestra se realizó por duplicado.

$$\%Humedad = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Donde:

m_1 = masa del crisol vacío previamente tarado.

m_2 = masa del crisol + 3 g de muestra

m_3 = masa del crisol más la muestra una vez que sale de la estufa.

Tabla 8. Equipos y materiales para la determinación de humedad de la pulpa de pitahaya amarilla

| Equipos | Materiales |
|--|-------------------|
| Balanza infrarroja Mettler Toledo HX204 Maisture Analyzer | Espátula |
| Estufa HASUC | Papel Absorbente |
| | Vidrio reloj |

Figura 5. Determinación del porcentaje de Humedad de la pitahaya amarilla



Determinación de pH

Se pesaron 10 g de muestra de pulpa de pitahaya y se licuaron con 60 mL de agua destilada en una licuadora (Osterizer). Posteriormente, se colocó la muestra licuada en vasos de precipitación de 100 mL y se midió el pH con un potenciómetro (Mettler Toledo SevenCompact). El análisis de cada muestra se realizó por duplicado.

Tabla 9. Materiales, equipos y reactivos para la determinación de pH del zumo de pitahaya amarilla.

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|--|---|----------------------|
| Vaso de precipitación de 100 mL ± 10 | Potenciómetro Mettler Toledo Seven Compacta pH 4 y 7. ± 0.002 . ± 2000.0 mV. ± 0.2 mV ó ± 0.05 % de lectura | Solución Tampón pH 7 |
| Varillas de vidrio | | Solución Tampón pH 4 |

Figura 6. Determinación del potencial de Hidrógeno de la pitahaya amarilla.



Contenido proteico

La determinación de proteína se llevó a cabo por el método AOAC 2001.11. Para ello se realizó la preparación de la muestra, la cual consistía en pesar aproximadamente 1,000 g de muestra sobre los tubos de digestión, junto con una tableta de digestión Kjeldahl y 15 ml de ácido sulfúrico al 95%. Los tubos de digestión se introdujeron en el digestor (Kjeldahl Labconco) por 1 hora. Realizada la reacción de digestión se esperó que los tubos estén a temperatura ambiente, para añadir 70 ml de agua destilada en cada uno de los tubos.

Posterior a ello, se embocó el tubo de digestión y un matraz Erlenmeyer que contenía 30 ml de ácido bórico al 4% en el destilador de nitrógeno (destilador micro Kjeldahl, Labconco); para llevarse a cabo la destilación de nitrógeno amoniacal. La destilación se llevó a cabo en 3 tiempos, primero se absorbió hidróxido de sodio al 40% por 5 segundos, luego se programó para el tiempo de reacción en 10 segundos y tiempo de destilación en 390 segundos con una salida de vapor de 100% hasta que se obtuvo un volumen aproximado de 50 ml en el matraz. Por último, se realiza un lavado con agua destilada después de cada muestra por 280 segundos.

Finalmente, el contenido del matraz Erlenmeyer se tituló con ácido clorhídrico 0,0946 N previamente valorado hasta que se viró la coloración de verde a fucsia. El cálculo del porcentaje de cloruros se realizó mediante la Ecuación 1.

$$\% \text{ Proteína} = 6,25 * 14,007 * \left[\frac{(V_{HCl} * N_{HCl})}{P} \right] * 100$$

Dónde: 6,25: Factor proteínico

Tabla 10. Reactivos y materiales para la determinación de proteína de la pulpa de pitahaya amarilla

| Reactivos | Materiales |
|--|--------------------------------|
| Pastillas Kjeldahl MERCK | Digestor y destilador Kjeldhal |
| Sulfato de potasio 98% K_2SO_4 | Matraz Kjeldahl 100 mL |
| Parafina | Erlenmeyer 250 mL \pm 2.5 mL |
| Hidróxido de sodio 40% Na(OH) | Perlas de ebullición |
| Sulfato de sodio 40% Na_2SO_4 | |
| Solución indicadora de ácido bórico H_3BO_3 | |
| Rojo de metilo al 0.1 % $C_{15}H_{15}N_3O_2$ | |
| Verde bromocresol $C_{21}H_{14}Br_4O_5S$ | |
| Ácido bórico H_3BO_3 | |
| Ácido clorhídrico 0,0946 N | |
| Ácido sulfúrico al 96% EMSURE | |

Figura 7. Determinación de proteína de la pulpa de pitahaya amarilla



Contenido de Grasa Total

Se basó en el método AOAC 991.36, para ello se pesó de 8 a 10 g de cada muestra en cápsulas previamente taradas, se colocaron los crisoles en una estufa (HASUC) a 105°C por 1 hora para eliminar el agua contenida en la muestra de pulpa de pitahaya. Se empleó el equipo (VELP SCIENTIFICA, SER 148) para la extracción de grasa total, se colocó la muestra en los dedales y sobre ella se colocó algodón. Se colocaron 50 mL de hexano de grado reactivo en vasos (VELP SCIENTIFICA) y la extracción se efectuó durante 6 horas 30 minutos. El tiempo de extracción consistió en 3 horas de calentamiento, 3 horas de lavado y 30 minutos de recuperación del solvente.

Los vasos (VELP SCIENTIFICA) se colocaron en la estufa (HASUC) a 105°C por 1 hora para eliminar completamente el solvente. Se colocó en el desecador y se registró su peso. El cálculo del porcentaje de grasa total se realizó mediante la Ec. 2.

$$\% \text{ Grasa Total} = \left[\frac{(PC - C)}{P} \right] * 100$$

Dónde:

PC: Peso final (Peso del vaso después de la extracción sin solvente) (g)

C: Peso del vaso tarado (g)

P: Peso de la muestra (g)

Tabla 11. Materiales, equipos y reactivos para la determinación de grasa total de la pulpa de pitahaya amarilla.

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|---|-----------------|--------------------------------------|
| Desecador | Estufa HASUC | n-Hexano ACS FISHER SCIENTIFIC |
| Dedales de celulosa Whatman 10 μ m (33 x 80 mm) | | |
| Aparato de Soxhlet | | |
| Rotavapor EYELA | | |

Figura 8. Determinación de grasa total de la pulpa de pitahaya amarilla



Acidez titulable

Para la determinación de acidez titulable se pesaron 10 g de muestra de pulpa de pitahaya y se licuaron con 60 mL de agua destilada en una licuadora (Osterizer). Se colocó la muestra licuada en los vasos porta muestra del titulador automático (Mettler Toledo G20 Compact Titrator), el equipo se encargó de realizar la titulación con hidróxido de sodio 0,1 N y empleando 0,5 mL de fenolftaleína como indicador. El

análisis de cada muestra se realizó por duplicado. El cálculo del porcentaje de ácido láctico se realizó mediante la Ecuación 4.

$$\% \text{ Ácido cítrico} = 0,09 * 1,01 * \left[\frac{(V_{NaOH} * N_{NaOH})}{P} \right] * 100$$

Dónde:

0,09: Factor del peso equivalente del ácido cítrico

1,01: Factor de dilución

V_{NaOH}: Volumen de hidróxido de sodio titulado (ml)

N_{NaOH}: Concentración normal de hidróxido de sodio

P: Peso de la muestra (g)

Tabla 12. Materiales y equipos para la determinación acidez titulable en zumo de pitahaya amarilla.

| Materiales y reactivos | Equipos |
|----------------------------------|------------------------------|
| Hidróxido de sodio EMSURE | Titulador automático Mettler |
| Fenolftaleína | Toledo G20 Compact Titrator |
| Matraz erlenmeyer 250 mL. | |
| Embudo Buchner | |
| Crisol de filtración | |
| Papel Filtro | |
| Desecador | |

Figura 9. Determinación acidez titulable en zumo de pitahaya amarilla



Determinación de cenizas

Cenizas se refiere al residuo inorgánico que se mantiene, después de la calcinación o tras la oxidación completa de la materia orgánica en un comestible (UNAM, 2008). La determinación de cenizas se realizó según el método AOAC 39.1.09 que consistió en pesar aproximadamente 3 g de cada muestra en crisoles previamente tarados, se colocaron los crisoles en una estufa (HASUC) a 105°C por 1 hora para eliminar el agua contenida en la muestra y luego se realizó la eliminación de compuestos orgánicos de la muestra y oxidación de sustancias minerales mediante su calcinación por vía seca en la mufla (Nabertherm) a una temperatura de 550 ± 5°C por 4 horas, se los colocó en un desecador hasta que llegaron a temperatura ambiente y se registró su peso final. El análisis de cada muestra se realizó por duplicado. El cálculo del porcentaje de cenizas se determina mediante la Ecuación 1.

$$\% \text{ Cenizas} = \left[\frac{(PC - C)}{P} \right] * 100$$

Dónde:

PC: Peso final (Peso del crisol después de la calcinación) (g)

C: Peso del crisol tarado (g)

P: Peso de la muestra (g)

Tabla 13. Materiales y equipos para la determinación de cenizas de la pulpa de pitahaya amarilla

| Materiales | Equipos |
|-------------------|-------------------------------|
| Crisol | Mufla Nabertherm-550°C ± 1 °C |
| | Desecador |

Figura 10. Determinación ceniza de pitahaya amarilla



Determinación de los sólidos solubles

Los ° Brix, los cuales se cuantifican con un refractómetro, sirven para determinar la cantidad de sólidos solubles (generalmente azúcares) disueltos en un líquido. Se expresa como gramos de sólidos solubles disueltos por 100 gramos de disolución o fase líquida (FL).

Una vez determinados los ° Brix, los sólidos solubles por gramo de muestra (x_{ss}) se calculan a partir de la ecuación 1.

$$\frac{^{\circ}Brix}{100} = y_{ss} = \frac{x_{ss}}{x_w + x_{ss}}$$

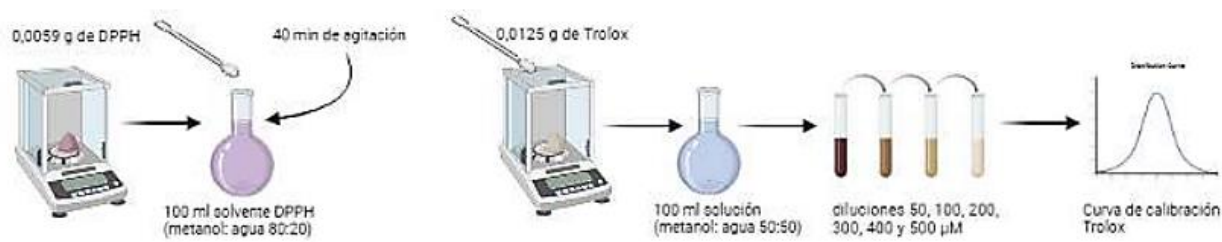
Donde, y_{ss} son los gramos de sólidos solubles por gramo de fase líquida.

Determinación de capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) que permite la captación de radicales libres, usando una micro placa de 96 pocillos usando como base la metodología descrita por Pacheco, Moreno, and Villamiel (2019) con algunas modificaciones.

Figura 11. Determinación capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

Proceso de preparación de reactivo DPPH y estándar Trolox.



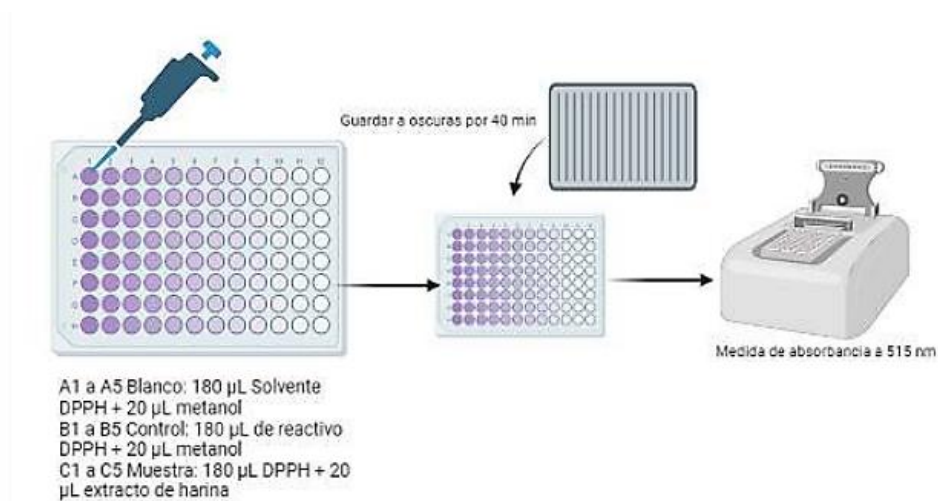
Preparación del reactivo DPPH y Trolox

Se realizó una solución madre del reactivo DPPH para la cual, se pesó 0,0059 g de DPPH, y se disolvieron en 100 ml de una solución previamente preparada de metanol – agua en una relación de 80:20 (solvente de DPPH), la solución se cubrió con papel aluminio para evitar el contacto con la luz y se agito por 40 minutos. El estándar utilizado fue Trolox a una concentración de 500 µM, para la preparación de Trolox se pesó 0,0125 g de Trolox, mismo que se disolvió en 100 ml de una solución previamente preparada de metanol- agua 24 en una relación de 50:50. Con la solución madre ya preparada se procedió a realizar diferentes diluciones con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400 y 500 µM con lo que se obtuvo la curva de calibración.

Evaluación de la capacidad antioxidante

Para la evaluación de la actividad antioxidante se usó un blanco, un control y el extracto los cuales fueron preparados de la siguiente manera: Blanco: 180 μL Solvente DPPH (metanol-agua 80:20) + 20 μL metanol (Solvente muestra) Control: 180 μL de reactivo DPPH + 20 μL metanol (solvente muestra) Extracto: 180 μL DPPH + 20 μL extracto de la muestra (depende de la muestra a analizar). Además, se usó una placa multipocillos para la medición de las absorbancias en un espectrofotómetro FISHER SCIENTIFIC, lo primero que se realizó fue preparar la placa de 96 pocillos, donde los pocillos A1 hasta A5 contenían el blanco, los pocillos B1 hasta B5 contenían el control y los pocillos C1 a C5 contenían el reactivo DPPH con el extracto a analizar, una vez lista la placa se tapó con papel aluminio y se guardó bajo condiciones de oscuridad a temperatura ambiente por 40 minutos. Finalmente transcurridos los 40 minutos se procedió a medir la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm, se realizó 5 réplicas por extracto.

Figura 12. Determinación de capacidad antioxidante ensayo DPPH



Cálculo del porcentaje de inhibición de DPPH

El porcentaje de inhibición de DPPH se calculó con la ecuación 1.

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = [1 - (\frac{Am}{Ac} - \frac{Ab}{Ac})] \times 100$$

Donde:

Am: Absorbancia de la muestra

Ab: Absorbancia del blanco

Ac: Absorbancia del control

Tabla 14. Materiales y equipos para la determinación de capacidad antioxidante de la pitahaya amarilla

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|--------------------------------|--|---|
| Placa multiposillos 96 puestos | espectrofotómetro FISHER SCIENTIFIC | Metanol p.a |
| | Pipetas automáticas 2 uL, 20 uL marca Ependorf | 2.2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) 95%, marca SRLCHEM |
| | | Trolox, SC-200810, Santa Cruz bitechnology |

Figura 13. Cálculo del porcentaje de inhibición de DPPH



Tipos de variables

- **Variable independiente**

Ubicación del cultivo de pitahaya en comunidades de Palora, Morona Santiago

- **Variable dependiente o variable respuesta**

Capacidad antioxidante del zumo de pitahaya

3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos de la actividad antioxidante y absorbancias, para lo cual se utilizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 95%, $p < 0.05$, con el fin de identificar la variación existente en cada una de las réplicas realizadas, se usó el paquete estadístico InfoStat.

3.6.1. Factores de estudio

Para esta investigación se utilizaron los siguientes factores de estudio:

Factor A: Cultivo

P= Pitahaya

Factor B: Fincas de producción de pitahaya del Cantón Palora de mayor producción de la provincia de Morona Santiago

Para el cultivo de pitahaya: Finca Jerly (Cielo abierto), Finca Jerly (invernadero), Finca San Francisco, Finca Milian y Finca Sangay.

3.6.2. Tratamientos

Los tratamientos utilizados resultaron de la combinación de los factores de estudio y se los resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 15. Tratamientos de la investigación

| No. TRATAMIENTO | SIMBOLOGÍA | DESCRIPCIÓN |
|-----------------|------------|---|
| 1 | PA | Cultivo de pitahaya Finca Jerly (Cielo abierto) |
| 2 | PB | Cultivo de pitahaya Finca Jerly (invernadero) |
| 3 | PC | Cultivo de pitahaya Finca San Francisco |
| 4 | PD | Cultivo de pitahaya Finca Milian |
| 5 | PD | Cultivo de pitahaya Finca Sangay |

3.6.3. Diseño experimental y análisis estadístico

El propósito de este estudio fue evaluar las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivada en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

El diseño que se utilizó en la presente investigación fue completamente al azar y se realizó el análisis de varianza ADEVA, en donde se evaluó la influencia que tiene cada factor sobre las variables y evaluar las interacciones entre cultivos y localidades investigadas. Se utilizó la prueba de comparación de Tukey, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (Gutiérrez, et al. 2008).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos producto de la investigación se muestran y se explican en el presente capítulo con su respectiva discusión.

4.1 Preparación y parámetros de control del fruto de pitahaya amarilla

Para el análisis de los descriptores físicos o morfológicos se pesó el fruto entero y se midió el eje polar y eje ecuatorial con un calibrador, además se determinó. Luego, se apartan tanto la pulpa del endocarpio y la cáscara para pesar ambos componentes y posteriormente se es determinado el porcentaje de pulpa, la cual incluyó la epidermis y el porcentaje de endocarpio, además se calculó la relación para el rendimiento entre cáscara/pulpa (Gómez & Rangel, 2023).

Tabla 16. Descriptores físicos de la pitahaya amarilla

| | | Código de la muestra | | | | | |
|---------------|--|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Característica | Unidad | UTA- FISEI-PC- A | UTA- FISEI-PC- B | UTA- FISEI-PC- C | UTA- FISEI-PC- D | UTA- FISEI-PC- E |
| Cuantitativos | Peso del Fruto | | 261,8±2,5 | 262,8±2,5 | 264,8±2,5 | 305,13±2,5 | 262,9±2,5 |
| | Peso de la cascara | g | 91,7±3,1 | 91,2±3,1 | 88,1±3,1 | 76,40±3,1 | 88,4±3,1 |
| | Peso de la pulpa | | 168,2±4,8 | 169,2±4,8 | 173,7±4,8 | 227,59±4,8 | 172,5±4,8 |
| | % de la pulpa | % | 64,2±1,4 | 64,4±1,4 | 65,8±1,4 | 65,6±1,4 | 65,6±1,4 |
| | % de cascara | | 54,6±3,2 | 54,0±3,2 | 50,8±3,2 | 51,7±3,2 | 51,3±3,2 |
| | Relación cascara/pulpa | - | 0,90±0,04 | 0,80±0,04 | 0,80±0,04 | 0,80±0,04 | 0,80±0,04 |
| | Eje polar | cm | 86,3±2,4 | 84,2±2,4 | 84,0±2,4 | 102,1±2,4 | 85,7±2,4 |
| | Eje ecuatorial | | 76,9±2,2 | 77,2±2,2 | 75,8±2,2 | 77,86±2,2 | 77,5±2,2 |
| | Relación eje polar/eje ecuatorial | - | 1,1±0,05 | 1,1±0,05 | 1,1±0,05 | 1,1±0,05 | 1,1±0,05 |

Con relación a los descriptores morfológicos o físicos del fruto de la pitahaya amarilla estudiado de las localidades de Palora, Morona Santiago, se puede apreciar que en el variable peso de fruto existió un incremento conforme avanza el estado de maduración. En estudios realizados con el mismo ecotipo se ha reportado un peso de 331.60 g (Vásquez-Castillo et al., 2016) en una fruta cosechada en estado 5; este valor es menor a lo reportado en este estudio en el mismo estado (392,93 g). Campos-Rojas et al. (2011) mencionan que las pitahayas amarillas presentan un tamaño intermedio en comparación a las rojas, que va entre 350 y 469 g en México (Centurión et al., 2008), de 415 a 534 g en Brasil (Brunini y Cardoso, 2011), de 425 a 550 g en Israel (Nerd et al., 1999), y de 141 a 397 g en Florida EE. UU. (Crane y Balerdi, 2005). El porcentaje de pulpa aumentó de manera acelerada desde el estado 0 al 6 llegando a 66.60 %, resultado que supera al reportado por Cañar et al. (2014) con un valor de 62.64 % para pitahayas amarillas con madurez comercial. Esta tendencia también se observa en estudios realizados por Centurión et al., (2008), donde mencionan que durante el cambio en color ocurre una importante acumulación de la porción comestible (pulpa) del fruto, y una disminución de la proporción cáscara cuyo mecanismo metabólico aún no se ha determinado. Por otro lado, el porcentaje de cáscara fue menor en el estado 6 comparado con el estado 1, resultados con valores cercanos a los reportados por Guerrero (2014) quien reportó que la fruta en estado 0 obtuvo 54.60 %; mientras que en estado 6 obtuvo 41.20 %. En pitahaya roja, Nerd et al. (1999) mencionan que este porcentaje disminuye de 57.50 a 32.50 % de fruta inmadura a madura. La firmeza de la pulpa disminuye mientras avanza la madurez del fruto, la firmeza de los frutos representa el 79 % de la consistencia inicial, valor superior a los reportados por Guerrero (2014) y Centurión et al. (2008), quienes manifiestan que la firmeza de los frutos al final de la evaluación representó el 35.20 y 67 % de la consistencia inicial, respectivamente. La reducción de la firmeza en los frutos durante la maduración posiblemente se debe a la degradación de las paredes celulares, que contienen sustancias pépticas, provocando disminución de la rigidez y debilitamiento de la adhesión intercelular (Brummell, 2006).

Las relaciones presentadas proporcionan información sobre la forma del fruto, una característica importante para la comercialización, en el caso de la pitahaya amarilla que reportan preferencias por frutos redondos y ovoides.

Determinación de los parámetros físico-químicos.

Los parámetros físico-químicos y bromatológicos de la pitahaya permiten se realizan sobre las muestras recolectadas, por ello se requirió determinar la humedad, proteína bruta, grasa total, cenizas, acidez titulable, pH y sólidos solubles como grados Brix. En la siguiente tabla, se muestran los resultados del análisis sobre el fruto de la pitahaya.

Tabla 17. Resultados de los parámetros bromatológicos de las muestras de pitahaya amarilla

| Muestra | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasas Total (%) | Cenizas (%) | Acidez titulable cítrico (%) | pH | Sólidos solubles ° Brix |
|----------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|
| UTA-FISEI-PC-A | 83,715±1,450 | 0,546 | 0,491±0,036 | 0,368±0,020 | 0,129±0,017 | 4,965±0,007 | 21,450±0,161 |
| UTA-FISEI-PC-B | 82,275±0,827 | 0,669 | 0,505±0,076 | 0,242±0,012 | 0,102±0,012 | 4,940±0,014 | 23,085±0,088 |
| UTA-FISEI-PC-C | 80,760±0,255 | 0,659 | 0,324±0,085 | 0,523±0,068 | 0,113±0,003 | 4,970±0,014 | 20,155±0,272 |
| UTA-FISEI-PC-D | 81,515±1,563 | 0,640 | 0,432±0,046 | 0,436±0,079 | 0,120±0,008 | 5,010±0,071 | 21,650±0,796 |
| UTA-FISEI-PC-E | 79,905±0,290 | 0,658 | 0,449±0,081 | 0,443±0,024 | 0,104±0,009 | 5,055±0,474 | 22,915±0,380 |

Los valores corresponden a la media ± la desviación estándar

El contenido de sólidos solubles en la fruta de pitahaya amarilla presenta una concentración de entre 20,155 a 23,085 ° Brix, y se conoce que el contenido de sólidos solubles es una característica importante en los frutos de pitahaya, ya que este parámetro determina el grado de dulzura de los frutos (Esquivel & Araya, 2012), que concuerda con lo reportado por Vásquez-Castillo et al. (2016) quienes mencionan un valor de 20.10 °Brix en la fruta madura para el ecotipo Palora y 17.9 °Brix para el ecotipo Nacional. Las investigaciones realizadas indican la diferencia de contenido de azúcares entre las pitahayas amarillas y rojas, estas últimas presentan valores entre 12 y 13 °Brix (Samaniego Izurieta, 2022). El contenido de almidón y mucílagos de pulpa de pitahaya están directamente relacionados con el aumento en la cantidad de azúcares durante la maduración de los frutos de pitahaya y las condiciones climáticas y agronómicas (Pilco et al., 2023) mencionan que la pitahaya en verano alcanza un valor de 19.6 °Brix, mientras que en invierno el valor llega a 20.8 °Brix.

En lo correspondiente al parámetro químico de acidez titulable, esta se encuentra en un promedio de 0,104 a 0,129 como porcentaje de ácido cítrico, estos datos concuerdan con los expuestos (Apolinario Padilla & Romero Guzmán, 2022), que reportaron una acidez titulable de 0.12 % en frutos maduros, resultados similares al de este estudio. Se señaló que la acidez titulable disminuye en los últimos 5 días de maduración de los frutos; por lo tanto, la diferencia de solo un día entre cosechas puede generar diferencias de acidez (Rosa et al., 2021).

En lo correspondiente al pH esta entre 4,94 a 5,05; resultado que varía con lo reportado por (Díaz Trujillo & Villa Fonseca, 2021) con un pH de 4.05, mientras que fruta madura presenta un valor de 4.7 en la misma investigación.

El análisis bromatológico relacionado con el contenido de humedad (80,76-83,71%) y contenido de materia seca de entre 0,324 al 0,505 % permiten establecer una característica muy importante principalmente en el hecho de empezar programas agroindustriales que permiten procesos de conservación y manejo de la pulpa (Yapias et al., 2022). De acuerdo con las muestras de pitahaya analizado en el análisis bromatológico, la concentración de porcentaje de cenizas, grasa total, y proteína no presentaron diferencias significativas entre locaciones de cultivo de este fruto, al igual

que los datos obtenidos por (Jiménez-Esparza, González-Parra, Yanez-Yanes, Cruz-Tobar, & Villacís-Aldaz, 2017).

Actividad antioxidante evaluada por el método DPPH para la pitahaya amarilla

La actividad antioxidante de las muestras de pitahaya amarilla analizadas se cuantificó mediante el ensayo de DPPH, este ensayo se basa en la capacidad de eliminación de los radicales DPPH (Bobo-García et al., 2015).

Los resultados fueron expresados en porcentaje de inhibición de radicales posterior a la interacción de la muestra con el reactivo de 40 min de incubación en ausencia de luz, fue preparada una curva de calibración de Trolox que fue usada como punto de referencia ANEXO D, Figura D1, presentando la siguiente ecuación de la recta $y = 0,0014 x + 0,7097$ y con coeficiente de determinación de R^2 de 0,992 , criterio estadístico que indica la correspondencia entre dos variables, un valor cercano a 1 nos indica que se posee un modelo fiable para medir tendencias con un alto nivel de precisión.

Tabla 18. Porcentaje de inhibición de radicales DPPH de cada réplica realizada en el ensayo

| Código de muestra pitahaya | Réplica | Inhibición de radicales DPPH (%) |
|-----------------------------------|----------------|---|
| UTA-FISEI-PC-A | 1 | 29,8±3,4 |
| | 2 | 27,8±3,4 |
| | 3 | 28,9±3,4 |
| | 4 | 30,0±3,4 |
| | 5 | 28,7±3,4 |
| UTA-FISEI-PC-B | 1 | 29,8±3,4 |
| | 2 | 32,5±3,4 |
| | 3 | 31,3±3,4 |
| | 4 | 32,6±3,4 |
| | 5 | 31,8±3,4 |

| | | |
|----------------|---|----------|
| | 1 | 34,1±2,1 |
| | 2 | 33,9±2,1 |
| UTA-FISEI-PC-C | 3 | 33,5±2,1 |
| | 4 | 32,0±2,1 |
| | 5 | 33,1±2,1 |
| | 1 | 28,9±3,1 |
| | 2 | 29,4±3,1 |
| UTA-FISEI-PC-D | 3 | 29,2±3,1 |
| | 4 | 29,1±3,1 |
| | 5 | 29,8±3,1 |
| | 1 | 30,8±2,7 |
| | 2 | 31,1±2,7 |
| UTA-FISEI-PC-E | 3 | 30,9±2,7 |
| | 4 | 31,2±2,7 |
| | 5 | 29,9±2,7 |

Nota: Los resultados son los promedios ± desviación estándar

Los compuestos fenólicos son considerados los compuestos bioactivos principales relacionados con la capacidad antioxidante para la eliminación de radicales libres (Rodriguez & Iman, 2020), estos actúan en la regeneración de antioxidantes y protección celular tras el deterioro oxidativo. Correlacionando con investigaciones referentes a este parámetro, estas expresan que a mayor concentración de compuestos fenólicos denotan una relación directa con la actividad antioxidante. En la tabla 18 se presenta los porcentajes de inhibición de radicales DPPH calculados con la ecuación 1 en cada una de las muestras de pitahaya amarilla en las fincas productoras de este producto en la ciudad de Palora de la provincia de Morona Santiago, y en los resultados obtenidos se observa que los porcentajes de inhibición que la muestra al aire libre presenta una mayor capacidad antioxidante a comparación de la muestra de invernadero.

Generalmente el Coeficiente de inhibición (CI50) es cuantificado mediante el método de captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH•) en donde para esta investigación fueron: 11,086 ug/ml y 10,02 ug/ml siendo estas menores que el patrón de comparación que fue la vitamina C, el porcentaje de inhibición o estabilización fue de 93,6 y 95,9 % respectivamente, al comparar ambas cantidades se obtiene $p < 0,05$ lo cual indica que son estadísticamente diferentes. Se concluye que la pitahaya amarilla tienen capacidad antioxidante; siendo mayor en la roja que en la amarilla (Barreto Aguilar, 2021). Según lo reporta también Diaz en otra matriz del mismo tipo, se presentaron valores de capacidad antioxidante presente en pitahaya amarilla entre $75,95 \pm 12,31$ y $101,24 \pm 0,20$ $\mu\text{g mol g}^{-1}$ Trolox eq a comparación con otras variedades de pitahaya como blanca ($17,3$ $\mu\text{g mol g}^{-1}$ Trolox eq), roja (11 $\mu\text{g mol g}^{-1}$ Trolox eq) y cereza (12 $\mu\text{g mol g}^{-1}$ Trolox eq), y concordando que los datos pueden variar por diferentes factores ya sean variedad, condiciones climáticas, cultivo o el lugar de cosecha. Por otro lado, Beltrán-Orozco et al. (2009) encontraron un contenido de capacidad antioxidante que varió entre 11 y $17,3$ $\mu\text{mol g}^{-1}$ en las cuatro variedades de pitahaya (Ayala Villarreal, 2021).

En los extractos de pitahaya se encuentran principalmente compuestos fenólicos, principalmente flavonoides y antocianinas (Ruiz-Jiménez et al., 2019), compuestos que muestran una capacidad indiscutible en el proceso de captar radicales libres responsables del estrés oxidativo, esto le atribuye un efecto sumamente beneficioso en la prevención de enfermedades así por ejemplo: afecciones cardiovasculares, sistema circulatorio, cancerígenas y neurológicas entre las principales (Avila Salas & Gonzalo Huamancaja, 2020). En el mismo sentido, estas poseen actividades antiinflamatorias, antialérgica, antitrombótica, antimicrobiana y antineoplásica (Coral Caycho, 2021).

Hipótesis

Ho: Las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya cultivada en distintas localidades del cantón Palora de la provincia de Morona Santiago muestran diferencias significativas en la tasa de inhibición o reducción de radicales entre cultivos estudiados.

Hi: Las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya cultivada en distintas localidades del cantón Palora de la provincia de Morona Santiago, no muestran diferencias significativas en la tasa de inhibición o reducción de radicales entre cultivos estudiados.

Nivel de Significancia $\alpha = 0.05$

Estadístico de Prueba:

Se evidencia un resumen de los cálculos obtenidos después del análisis estadístico ANOVA, en el cual, se evidenció la existencia de diferencia significativa entre las absorbancias y porcentajes de inhibición de la capacidad oxidativa expresado en porcentaje de las muestras de pitahaya de localidades de Palora, provincia de Morona Santiago detallados en la Tabla 19.

Tabla 19. Resumen de los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA

| Muestra | Absorbancia | Inhibición de radicales DPPH (%) | μmol Equivalente Trolox/g |
|----------------|--------------------|---|--|
| UTA-FISEI-PC-A | 0,19 \pm 0,01 a | 24,29 \pm 3,47 a | 3,81 \pm 0,17 |
| UTA-FISEI-PC-B | 0,17 \pm 0,00 b | 18,61 \pm 2,12 b | 2,72 \pm 0,32 |
| UTA-FISEI-PC-C | 0,19 \pm 0,01 c | 24,29 \pm 3,47 c | 3,81 \pm 0,17 |
| UTA-FISEI-PC-D | 0,17 \pm 0,00 d | 18,61 \pm 2,12 d | 2,72 \pm 0,32 |
| UTA-FISEI-PC-E | 0,19 \pm 0,01 e | 24,29 \pm 3,47 e | 3,81 \pm 0,17 |

Los valores obtenidos son los promedios \pm desviación estándar de 5 réplicas en el caso de las absorbancias y porcentaje de Inhibición de radicales DPPH, también, las unidades de concentración μmol Equivalente Trolox/g estos promedios \pm desviación estándar de 2 réplicas seleccionadas. A y b, valores con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticamente significativas entre la absorbancia y la inhibición de radicales DPPH sobre la actividad antioxidante. Entonces realizó un análisis ANOVA con prueba de comparación múltiple Tukey ($p < 0,05$).

Con el análisis de varianza ANOVA y la prueba de rangos múltiples Tukey se demostró las diferencias estadísticas presentes entre las cinco matrices de fruto de pitahaya, siendo estas, la fincas a cielo abierto e invernadero, acerca de la capacidad antioxidante de estas matrices (porcentaje de inhibición de radicales DPPH) a un nivel de confianza del 95%, arrojando como resultado que la pitahaya de invernadero dispone de una mayor capacidad inhibitoria de radicales libres DPPH por su mayor contenido de compuestos fenólicos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones

- Se llevó a cabo la evaluación las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivada en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos de investigación planteados en este estudio.
- Se ejecutó la toma de muestra como primer objetivo, estableciendo un tamaño de muestra representativo escogiendo cinco fincas distribuidas de manera aleatoria en la localidad del cantón Palora, en la provincia de Morona Santiago, en donde se tomaron al azar material vegetal para la determinación de descriptores físicos de la pitahaya como son el peso del fruto, peso de la cáscara, peso de la pulpa y las relaciones entre estos descriptores.
- Para el segundo objetivo específico, al realizar las evaluaciones de las características físicas y morfológicas del fruto de pitahaya amarilla, los resultados del estudio muestran que el peso fresco de la fruta de pitahaya aumenta conforme avanza el desarrollo (maduración) del fruto, llegando a obtener un peso aceptable para el mercado de exportación. El fruto al maduro presenta menor firmeza de pulpa y acidez titulable, mayor contenido de sólidos solubles y pH. Por lo tanto, el fruto es un excelente producto para el consumo humano, así como también, para uso agroindustrial por el nivel de pulpa.

Debido a las características de la relación de humedad y materia seca se concluye que la pitahaya amarilla posee un potencial para procesos industriales que involucren el manejo de la fruta para pulpa o jugo; esto como procesos para la deshidratación, además de la disponibilidad de materia seca. También la relación directa entre los °Brix y peso del fruto, producido en Palora de Morona Santiago posee características sobresalientes para producción de frutos aptos como materia prima utilizada en la agroindustria.

La fruta de pitahaya por su contenido de vitamina C, bajo contenido graso, carbohidratos y agua aproximadamente en un 80%, se considera como alimento funcional y nutracéutico, y se puede considerar a su capacidad antioxidante el elemento más beneficioso, esto implica, también un alto contenido de ácidos grasos naturales, especialmente el ácido linoléico, además el aceite de sus semillas tiene un efecto laxante.

La determinación del contenido de agentes antioxidantes presentes en la pitahaya como bien se ha explicado, aplaca problemas digestivos, mejora el funcionamiento del tracto digestivo, ayuda a disminuir el colesterol en la sangre, lo que ayuda a estabilizar los niveles de azúcar en la sangre, previene la anemia ferropénica, reduce la presión arterial alta, disminuye los riesgos de sufrir un infarto cardíaco o cerebral, es ideal para dietas de pérdida de peso, alivia los síntomas de catarros y estados gripales, ayuda en la formación de glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, formación y mantenimiento óseo, cuenta con propiedades diuréticas, tiene propiedades cardiovasculares y reduce los niveles de ácido úrico.

5.2 Recomendaciones

Por las características morfológicas de la pitahaya amarilla al ser frutos redondos y ovoides permiten que el producto compita de mejor manera en el comercio mundial, pues presenta una mayor cantidad de pulpa. Por tal motivo, optar por genotipos con estas características va a hacer más accesible la fruta al mercado.

La caracterización bromatológica definen el carácter ácido de la fruta, además del sabor dulce por los altos niveles de los sólidos solubles, además, sus características organolépticas hacen que la industrialización del producto sea ampliado en el consumo de la fruta que puede ser en fresco y de igual manera procesada, se podría utilizar en la elaboración de helados, yogurt, mermelada, gelatina, jaleas, cócteles, energizantes, etc.

El deterioro de la fruta de pitahaya amarilla es una de las principales problemáticas que existe en el mercado local, entonces es recomendable realizar estudios posteriores en los cuales se controle los factores ambientales como temperatura, humedad relativa, y exposición directa a la luz solar.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Título

Determinar el contenido de componentes fenólicos presentes en el fruto de pitahaya amarilla presentes en diferentes cultivos del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

6.2. Descripción

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios o bioactivos de plantas, que están ampliamente distribuidos, estos influyen en el sabor, apariencia y valor nutricional de frutas y verduras (Gómez Maqueo, Escobedo Avellaneda, & Welti Chanes, 2020). La presencia de estos en las frutas y verduras incluidas en la dieta ayudan a mejorar la salud humana y la conservación de estos compuestos en los alimentos desde el punto de vista nutricional es de suma importancia (Wiktor, Mandal, Singh, & Pratap Singh, 2019). Diferentes estudios epidemiológicos han dejado en evidencia la correlación existente entre el alto consumo de frutas y verduras y la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles, se ha sugerido que estos beneficios se dan por la presencia de los compuestos fenólicos que son fitoquímicos antioxidantes por su potencial terapéutico dentro de las propiedades biológicas que poseen los compuestos fenólicos esta la actividad antioxidante, antiinflamatoria, reducción de estrés oxidativo, riesgo de obesidad y trastornos del síndrome metabólico que permiten la eliminación de especies reactivas de oxígeno (ROS) (de Araújo, de Paulo Farias, Neri Numa, & Pastore, 2021), que son los responsables de este tipo de enfermedades y con ello neutralizar los efectos negativos.

Los compuestos fenólicos son considerados el segundo grupo de compuestos orgánicos más importantes y abundantes en el reino vegetal, mismos que, cumplen con diferentes funciones tales como soporte estructural, protección contra la radiación UV, estrés biótico o abiótico, protección de patógenos, entre otras. Estos se sintetizan a

través de dos vías metabólicas principales que son la vía del ácido shikimico y la vía del ácido malónico, es importante mencionar que la vía del ácido shikimico es la responsable de la obtención de los precursores de la mayoría de los compuestos fenólicos existentes en vegetales (Vargas-Ramella et al., 2021).

Todos los compuestos fenólicos poseen al menos un anillo aromático con un grupo hidroxilo, se pueden clasificar en flavonoides y no flavonoides, donde los flavonoides son los compuestos más abundantes en frutas y verduras, representan casi dos tercios de los compuestos fenólicos dietéticos, dentro de la clasificación no flavonoides el grupo de mayor relevancia es el de los ácidos fenólicos al referirse a frutas, verduras y productos comestibles, estos ácidos representan casi un tercio de los compuestos fenólicos dietéticos, por lo cual, los flavonoides junto con los ácidos fenólicos son los compuestos fenólicos de mayor abundancia en los productos comestibles y los principales autores de los beneficios en la salud del ser humano (de la Rosa, Moreno Escamilla, Rodrigo-García, & Alvarez-Parrilla, 2019).

6.3. Desarrollo de la propuesta

6.3.1 Obtención de materia prima.

Los cultivos de pitahaya, se obtendrán de la ciudad de Palora, provincia de Morona Santiago, aproximadamente se tomarán 10 kg de cada cultivo. Este material vegetal será almacenado en fundas aislantes y trasladado a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB).

6.3.2 Preparación del material vegetal

Las matrices serán lavadas con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza presente en el cultivo posteriormente se pelarán y se cortarán en láminas de aproximadamente 2 mm de grosor, estas laminas serán sometidas a un proceso de choque térmico como pretratamiento con microondas a una potencia de 750 W por un tiempo de 20 segundos, posteriormente se colocarán las rodajas de los cultivos en agua fría por un tiempo de 20 a 30 segundos, según Torre and Covadonga (2002) y Cardona Serrate (2020) este

proceso permitirá evitar el pardeamiento generado por acción enzimática o química (no microbianas).

6.3.3 Obtención de extractos metanólicos

La obtención de los extractos metanólicos se realizará en base a la metodología de Dueñas, Martínez, Limón, Peñas, and Frías (2015), con ciertas modificaciones. Se pesará 10 g de cada una de las muestras y serán añadidas 250 ml de metanol al 99% y se dejará macerar por 24 horas, posteriormente se filtrará con una bomba al vacío y finalmente el extracto filtrado de pitahaya se someterá a un proceso que permita la evaporación del exceso de metanol, el cual se pretende realizar con la ayuda de un rotavapor, cada una de las muestras son sometidas a una velocidad de giro de 250 rpm y una temperatura de 64,7 °C, temperatura de ebullición de metanol, además, de una presión de 150 hPA , el extracto rota evaporado de cada muestra se almacenó en tubos Falcón de 50 ml a una temperatura de 4 °C hasta su análisis.

6.3.4 Determinación de compuestos fenólicos por HPLC

La determinación de compuestos fenólicos se llevará a cabo en base a la metodología descrita por Kardani, Gurav, Solanki, Patel, and Patel (2013), con algunas modificaciones. La cromatografía se realizará en un instrumento HPLC equipado con bomba Perkin Elmer serie 200, detector UV-Vis Perkin Elmer serie 200, automuestreador Perkin Elmer serie 200, degasificador Perkin Elmer serie 200, computador Dell Optiplex 755 y software Chromatostation. Purospher RP-18 endcapped C18 (250 mm x 4 mm diámetro interno y 5 µm de tamaño de partícula) será la fase estacionaria, se usó un inyector automático, un medidor de pH y un sonicador o agitador mecánico.

6.3.5. Preparación de las muestras y corrida en el cromatógrafo HPLC

Se pesan 3954,2 mg de frutos de muestras de pitahaya de diferentes fincas del cantón Palora, se aforan a 50 ml con Agua: Metanol a una relación de 9:10 v/v, se sonicar por 10 minutos y se filtran con un filtro de 0,22 µ y se obtiene la solución de la muestra, se

midió el pH de la solución con un pH metro, para conseguir el pH ácido de 3 se agregan ácido O-fosfórico, posteriormente esta solución será inyectada en el instrumento cromatográfico HPLC. La fase móvil es Agua: Acetonitrilo en una relación 90:10, la fase estacionaria usada será una columna C18 con un tamaño de partícula de 5 µm, se inyectan 50 µL de solución muestra de los extractos de pitahaya, se confirma que el pH se encuentre a un nivel de 3, con un volumen de flujo de 0,5 ml/min a temperatura ambiente de 25°C, el modo de operación fue una elución isocrática, los resultados se leerán a una longitud de onda de 272 nm, que es la longitud de onda específica para el estándar utilizado en este caso el Ácido Gálico grado cromatográfico 98%.

6.3.6 Recursos económicos

| Descripción | Cantidad | Valor unitario (\$) | Valor total (\$) |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Movilizaciones | 5 | 20 | 100 |
| Análisis Laboratorio | 12 | 50 | 600 |
| Materiales oficina | 10 | 10 | 100 |
| Análisis estadístico | 5 | 60 | 300 |
| Total (USD) | | | 1100 |

Elaborado por: Ing. Anabel Chariguamán

6.3.7 cronograma de actividades

| ACTIVIDAD | MESES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| | SEMANAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Elección del tema | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteproyecto | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aprobación del anteproyecto | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión bibliográfica del fundamento teórico | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Obtención de extractos de fruto de pitahaya | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| Análisis de compuestos fenólicos en laboratorio | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Revisión del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| Corrección de las observaciones sobre el proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Entrega del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

Elaborado por: Ing. Anabel Chariguamán

6.3 Bibliografía

- Aguilar, M. C., & Quintana, S. G. C. (2020). Fenoles y capacidad antioxidante de *Psidium guajava*, *Vaccinium myrtillus*, *Selenicereus megalanthus* y *Physalis peruviana* de diferentes procedencias. *Bioagro*, 32(3), 225-230.
- Alvarado Román, S. D., & González Valencia, Á. D. (2022). *Evaluación de la actividad antioxidante de la pitahaya amarilla (selenicereus megalanthus) en condiciones de ultra congelación*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
- Apolinario Padilla, L. D. C., & Romero Guzmán, L. N. (2022). Bocadillos de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) y pitahaya roja (*hylocereus megalanthus*) y su aporte de omegas, para fortalecer el sistema inmunológico.
- Arévalo Cotrina, A. J. C. (2021). Actividad laxante del *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla) frente al *Hylocereus monacanthus* (Pitahaya roja) en *Mus musculus* (Ratones Albinos).
- Avila Salas, R. F., & Gonzalo Huamancaja, A. C. (2020). Efecto laxante del extracto etanólico de las semillas y pulpa de *Selenicereus megalanthus* K. Schumann ex Vaupel Moran (Pitahaya amarilla) en ratas albinas Holtzman.
- Ayala Villarreal, A. X. (2021). *Evaluación de características físico químicas, polifenoles y capacidad antioxidante en pitahaya selenicereus megalanthus durante el almacenamiento en atmósferas modificadas*.
- Barreto Aguilar, Y. M. (2021). Capacidad antioxidante del zumo de *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla) y *Hylocereus undatus* (Pitahaya roja).
- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírveda, P., Marín-Arroyo, M. R., & Navarro, M. (2015). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 204-209.
- Carrera Abanto, E. M. (2023). Efectos de microorganismos eficientes (EM) en el enraizamiento y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Castro Delgado de Asenjo, M. C., & Velasquez Garcia, R. d. T. (2022). Efecto antibacteriano in-vitro del extracto hidroalcohólico de *Selenicereus Megalanthus* (Pitahaya amarilla) frente a *Staphylococcus aureus*.
- Castro Gámez, A. d. R. (2021). *Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de sistemas de producción en cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus (How) Britton and Rose) en el municipio de La Concepción-Masaya, Nicaragua, 2018*. Universidad Nacional Agraria.
- Cedeño Ballin, L. A. (2022). Diseño de buenas prácticas agrícolas certificables para generar oferta exportable de la pitahaya producida en Palora.
- Coral Caycho, E. R. (2021). Capacidad inhibitoria de los extractos acuosos de los frutos *Passiflora tripartita* var. *mollissima* “tumbo serrano” e *Hylocereus megalanthus* “pitahaya amarilla” sobre las enzimas alfa amilasa y alfa glucosidasa. Estudio de la actividad antioxidante in vitro.






- Corzo-Rios, L. J., Bautista-Ramírez, M. E., Gómez y Gómez, Y. d. I. M., & Torres-Bustillos, L. G. (2017). Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas. *OmniaScience Monographs*.
- Creucí, M. C. (2011). Enfoque multidisciplinario para solución en el agro colombiano: El caso Pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(23).
- Desiderio Hinostroza, J. T., & González Imacaña, A. R. (2022). *Estudio fitoquímico y farmacognóstico del extracto hidroalcohólico de la pulpa de la Pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus)*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.
- Díaz Trujillo, M. P., & Villa Fonseca, D. S. (2021). Formulación de un producto lácteo (yogurt) a partir de la pitahaya amarilla y sus subproductos (semillas y cáscara).
- Díaz, Y. L., Torres, L. S., Serna, J. A., & Sotelo, L. I. (2017). Efecto de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional. *Información tecnológica*, 28(6), 23-34.
- Duran Yunga, S. N. (2020). Los nuevos retos para los inversionistas en la producción de pitahaya en el cantón Palora.
- Enríquez, G. Z., & Aldaz, S. G. (2019). Alimentación saludable dentro del presupuesto diario. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)*(10), 24.
- Enríquez, M., & Lopez, R. Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya de descarte (*selenicereus undatus* (haw) dr Hunt).
- Esquivel, P., & Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 113-129.
- Figueroa Díaz, S. L. (2017). Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" e identificación de los fitoconstituyentes.
- Gómez, J. H., & Rangel, M. D. M. (2023). Caracterización fisicoquímica y compuestos bioactivos en los frutos de pitaya (*Stenocereus thurberi*) de cuatro colores. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 26, 1-9.
- Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M. F., Coronel, D., Verdugo, K., & Santamaría, P. C. (2015). Desarrollo de la pitahaya (*Cereus* sp.) en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 50-58.
- Huamani Mora, D. J., & Paucar Capia, P. E. (2018). Determinación del contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante del fruto liofilizado de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus undathus*).
- Jami Campués, M. F. (2020). *Evaluación del método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla Selenicereus megalanthus*.
- Jiménez-Esparza, L. O., González-Parra, M. M., Yanez-Yanes, Á. W., Cruz-Tobar, S. E., & Villacís-Aldaz, L. A. (2017). Características organolépticas de frutas de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* Haw.) bajo dos condiciones de almacenamiento. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 160-167.

- Montenegro Guevara, J. A. (2020). Efecto laxante sinérgico del extracto acuoso de *Selenicereus megalanthus* con lactulosa en ratones de especie albina *Mus musculus*.
- Obregón La Rosa, A. J., & Lozano Zanelly, G. A. (2021). Compuestos nutricionales y bioactivos de tres frutas provenientes de la sierra y la selva de Perú como fuente potencial de nutrientes para la alimentación humana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2).
- Ortiz Ramírez, Á. M., & Vélez Gaviria, A. F. (2019). Estudio de mercado de la pitahaya amarilla apoyado en MPP de los países en el contexto internacional.
- Paredes, I. E., & Areche, F. O. (2021). Elaboración de una bebida funcional a base de malta de *Amaranthus caudatus* L. y pulpa de *Hylocereus triangularis*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3353-3366.
- Pilco, C. J., García, F. L., Cevallos, T. V., & Iza, S. I. (2023). Potencial uso de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la industrialización: Caracterización, Actividad antioxidante, beneficios para la salud. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3), 98-109.
- Prieto Coba, A. M. (2020). *Análisis De La Fruta Exótica Pitahaya Producto No Tradicional Del Ecuador Y Su Incidencia En El Mercado De Estados Unidos En El Periodo 2017-2019*.
- Quijije Rendón, A. E. (2021). *Estudio de parámetros de calidad y característica sensorial de dos variedades de pitahaya rosa (Hylocereus undatus), pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) para su aplicación en procesos agroindustriales*. Quevedo-Ecuador.
- Rodriguez, C., & Iman, I. (2020). Efecto del extracto etanólico del fruto de *Hylocereus megalanthus* (pitahaya) sobre la motilidad intestinal en *Mus musculus* Var. *albinus*.
- Rosa, O.-L., José, A., Augusto Elías-Peñañiel, C. C., Contreras-López, E., Arias-Arroyo, G. C., & Bracamonte-Romero, M. (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17-25.
- Ruiz-Jiménez, E., Sánchez-Cruz, G., Zapién-Martínez, A., Cueva-Villanueva, J. Á., Reyes-Velasco, L., & Méndez-Lagunas, L. L. (2019). Propiedades nutraceuticas de microencapsulados de jugo de pitaya. *de formas farmacéuticas*, 35.
- Samaniego Izurieta, C. P. (2022). *Evaluacion de la aplicación de agua ozonificada a dos dosis en Pitahaya*. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Santana, K. D., Velin, A. A. Z., Quijano, K. L. V., & Pereira, L. B. S. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *TecnoLógicas*, 23(49), 113-128.
- Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluación de condiciones de extracción asistida por ultrasonido de compuestos bioactivos de cáscara de pitahaya amarilla. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(1), 70-83.

- Vargas Tierras, Y. B., Pico, J. T., Díaz, A., Sotomayor Akopyan, D. A., Burbano, A., Caicedo, C., . . . Bastidas, S. (2020). Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana.
- Velasco, C. E. O., Vidal, V. G., Guevara, M. L. L., Carranza, P. H., & Beltrán, J. Á. G. (2012). Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 279-289.
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(13), 439-453.
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453.
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos: vitaminas, minerales y suplementos. *Offarm: farmacia y sociedad*, 26(10), 79-86.
- Vizuete, S. N. M., Mendoza, B. E. C., Palacios, M. P. C., & Larreta, F. S. G. (2022). Actividad antioxidante, fenoles totales y tamizaje fitoquímico de Dragón Fruit roja y amarilla. *RECIAMUC*, 6(3), 408-417.
- Yapias, R. J. M., Astete, J. M. A., Uscuchagua, Y. Y. C., & Sánchez, M. C. R. (2022). Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): Una revisión. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 34(2), 41-51.
- Zambrano Coraizaca, J. A. (2023). *Evaluación del efecto del procesamiento térmico sobre la actividad antioxidante de la pitahaya amarilla (selenicereus megalanthus)*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.

6.4 Anexos

Anexo 1. Cadenas de custodia de las locaciones de recolección y determinación de características físicas de la pitahaya amarilla.

|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago." Quim. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello |  | | | | | |
|---|--|---|-----------------------|--|-------------------|--------------|-----|
| DATOS DE MUESTREO | | | | | | | |
| Cadena de custodia N°: <u>01</u> | | Código de muestra: <u>30 y CA-01</u> | | | | | |
| Fecha: <u>16-05-2023</u> | | Hora de toma: <u>08:30</u> | | | | | |
| Provincia: <u>Morona Santiago</u> | | Ciudad/Cantón: <u>Palora</u> | | | | | |
| Sitio de toma (Coordenadas): <u>-1.7254916</u> ; <u>-77.9692938</u> | | | | | | | |
| Dirección: <u>Km 3 Vía Sangay Palora</u> | | | | | | | |
| MUESTRA | | | | | | | |
| N° | ALIMENTO | ESTADO | LOTE | FECHA ELABORACIÓN | FECHA VENCIMIENTO | CONSERVACIÓN | |
| | | | | | | Bolsa/Frasco | T ° |
| 1 | Pitahaya | Sólido | - | - | - | Bolsa | 6°C |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| DATOS DE RESPONSABLE DE MUESTREO | | | | | | | |
| Nombre: <u>Anabel Chariguamán</u> | | | | Teléfono: <u>0969023098</u> | | | |
| Correo: <u>anabel@lsc-22@guanoil.com</u> | | | |  Firma | | | |
| DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO | | | | | | | |
| <u>2023</u> | <u>05</u> | <u>29</u> | <u>09</u> : <u>00</u> | <u>Anabel Chariguamán</u> | | | |
| Año | Mes | Día | Hora | Nombre | | | |
|  Firma | | | | | | | |
| DATOS EMPRESARIALES | | | | | | | |
| <u>2023</u> | <u>05</u> | <u>26</u> | <u>08</u> : <u>30</u> | <u>Daniel Aldás</u> | | | |
| Año | Mes | Día | Hora | Nombre | | | |
|  Firma | | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES DE MUESTRAS | | | | | | | |
| Análisis físico-químicos: | | | | | | | |
| 1.- Frutas de pitahaya: bolsas de plástico con cierre zip estériles (200 g) | | | | | | | |
| Cooler para transporte de las frutas | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | |
| <u>Las frutas se encuentran en estado de madurez.</u> | | | | | | | |



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago."

Quím. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello

ENCUESTA – EMPRESAS PRODUCTORAS Y EXPORTADORAS DE PITAHAYA

Fecha: 26-05-2023

Nombre de la Empresa: Jeily (abierto)
 Persona de contacto: Ab. Daniel Cárdenas Alard
 Teléfono de contacto: 0998517753
 Correo electrónico: danielcarm@jeily.com
 Actividades de la Empresa: Producción de Pitahaya

PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

| PRODUCTO | PRESENTACIÓN | LUGAR DE MAYOR VENTA | CANTIDAD APROXIMADA DE VENTA AL MES (Kg) |
|----------|--------------|----------------------|--|
| Pitahaya | Fruta | Exportación China | 10000 Kg cada cosecha / 3 ha |
| | | EEUU - Europa | 3 cosechas al año |
| | | | Finca de 3 ha |
| | | | total año → 30000 Kg / 3 ha |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Firma: 
 Nombre: _____
 C.I.: 100620970



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago."
 Quím. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello



DATOS DE MUESTREO

Cadena de custodia N°: 02 Código de muestra: Sally 271 -02
 Fecha: 26-05-2023 Hora de toma: 09:00
 Provincia: Morona Santiago Ciudad/Cantón: Palora
 Sitio de toma (Coordenadas): -1 725 3209 - 77 9695 375
 Dirección: Km 3 Vía Sangay Palora

MUESTRA

| N° | ALIMENTO | ESTADO | LOTE | FECHA ELABORACIÓN | FECHA VENCIMIENTO | CONSERVACIÓN | |
|----|----------|--------|------|-------------------|-------------------|--------------|-----|
| | | | | | | Bolsa/Frasco | T ° |
| 1 | Pitahaya | Sólido | - | - | - | Bolsa | 6°C |
| | | | | | | | |

DATOS DE RESPONSABLE DE MUESTREO

Nombre: Anabel Chariguamán Teléfono: 0969022098
 Correo: anabelatcc82@gmail.com

 Firma

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO

2023 05 29 09 : 00 Anabel Chariguamán
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

DATOS EMPRESARIALES

2023 05 26 09 : 00 Daniel Jurán
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES DE MUESTRAS

Análisis físico-químicos:
 1.- Frutas de pitahaya: bolsas de plástico con cierre zip estériles (200 g)
 Cooler para transporte de las frutas

OBSERVACIONES

Los frutos se encuentran en estado de madurez.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
 PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago."
 Quim. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello



DATOS DE MUESTREO

Cadena de custodia N°: 03 Código de muestra: San Francisco - 03
 Fecha: 26-05-2023 Hora de toma: 10:40
 Provincia: Morona Santiago Ciudad/Cantón: Palora
 Sitio de toma (Coordenadas): -1.7099360, -77.9818598
 Dirección: Paseo Quila Sangay / Calles Cruz Velín

MUESTRA

| Nº | ALIMENTO | ESTADO | LOTE | FECHA ELABORACIÓN | FECHA VENCIMIENTO | CONSERVACIÓN | |
|----|----------|--------|------|-------------------|-------------------|--------------|-----|
| | | | | | | Bolsa/Frasco | Tº |
| 1 | Pitahaya | Sólido | - | - | - | Paha | 6°C |
| | | | | | | | |

DATOS DE RESPONSABLE DE MUESTREO

Nombre: Anabel Chariguamán Teléfono: 0969022098
 Correo: anabeta10032@gmail.com

 Firma

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO

2023 05 29 03 : 00 Anabel Chariguamán
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

DATOS EMPRESARIALES

2023 05 26 10 : 40 Ab. Daniel Jirón
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES DE MUESTRAS

Análisis físico-químicos:
 1.- Frutas de pitahaya: bolsas de plástico con cierre zip estériles (200 g)
 Cooler para transporte de las frutas

OBSERVACIONES

Las frutas se encuentran en estado de madurez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago."
 Quím. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello



DATOS DE MUESTREO

Cadena de custodia Nº: 04 Código de muestra: Milan-01
 Fecha: 16-05-2023 Hora de toma: 10:05
 Provincia: Morona Santiago Ciudad/Cantón: Palora
 Sitio de toma (Coordenadas): -1 73 45 45 ; -77 35 32 43 4
 Dirección: Aropiros

MUESTRA

| Nº | ALIMENTO | ESTADO | LOTE | FECHA ELABORACIÓN | FECHA VENCIMIENTO | CONSERVACIÓN | |
|----|----------|--------|------|-------------------|-------------------|--------------|-----|
| | | | | | | Bolsa/Frasco | Tº |
| 1 | Pitahaya | Sólido | - | - | - | bolsa | 6°C |
| | | | | | | | |

DATOS DE RESPONSABLE DE MUESTREO

Nombre: Anabel Chariguamán Teléfono: 0169021038
 Correo: anabelalros20@gmail.com

 Firma

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO

2023 05 29 05 : 00 Anabel Chariguamán
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

DATOS EMPRESARIALES

2023 05 26 10 : 05 Milan Aldas Coello
 Año Mes Día Hora Nombre

 Firma

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES DE MUESTRAS

Análisis físico-químicos:
 1.- Frutas de pitahaya: bolsas de plástico con cierre zip estériles (200 g)
 Cooler para transporte de las frutas

OBSERVACIONES

Las frutas se encuentran en estado de madurez.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palara, provincia de Morona Santiago."

Quim. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello

ENCUESTA – EMPRESAS PRODUCTORAS Y EXPORTADORAS DE PITAHAYA

Fecha: 26-05-2023

Nombre de la Empresa: Milian
 Persona de contacto: Milían Abad Cueva
 Teléfono de contacto: 0998517753
 Correo electrónico: milian.67@gmail.com
 Actividades de la Empresa: Producción, venta y exportación de pitahaya

PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

| PRODUCTO | PRESENTACIÓN | LUGAR DE MAYOR VENTA | CANTIDAD APROXIMADA DE VENTA AL MES (Kg) |
|----------|--------------|----------------------|--|
| Pitahaya | Fruta | Amazonia/Sierra | 4000 kg |
| | | | 3 cosechas al año |
| | | | Finca 1 ha |
| | | | Total año => 12000 kg / 1 ha |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Firma: 
 Nombre: _____
 C.I.: 1000000000

| | | |
|--|--|--|
| | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago." Quím. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello | |
|--|--|--|

| DATOS DE MUESTREO | |
|--|-------------------------------------|
| Cadena de custodia Nº: <u>05</u> | Código de muestra: <u>Sangay-05</u> |
| Fecha: <u>26-05-2023</u> | Hora de toma: <u>11:25</u> |
| Provincia: <u>Morona Santiago</u> | Ciudad/Cantón: <u>Palora</u> |
| Sitio de toma (Coordenadas): <u>-1,7199365 - 780228149</u> | |
| Dirección: <u>Sector Sangay</u> | |

| MUESTRA | | | | | | | |
|---------|----------|--------|------|-------------------|-------------------|--------------|-----|
| Nº | ALIMENTO | ESTADO | LOTE | FECHA ELABORACIÓN | FECHA VENCIMIENTO | CONSERVACIÓN | |
| | | | | | | Bolsa/Frasco | Tº |
| 1 | pitahaya | sólido | - | - | - | bolsa | 6°C |
| | | | | | | | |

| DATOS DE RESPONSABLE DE MUESTREO | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Nombre: <u>Anabel Chariguamán</u> | Teléfono: <u>0969022098</u> |
| Correo: <u>anabela1cc32@gmail.com</u> | |
| Firma | |

| DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO | | | | |
|--|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| <u>2023</u> Año | <u>05</u> Mes | <u>09</u> Día | <u>09</u> : <u>00</u> Hora | <u>Anabel Chariguamán</u> Nombre |
| Firma | | | | |

| DATOS EMPRESARIALES | | | | |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| <u>2023</u> Año | <u>05</u> Mes | <u>07</u> Día | <u>11</u> : <u>25</u> Hora | <u>Lorena Cobrera</u> Nombre |
| Firma | | | | |

| CARACTERÍSTICAS DE LOS RECIPIENTES DE MUESTRAS |
|---|
| Análisis físico-químicos: 1.- Frutas de pitahaya: bolsas de plástico con cierre zip estériles (200 g) Cooler para transporte de las frutas |

| OBSERVACIONES |
|--|
| Los frutos se encuentran en estado de madurez. |



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROYECTO: "Evaluación de las propiedades antioxidantes y bromatológicas del fruto de la pitahaya, cultivadas en distintas localidades del cantón Palora, provincia de Morona Santiago."

Quim. Mg. Lander Pérez Aldás – Ing. Anabel Chariguamán Coello




ENCUESTA – EMPRESAS PRODUCTORAS Y EXPORTADORAS DE PITAHAYA

Nombre de la Empresa: Changy Fecha: 26-05-2023
 Persona de contacto: Lorena Cabrera
 Teléfono de contacto: 0399047054
 Correo electrónico: lorencabreras@hotmaxi.com
 Actividades de la Empresa: Producción, venta y exportación de pitahaya

PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

| PRODUCTO | PRESENTACIÓN | LUGAR DE MAYOR VENTA | CANTIDAD APROXIMADA DE VENTA AL MES (Kg) |
|----------|--------------|----------------------|--|
| Pitahaya | Fruta | Directa | 5000 kg |
| | | | 2 cosechas al año |
| | | | Finca 1.8 ha |
| | | | Total año => 18000 Kg |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Firma: 
 Nombre: Lorena Cabrera
 C.I.: 1600491870

Anexo 2. Recolección y determinación de características físicas de la pitahaya amarilla



Anexo 3. Resultados primarios de las características físicas de la pitahaya amarilla

| Muestra A. JERLY CIELO ABIERTO | Diámetro longitudinal (mm) | Diámetro transversal (mm) | Peso del fruto entero (g) | Peso de la pulpa (g) | Peso de la cáscara (balanza) (g) |
|---|---|--|--|-------------------------------------|---|
| 1 | 95,97 | 79,21 | 226.7 | 152.43 | 72.53 |
| 2 | 81,52 | 73,45 | 218.63 | 142.24 | 74.25 |
| 3 | 82,89 | 75,52 | 217.56 | 143.48 | 72.97 |
| 4 | 87,69 | 73,89 | 220.67 | 147.14 | 71.78 |
| 5 | 95,78 | 75,24 | 219.68 | 144.19 | 73.43 |
| 6 | 85,42 | 73,87 | 221.45 | 145.44 | 74.03 |
| 7 | 93,41 | 78,23 | 225.36 | 150.11 | 73.12 |
| 8 | 81,85 | 78,45 | 224.12 | 148.33 | 74.02 |
| 9 | 86,12 | 77,87 | 224.56 | 146.98 | 75.89 |
| 10 | 85,84 | 73,25 | 219.78 | 145.77 | 72.07 |
| 11 | 85,45 | 79,78 | 222.35 | 146.66 | 72.53 |
| 12 | 86,8 | 76,45 | 224.12 | 148.47 | 73.54 |
| 13 | 91,78 | 78,89 | 227.96 | 154.32 | 72.53 |
| 14 | 82,78 | 75,78 | 225.45 | 150.35 | 73.67 |
| 15 | 83,32 | 78,32 | 223.45 | 149.13 | 72.12 |
| 16 | 85,31 | 77,52 | 219.78 | 142.88 | 74.81 |
| 17 | 91,23 | 77,45 | 221.24 | 148.78 | 71.07 |
| 18 | 81,47 | 74,21 | 224.22 | 150.24 | 72.53 |
| 19 | 81,46 | 75,21 | 226.41 | 152.78 | 71.47 |
| 20 | 84,12 | 72,47 | 224.57 | 149.45 | 72.29 |
| 21 | 82,31 | 73,92 | 225.48 | 151.11 | 71.99 |
| 22 | 80,14 | 74,96 | 218.63 | 148.02 | 68.58 |
| 23 | 92,27 | 77,24 | 219.41 | 151.09 | 66.77 |
| 24 | 89,18 | 76,36 | 225.36 | 154.78 | 68.57 |
| 25 | 85,79 | 76,26 | 223.98 | 152.86 | 69.52 |
| PROMEDIO | 95,97 | 76.972 | 261.8368 | 168.2812 | 91.7432 |

| Muestra B. JERLY INVERNADERO | Diámetro longitudinal (mm) | Diámetro transversal (mm) | Peso del fruto entero (g) | Peso de la pulpa (g) | Peso de la cáscara (balanza) (g) |
|---|---|--|--|-------------------------------------|---|
| 1 | 83,93 | 78,76 | 265,71 | 173,25 | 91,01 |
| 2 | 86,23 | 75,12 | 258,45 | 166,49 | 90,12 |
| 3 | 87,56 | 76,52 | 258,12 | 165,22 | 90,78 |
| 4 | 89,23 | 78,64 | 266,47 | 173,97 | 89,98 |
| 5 | 84,47 | 75,36 | 260,47 | 162,27 | 96,45 |
| 6 | 84,96 | 79,52 | 261,15 | 165,12 | 94,05 |
| 7 | 81,26 | 79,12 | 261,78 | 164,76 | 94,25 |
| 8 | 87,41 | 77,46 | 260,73 | 163,88 | 94,57 |
| 9 | 80,69 | 75,23 | 264,88 | 177,2 | 84,21 |
| 10 | 86,45 | 74,89 | 265,23 | 175,21 | 92,78 |
| 11 | 82,44 | 76,65 | 263,78 | 174,87 | 87,12 |
| 12 | 83,66 | 76,89 | 267,95 | 178,11 | 87,63 |
| 13 | 84,87 | 74,55 | 263,65 | 175,33 | 87,02 |
| 14 | 86,33 | 76,24 | 264,89 | 173,96 | 87,89 |
| 15 | 82,71 | 74,82 | 260,11 | 166,24 | 90,89 |
| 16 | 83,84 | 76,48 | 262,19 | 171,25 | 89,03 |
| 17 | 85,23 | 80,63 | 264,14 | 172,78 | 90,56 |
| 18 | 84,56 | 79,94 | 263,78 | 171,74 | 90,78 |
| 19 | 82,45 | 80,46 | 260,45 | 167,31 | 91,87 |
| 20 | 80,12 | 81,01 | 262,57 | 178,25 | 82,57 |
| 21 | 85,55 | 80,44 | 261,77 | 173,12 | 91,88 |
| 22 | 82,74 | 77,28 | 264,51 | 173,88 | 88,97 |
| 23 | 88,95 | 79,78 | 263,85 | 172,75 | 89,78 |
| 24 | 84,77 | 75,86 | 264,36 | 174,23 | 90,47 |
| 25 | 86,3 | 74,12 | 259,87 | 168,27 | 88,14 |
| PROMEDIO | 84.2 | 77.2 | 262.83 | 169.2 | 91.2 |

| Muestra C. SAN FRANCISCO | Diámetro longitudinal (mm) | Diámetro transversal (mm) | Peso del fruto entero (g) | Peso de la pulpa (g) | Peso de la cáscara (balanza) (g) |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | 84,77 | 75,54 | 265,72 | 177,49 | 89,64 |
| 2 | 86,41 | 77,56 | 268,65 | 172,91 | 86,48 |
| 3 | 86,11 | 74,85 | 240,41 | 173,12 | 87,24 |
| 4 | 85,78 | 73,46 | 268,12 | 177,99 | 87,56 |
| 5 | 86,74 | 76,35 | 269,02 | 177,91 | 85,41 |
| 6 | 83,96 | 75,99 | 267,56 | 172,89 | 88,78 |
| 7 | 82,92 | 75,14 | 269,95 | 176,48 | 88,12 |
| 8 | 85,24 | 76,45 | 266,12 | 171,14 | 87,01 |
| 9 | 84,59 | 73,85 | 265,48 | 173,1 | 88,85 |
| 10 | 84,56 | 74,08 | 262,52 | 173,49 | 87,65 |
| 11 | 81,11 | 78,35 | 266,94 | 172,47 | 89,89 |
| 12 | 83,41 | 75,16 | 265,14 | 173,41 | 88,24 |
| 13 | 83,33 | 78,12 | 262,74 | 172,99 | 89,2 |
| 14 | 80,78 | 75,1 | 266,41 | 177,09 | 86,63 |
| 15 | 84,46 | 75,96 | 266,26 | 174,79 | 89,78 |
| 16 | 85,74 | 76,44 | 265,6 | 170,87 | 89,47 |
| 17 | 86,23 | 73,52 | 262,12 | 172,74 | 88,45 |
| 18 | 85,77 | 78,63 | 262,89 | 171,94 | 88,98 |
| 19 | 85,13 | 75,54 | 264,15 | 173,36 | 88,16 |
| 20 | 87,18 | 76,18 | 266,1 | 174,79 | 88,21 |
| 21 | 82,48 | 74,77 | 265,96 | 171,47 | 86,48 |
| 22 | 82,77 | 79,41 | 267,67 | 171,42 | 89,45 |
| 23 | 85,76 | 76,62 | 266,85 | 170,24 | 89,47 |
| 24 | 81,55 | 73,85 | 264,19 | 171,97 | 87,89 |
| 25 | 82,86 | 74,51 | 265,68 | 177,43 | 86,18 |
| PROMEDIO | 84.30 | 75.81 | 264.8 | 173.76 | 88.13 |

| Muestra D. MILIAN | Diámetro longitudinal (mm) | Diámetro transversal (mm) | Peso del fruto entero (g) | Peso de la pulpa (g) | Peso de la cáscara (balanza) (g) |
|------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|
| 1 | 101.08 | 77.06 | 305.17 | 228.64 | 75.16 |
| 2 | 101.54 | 78.45 | 306.21 | 226.24 | 78.45 |
| 3 | 103.65 | 78.89 | 308.45 | 231.69 | 75.25 |
| 4 | 102.74 | 78.22 | 308.1 | 232.04 | 74.98 |
| 5 | 100.96 | 77.36 | 304.12 | 226.62 | 76.78 |
| 6 | 100.78 | 76.45 | 303.85 | 225.16 | 78.01 |
| 7 | 100.12 | 76.98 | 304.17 | 226.63 | 76.41 |
| 8 | 103.74 | 79.68 | 307.89 | 224.64 | 82.1 |
| 9 | 103.96 | 78.78 | 306.89 | 225.61 | 80.02 |
| 10 | 101.45 | 78.12 | 304.57 | 226.6 | 76.45 |
| 11 | 102.74 | 78.47 | 307.96 | 229.85 | 76.63 |
| 12 | 101.63 | 77.01 | 304.78 | 227.23 | 76.85 |
| 13 | 100.01 | 76.13 | 303.74 | 224.98 | 77.23 |
| 14 | 97.87 | 74.56 | 300.41 | 224.36 | 75.01 |
| 15 | 100.78 | 76.54 | 301.41 | 222.94 | 77.35 |
| 16 | 101.47 | 76.97 | 303.87 | 228.17 | 74.85 |
| 17 | 101.63 | 76.36 | 304.12 | 227.63 | 75.56 |
| 18 | 104.53 | 80.15 | 307.14 | 230.69 | 75.14 |
| 19 | 102.77 | 79.11 | 306.74 | 229.67 | 76.02 |
| 20 | 104.63 | 79.98 | 308.45 | 230.23 | 77.21 |
| 21 | 106.23 | 82.41 | 308.78 | 231.74 | 76.1 |
| 22 | 100.96 | 76.58 | 303.03 | 227.96 | 74.45 |
| 23 | 98.45 | 75.19 | 300.78 | 225.47 | 73.87 |
| 24 | 99.65 | 75.64 | 300.12 | 225.23 | 73.85 |
| 25 | 106.78 | 81.47 | 307.45 | 229.74 | 76.34 |
| PROMEDIO | 102.01 | 77.86 | 305.13 | 227.59 | 76.40 |

| Muestra E. SANGAY | Diámetro longitudinal (mm) | Diámetro transversal (mm) | Peso del fruto entero (g) | Peso de la pulpa (g) | Peso de la cáscara (balanza) (g) |
|------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|
| 1 | 82,57 | 78,43 | 262,21 | 173,93 | 88,45 |
| 2 | 83,12 | 76,96 | 263,46 | 171,95 | 86,14 |
| 3 | 83,74 | 77,23 | 263,63 | 172,77 | 89,41 |
| 4 | 86,25 | 78,95 | 263,96 | 172,79 | 89,79 |
| 5 | 82,74 | 78,47 | 264,64 | 174,02 | 88,38 |
| 6 | 87,12 | 77,56 | 263,46 | 172,95 | 87,2 |
| 7 | 89,63 | 75,97 | 262,62 | 174,47 | 88,02 |
| 8 | 83,47 | 79,45 | 260,89 | 172,23 | 87,45 |
| 9 | 86,68 | 77,15 | 262,66 | 173,36 | 88,12 |
| 10 | 81,78 | 76,52 | 263,74 | 172,77 | 87,02 |
| 11 | 85,86 | 78,69 | 263,61 | 172,2 | 86,58 |
| 12 | 89,85 | 76,36 | 260,31 | 171,63 | 89,48 |
| 13 | 87,47 | 79,6 | 262,38 | 172,74 | 89,48 |
| 14 | 83,56 | 77,78 | 264,24 | 171,33 | 87,87 |
| 15 | 85,78 | 78,45 | 262,71 | 171,01 | 88,15 |
| 16 | 88,77 | 74,87 | 260,88 | 172,92 | 89,78 |
| 17 | 88,66 | 78,21 | 262,86 | 171,95 | 89,78 |
| 18 | 86,1 | 77,25 | 264,96 | 172,23 | 89,11 |
| 19 | 89,36 | 76,75 | 264,02 | 171,99 | 88,89 |
| 20 | 83,74 | 77,98 | 260,41 | 172,77 | 87,14 |
| 21 | 81,78 | 76,39 | 262,11 | 172,23 | 89,98 |
| 22 | 85,63 | 78,12 | 263,21 | 170,12 | 88,45 |
| 23 | 84,52 | 75,94 | 261,28 | 174,37 | 88,78 |
| 24 | 87,38 | 78,22 | 263,84 | 172,12 | 89,85 |
| 25 | 87,74 | 78,42 | 265,27 | 173,74 | 86,78 |
| PROMEDIO | 85.7 | 77.57 | 262.9 | 172.59 | 88.40 |

Anexo 4. Determinación de parámetros bromatológicos de la pitahaya amarilla



Anexo 5. Resultados PR de los análisis bromatológicos de la pitahaya amarilla

| Muestra | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasas Total (%) | Cenizas (%) | Acidez titulable cítrico (%) | pH | Sólidos solubles ° Brix |
|----------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| A | 83,715 | 0,546 | 0,491 | 0,368 | 0,129 | 4,965 | 21,450 |
| B | 82,275 | 0,669 | 0,505 | 0,242 | 0,102 | 4,940 | 23,085 |
| C | 80,760 | 0,659 | 0,324 | 0,523 | 0,113 | 4,970 | 20,155 |
| D | 81,515 | 0,640 | 0,432 | 0,436 | 0,120 | 5,010 | 21,650 |
| E | 79,905 | 0,658 | 0,449 | 0,443 | 0,104 | 5,055 | 22,915 |

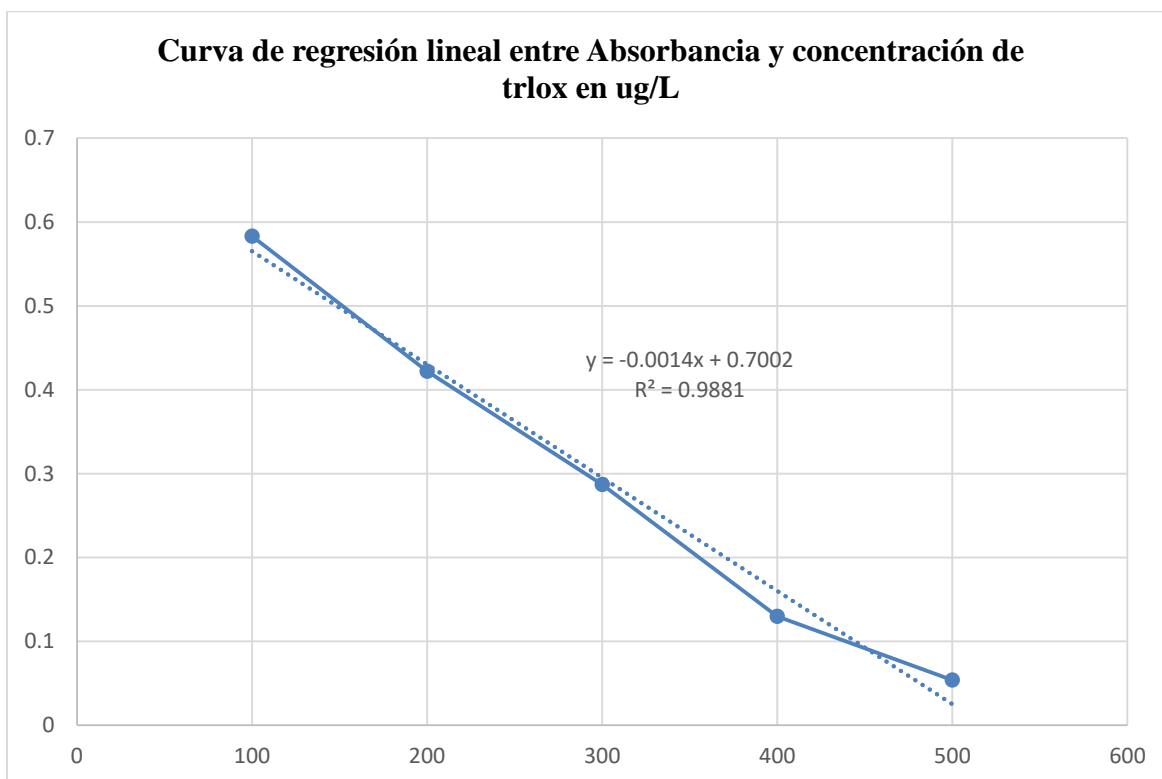
Anexo 6. Cuantificación del % de inhibición por el método de DPPH de la pitahaya



Anexo 6. Resultados de la determinación de la capacidad antioxidante DPPH

| MUESTRA | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | PROMEDIO |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| A | 0,791 | 0,579 | 0,629 | 0,488 | 0,595 | 0,6164 |
| B | 0,487 | 0,5 | 0,47 | 0,482 | 0,452 | 0,4782 |
| C | 0,445 | 0,581 | 0,466 | 0,498 | 0,476 | 0,4932 |
| D | 0,691 | 0,52 | 0,485 | 0,589 | 0,617 | 0,5804 |
| E | 1,032 | 0,569 | 1,049 | 0,739 | 0,499 | 0,7776 |
| BLANCO | 0,538 | 0,528 | 0,522 | 0,508 | 0,48 | 0,5152 |
| CONTROL | 0,241 | 0,232 | 0,245 | 0,269 | 0,257 | 0,2488 |

Anexo 7. Curvas de cuantificación del % de inhibición por el método de DPPH de la pitahaya



| CONCENTRACIÓN (ug/L) | ABSORBANCIA |
|-----------------------------|--------------------|
| 50 | 0,651 |
| 100 | 0,583 |
| 200 | 0,422 |
| 300 | 0,287 |
| 400 | 0,13 |
| 500 | 0,054 |