UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ELABORACIÓN DE SNACKS DE FRUTOS SECOS CON ALTO CONTENIDO DE FENOLES, MEDIANTE DIFERENTES TIPOS DE SECADO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTORES: **IVAN ANDRES AMBATO GUASUMBA**

MILENA DANIELA REINOSO MOLINA

TUTOR: **ELENA DEL ROCÍO COYAGO CRUZ**

Quito - Ecuador

2023

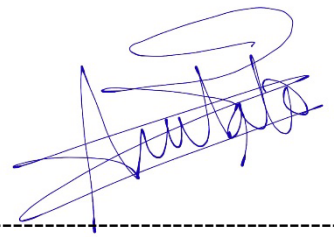
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Iván Andrés Ambato Guasumba con documento de identificación N° 172376654-7 y Milena Daniela Reinoso Molina, y N° 175088151-6; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 17 de julio del 2023

Atentamente,



Iván Andrés Ambato Guasumba

C.I.: 172376654-7

Milena Daniela Reinoso Molina

C.I.: 175088151-6

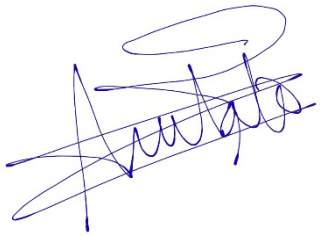
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Iván Andrés Ambato Guasumba con documento de identificación N° 172376654-7 y Milena Daniela Reinoso Molina, y N° 175088151-6, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: "ELABORACION DE SNACKS DE FRUTOS SECOS CON ALTO CONTENIDO DE FENOLES, MEDIANTE DIFERENTES TIPOS DE SECADO", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de julio del 2023

Atentamente,



Iván Andrés Ambato Guasumba

C.I.: 172376654-7

Milena Daniela Reinoso Molina

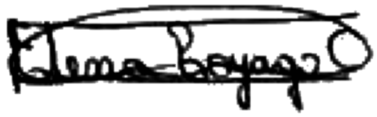
C.I.: 175088151-6

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, PhD. Elena del Rocío Coyago Cruz, con documento de identificación N° 171376264-7, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "ELABORACION DE SNACKS DE FRUTOS SECOS CON ALTO CONTENIDO DE FENOLES, MEDIANTE DIFERENTES TIPOS DE SECADO", realizado por Iván Andrés Ambato Guasumba con documento de identificación N° 172376654-7 y Milena Daniela Reinoso Molina, y N° 175088151-6, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de julio del 2023

Atentamente



Ing. Elena del Rocío Coyago Cruz PhD.
C.I.: 171376264-7

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mis padres ya que fueron quienes me permitieron seguir con mis estudios y nunca se cansaron de darme lo mejor para que yo pudiera salir adelante. También se lo dedico a mi novio ya que siempre me ha apoyado en cada paso que doy, que me ha ayudado en este largo caminar. A mi hermana que ha estado en las buenas y en las malas, que me ha enseñado a ser perseverante y a nunca rendirme.

A mi sobrino quien ha sido un pilar fundamental y me ha enseñado que la vida es bella y que la debemos compartir juntos. A mis abuelitos en el cielo y a mi abuelita en la tierra para que se sientan orgullosos de su nieta.

Milena

Dedico a mi madre porque fue la que me ayudó a conseguir todos los materiales para poder realizar mi estudio técnico, porque me educó con hábitos de responsabilidad y valores, los cuales me han ayudado para seguir en los momentos más difíciles de mi vida universitaria. A mi padre que con el ejemplo me ha enseñado a seguir adelante en los estudios y me ha demostrado que nunca es tarde para aprender algo más, me ha apoyado a seguir lo que me gusta.

A mis hermanos que son un ejemplo para seguir y me han apoyado en todos mis estudios, porque siempre me han dado aliento para seguir adelante.

Iván

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por permitirme tener una vida digna y así continuar con mis estudios. Así mismo agradezco a mi familia por el apoyo que me han brindado en esta etapa de mi vida, por no dejarme rendir y enseñarme a ser un buen ser humano. Gracias a mi novio por hacerme entender que un resbalón no es caída, y que siempre debemos seguir adelante. No ha sido un camino fácil, sin embargo, agradezco a la vida por enseñarme que todo se da al tiempo perfecto y que los sueños se pueden cumplir.

Milena

Agradezco principalmente a Dios por tenerme con salud y guiarme siempre en el camino del bien por darme la fortaleza para seguir adelante en todos mis proyectos

A mi familia que siempre han estado pendiente de mí, a mis padres porque me dieron el derecho de estudio en la carrera que yo decida. Además, por el apoyo incondicional que me han brindado todos mis amigos y a todas las personas que me ayudaron en la realización de este proyecto de una u otra forma.

Iván

A nuestra tutora Dra. Elena Coyago que nos ha guiado en la etapa universitaria, nos ha brindado su apoyo en nuestro proyecto y nos ha permitido tener más conocimientos para ser unos buenos profesionales. No ha sido fácil y este proyecto no se hubiese llevado a cabo sin su ayuda. Gracias por esta grata experiencia.

Índice de contenido

Introducción 16

1 Marco Teórico 18

1.1 Compuestos fenólicos 18

1.2 Frutas no tradicionales 18

1.2.1 Achotillo (Nephelium lappaceum) 19

1.2.2 Pitahaya (Selenicereus megalanthus) 20

1.2.3 Mortiño (Vaccinium floribundum) 21

1.2.4 Chamburo (Vasconcellea pubescens) 22

1.3 Generalidades del secado 23

1.3.1 Secadores convectivos por aire caliente 24

1.3.2 Secadores por radiación 28

1.3.3 Secadores por congelación o secado por sublimación (liofilización) 30

1.4 Normativa para frutos secos 30

1.4.1 Normativa internacional 30

1.4.2 Normativa nacional 31

1.5 Beneficios del consumo de los frutos secos con compuestos fenólicos. 32

2 Materiales y métodos 34

2.1 Investigar bibliográficamente dos diferentes frutas que contengan altos contenidos de fenoles. 34

2.2 Determinar el tipo de secado que permita conservar las altas concentraciones de compuestos fenólicos en las dos frutas seleccionadas. 34

2.3 Diseñar la presentación del snack de frutos secos con alto contenido de fenoles. 37

2.4 Realizar el análisis de costo del producto y la comparación con productos similares del mercado 38

3 Resultados y discusiones 39

3.1 Investigar bibliográficamente dos diferentes frutas que contengan altos contenidos de fenoles. 39

3.2 Determinar el tipo de secado que permita conservar las altas concentraciones de fenoles totales en las dos frutas seleccionadas. 40

3.2.1 Caracterización fisicoquímica de las muestras en estudio 40

3.2.2 Diseño factorial del secado en estufa de la pitahaya 40

3.2.3 Diseño factorial del secado en estufa del chamburo 45

3.2.4 Secado por liofilización 48
3.2.5 Cuantificación de compuestos fenólicos 49
3.3 Diseñar la presentación del snack de frutos secos con alto contenido de fenoles. 50
3.3.1 Determinación de la demanda 50
3.3.2 Diagrama de flujo del proceso de secado 50
3.3.3 Diagrama de flujo de la maquinaria 52
3.3.4 Balance de masa del proceso de producción de chips de frutas secas 53
3.3.5 Dimensionamiento de equipos para el proceso de producción de chips de frutas secas. 54
3.3.6 Diseño de planta para el proceso de producción de chips de frutas secas 56
3.3.7 Diseño de la presentación de los chips de frutas secas 58
3.4 Realizar el análisis de costo del producto y la comparación con productos similares del mercado. 59
3.4.1 Comparación con productos similares del mercado 64
4 Conclusiones 65
5 Recomendaciones 66
6 Bibliografía 67

Índice de figuras

Página

Figura 1 **Secador de horno** 24
Figura 2 **Secador de bandejas** 25
Figura 3 **Secador de túnel** 25
Figura 4 **Secador de cinta continua** 26
Figura 5 **Secador de tolva** 26
Figura 6 **Secador de tornillo sin fin** 27
Figura 7 **Secador lecho fluidizado** 27
Figura 8 **Secado continuo de infrarrojo** 28
Figura 9 **Secado por microondas** 29
Figura 10 **Secado al sol** 29
Figura 11 **Secado por liofilización** 30
Figura 12 **Fotografía del chamburo (A) y pitahaya (B)** 34
Figura 13 **Cajas Petri con chamburo (A) y pitahaya (B)** 36
Figura 14 **Curva de secado de la pitahaya a 70 °C y 0 % de circulación de aire** 41
Figura 15. **Curva de secado de la pitahaya a 70 °C y 10 % de circulación de aire** 42
Figura 16. **Curva de secado de la pitahaya a 90 °C y 0 % de circulación de aire** 43
Figura 17 **Curva de secado de la pitahaya a 90 °C y 10 % de circulación de aire** 44
Figura 18. **Curva de secado del chamburo a 70 °C y 0 % de circulación de aire** 45
Figura 19. **Curva de secado del chamburo a 70 °C y 10 % de circulación de aire** 46
Figura 20 **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 0 % de circulación de aire** 47
Figura 21 **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 10 % de circulación de aire** 48
Figura 22 **Diagrama de flujo del procesamiento para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo secos** 51
Figura 23. **Diagrama de flujo de la maquinaria para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo** 52
Figura 24 **Diagrama de flujo con balance de masa de la elaboración de chips de pitahaya y chamburo.** 53
Figura 25. **Diseño de planta para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo** 57
Figura 26. **Diseño de la presentación de los chips de pitahaya.** 58
Figura 27. **Diseño de la presentación de los chips de chamburo.** 58

Figura 28. **Dimensiones del empaque secundario de los chips de pitahaya y chamburo.**. 59

Índice de tablas

Página

Tabla 1: **Descripción botánicas del achotillo** 19

Tabla 2: **Descripción botánicas de la pitahaya** 21

Tabla 3: **Descripción botánicas del mortiño** 22

Tabla 4: **Descripción botánicas del chamburo** 23

Tabla 5: **Diseño factorial** 35

Tabla 6: **Concentración de compuestos fenólicos en frutas maduras** 39

Tabla 7: **Valores promedio de las caracterizaciones fisicoquímicas de las muestras en estudio** 40

Tabla 8: **Valores promedio de la humedad inicial y humedad final de la pitahaya** 45

Tabla 9: **Valores promedio de la humedad inicial y humedad final del secado en estufa del chamburo.** 48

Tabla 10: **Valores promedio de humedad por liofilización de las muestras en estudio** 48

Tabla 11: **Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos totales en los chips de pitahaya secas.** 49

Tabla 12: **Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos totales en los chips de chamburo secas.** 50

Tabla 13: **Dimensionamiento de los equipos principales para la producción de chips de frutas secas** 55

Tabla 14: **Costos fijos totales** 60

Tabla 15: **Costos variables** 61

Tabla 16: **Flujo de caja pitahaya** 62

Tabla 17: **Flujo de caja chamburo** 63

Índice de Ecuaciones

Página

Ecuación 1 36
Ecuación 2……...37

Resumen

Las frutas no tradicionales ecuatorianas son una importante fuente de compuestos beneficiosos, como los compuestos fenólicos, aunque se conoce poco sobre los procesos de industrialización de estas frutas para aprovechar sus beneficios para la salud. En este sentido, el objetivo de este estudio fue desarrollar snacks de frutos secos con alto contenido de fenoles utilizando diferentes métodos de secado. El estudio incluyó una revisión bibliográfica de frutas con altos contenidos de compuestos fenólicos, y se seleccionó la pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) y el chamburo (*Vasconcellea pubscens*). Estas frutas se sometieron a secado en estufa a temperaturas de 70 y 90 °C y con flujos de aire de 0 y 10 %. También se utilizó el método de secado por liofilización. Se cuantificó la concentración de compuestos fenólicos totales en los productos secos para determinar el mejor método de secado, y con base en esto se diseñó una planta y se analizaron los indicadores económicos del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Los resultados mostraron que la pitahaya alcanzó un menor contenido de humead final de 12 % después de un tiempo de secado de 7 horas y 18 minutos a una temperatura de 90 °C y un flujo de aire de 0 %. Para el chamburo, se obtuvo el menor contenido de humedad a 90 °C y con flujos de aire de 0 y 10 %, con valores de 7,3 % después de 1 hora y 24 min de secado, y 6,2 % después de 1 hora de secado, respectivamente. Además, se observó que la concentración de compuestos fenólicos fue mayor en el secado en estufa para la pitahaya, mientras que el chamburo mostró altos valores de fenoles en la liofilización y en el secado en estufa a 90 °C y 0 % de flujo de aire. Estos hallazgos sugieren que el método óptimo de secado para el chamburo podría ser en estufa a 90 °C y 0 % de flujo de aire. A su vez, se obtuvo TIR del 20 %, con un posible retorno en dos años.

Palabras clave: Compuestos bioactivos, compuestos fenólicos, liofilización, chamburo, pitahaya

Abstract

Ecuadorian non-traditional fruits are an important source of beneficial compounds, such as phenolic compounds, although little is known about the industrialisation processes of these fruits to take advantage of their health benefits. In this sense, the objective of this study was to develop dried fruit snacks with high phenolic content using different drying methods. The study included a literature review of fruits rich in phenolic compounds, and pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) and chamburo (*Vasconcellea pubescens*) were selected. These fruits were subjected to oven drying at temperatures of 70 and 90 °C and air flow rates of 0 and 10%. The lyophilization method was also used. The concentration of total phenolic compounds in the dried products was quantified to determine the best drying method and based on this, a plant was designed, and the economic indicators of net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) were analysed. The results showed that pitahaya reached a lower final moisture content of 12% after a drying time of 7 hours and 18 minutes at a temperature of 90°C and an air flow of 0%. For chamburo, the lowest moisture content was obtained at 90 °C and air flow rates of 0 and 10%, with values of 7.3% after 1 hour and 24 minutes drying time and 6.2% after 1 hour drying time, respectively. It was also observed that the concentration of phenolic compounds was higher in oven drying for pitahaya, while chamburo showed high phenolic values in freeze drying and oven drying at 90 °C and 0% airflow. These results suggest that the optimum drying method for chamburo may be oven drying at 90 °C and 0% airflow. In turn, an IRR of 20% was obtained, with a possible payback of two years.

Keywords: Bioactive compounds, phenolic compounds, lyophilization, camomile, pitahaya

Introducción

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios que principalmente se encuentran en las plantas, tanto en hojas, tallos, raíces y frutos. Sin embargo, existe un sin número de formas de clasificarlos, una de ellas es en fenoles libres y fenoles ligados a las estructuras vegetales. Los fenoles libres se encuentran en el sistema alimentario y generalmente se extraen mediante agua y reactivos orgánicos. A su vez, los fenoles ligados son componentes de gran importancia en la estructura vegetal y presentan relevancia en la dieta humana debido a la excelente actividad biológica [1].

La alimentación se ha visto alterada en los últimos años, especialmente debido a la pandemia del COVID-19, lo que ha provocado el incremento de enfermedades como la obesidad, la hipertensión, el colesterol elevado y otras enfermedades. Además, la mala alimentación y el estrés constante debido a la disminución de ingresos monetarios por falta de empleo han generado problemas de inseguridad alimentaria en las familias de todo el mundo. En este contexto, la búsqueda de productos con altas cantidades de compuestos fenólicos que ayuden a reducir el impacto del estrés oxidativo es cada vez más urgente. Es así como, los snacks de frutos secos se han convertido en una alternativa natural y saludable. Los snacks son alimentos ligeros que suelen consumirse entre las comidas principales [2]. Los alimentos secos suelen tener una baja cantidad de agua y una alta porción de materia sólida, proporcionando estabilidad y disminuyendo la actividad de los microorganismos [3].

El secado de alimentos es una técnica conocida desde hace muchos años, incluso se remonta a la antigüedad con el secado al sol. En la actualidad, existen técnicas de deshidratación más avanzadas que producen un secado a bajas temperaturas y presiones [4]. Sin embargo, a pesar de que se conoce que ciertos alimentos secos poseen alta cantidad de fenoles, existe muy poca información referente al secado de frutas no tradicionales, por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar snacks de frutos secos con alto contenido de fenoles utilizando diferentes métodos de secado. Además, como objetivos específicos se planteó investigar bibliográficamente dos diferentes frutas que contengan altos contenidos de fenoles. Determinar el tipo de secado que permita conservar las altas concentraciones de compuestos fenólicos en las dos frutas seleccionadas. Diseñar la presentación de snack de frutos secos con alto contenido de fenoles. Y realizar el análisis de costo del producto y la comparación con productos similares

del mercado. Los resultados de esta investigación serán empleados como punto de partida para la ampliación de uso de frutas no tradicionales del Ecuador como una alternativa de snack para la población ecuatoriana.

1 Marco Teórico

1.1 Compuestos fenólicos

Los fenoles son compuestos producto del metabolismo secundario de las plantas y desempeñan importantes funciones fisiológicas, de protección contra patógenos, regulación del crecimiento y desarrollo de la planta, y protección al estrés ambiental. Estos compuestos poseen un anillo aromático el cual presenta uno o más grupos hidroxilo [1], [5].

Los fenoles se encuentran en la naturaleza en los tejidos vegetales y animales, siendo los más importantes los de origen vegetal. Estos se encuentran en las hojas, el tallo, la raíz, las flores, las frutas y las semillas [6], [7]. Es así como, en algunas hortalizas se encuentran altas concentraciones de fenoles, cuyas concentraciones varían dependiendo de los factores genéticos, agronómicos y climáticos [1], [8]–[12].

En este sentido, existen alimentos ricos en compuestos fenólicos tales como verduras, cereales integrales, frutas frescas y secas, legumbres, algunas bebidas, como el vino tinto y el té y flores que en su composición muestran una amplia variedad de flavonoides, antioxidantes, compuestos fenólicos y carotenoides [13]. Por mencionar algunos ejemplos, se tiene que las frutas tropicales como el taxo, la naranjilla, el aguacate, el maracuyá, el tomate de árbol y la uvilla, entre otras, poseen altas concentraciones de compuestos fenólicos [14].

En la dieta humana, los fenoles se han estudiado debido a los posibles beneficios que pueden presentar a la salud humana. Los compuestos fenólicos son conocidos por sus propiedades antioxidantes protegiendo a las células de los radicales libres, previniendo el estrés oxidativo, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y enfermedades neurodegenerativas, al igual que debido a su versatilidad pueden ser usados para varias aplicaciones en la industria [7].

1.2 Frutas no tradicionales

Ecuador, con su rica biodiversidad, alberga una amplia variedad de frutas que son poco conocidas pero que contienen una gran cantidad de compuestos bioactivos beneficiosos para los seres humanos. Las frutas presentan una gran variedad de sabores dulces, ácidos y aromas muy intensos, estas suelen ser consumidas por lo general en fresco [15]. Estas frutas poseen

altos niveles de fenoles, los cuales han sido utilizados en la producción de fármacos, saborizantes, colorantes y otros productos. Los compuestos fenólicos presentes en estas frutas son de gran utilidad para promover la salud [16].

En la dieta de los habitantes ecuatorianos, se incluye un consumo significativo de frutas debido a la disponibilidad durante todo el año, gracias al clima favorable del país. Ecuador se destaca por contar con una amplia variedad de frutas nativas que poseen un alto contenido fenólico [17]. Así a continuación, se presenta la descripción de algunos ejemplos de frutas cultivados en diferentes regiones del Ecuador, tales como el achotillo *(Nephelium lappaceum),* granadilla de monte (*Passiflora eduli),* pitahaya *(Selenicereus megalanthus),* mortiño *(Vaccinium floribundum)* y chamburo *(Vasconcellea pubescens).*

1.2.1 Achotillo (Nephelium lappaceum)

El achotillo también conocido como rambután, rambutanes o mamón chino es una especie perteneciente a la familia Sapindaceae (Tabla 1). El achotillo es una fruta que se desarrolla en zonas tropicales de Centroamérica y Latinoamérica. Esta fruta se caracteriza por su textura y forma globosa, así como por su sabor agridulce. En términos de composición nutricional, el achotillo tiene un alto contenido de agua, hidratos de carbono, fibra, ácido ascórbico, vitaminas del grupo B, ácido fólico, magnesio y potasio. Por tanto, esta fruta contribuye a fortalecer los huesos y dientes, debido a que mejora la absorción de hierro y provoca un aumento de las defensas en el sistema inmune [18].

Tabla 1: **Descripción botánicas del achotillo**

Nombre científico:	*Nephelium lappaceum*
Familia:	Sapindaceae
Reino:	Plantae

Género:	Nephelium
Imagen:	

Fuente: [19]

1.2.2 Pitahaya (Selenicereus megalanthus)

La pitahaya amarilla o fruta del dragón, pertenece a la familia Cactaceae (Tabla 2) [20]**.** Es una fruta exótica a nivel mundial y es nativa de Ecuador, Colombia y Perú. La pitahaya amarilla crece en zonas cálidas entre 0 a 1850 metros sobre el nivel del mar (msnm). La fruta es perecible debido al alto contenido de agua que posee (85 % de humedad), por lo tanto, tiene una vida útil de anaquel de aproximadamente 8 días. Por otra parte, dentro del ámbito latinoamericano, Ecuador es uno de los máximos productores de pitahaya y la demanda de esta fruta exótica ha ido incrementando en los últimos años. En este sentido, la producción en Ecuador está centrada principalmente en las provincias de Bolívar, Morona Santiago, Santo Domingo y al noroccidente de Pichincha [21].

La pitahaya posee carbohidratos, fibra, minerales, vitamina C, compuestos fenólicos y ácidos grasos [20]. Esta fruta es usada en suplementos digestivos, yogures, gelatinas, refrescos, helados, dulces y mermeladas [22]. La pitahaya por el alto contenido de compuestos químicos que posee, presentan beneficios para la salud ya que puede contribuir a disminuir la glucosa en la sangre, sirve como laxante, posee una acción antioxidante, alivia la artritis y contribuye con dolencias de las articulaciones y con problemas estomacales [23], [24].

Tabla 2: **Descripción botánicas de la pitahaya**

Nombre científico:	*Selenicereus megalanthus*
Familia:	Cactaceae
Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Género:	Selenicereus
Imagen	

Fuente: [20]

1.2.3 Mortiño (Vaccinium floribundum)

El mortiño o Andean Blueberry, pertenece a la familia Ericaceae (Tabla 3). El mortiño es una de las frutas nativas de Latinoamérica. En Ecuador se encuentra en los páramos desde el Ángel en la provincia de Carchi hasta el Tambo en Cañar, sin embargo, no se ha encontrado cultivos comerciales de mortiño y solo se lo encuentra en parcelas pequeñas en los páramos, donde este fruto crece de forma silvestre. Por otra parte, la mayor característica del mortiño es la coloración púrpura, la cual se debe a la concentración de antocianinas que es una de las moléculas del grupo de los fenoles. Además, posee una alta cantidad de agua, carbohidratos, grasas, proteína, fibra, hierro, zinc, calcio, potasio, magnesio y vitaminas El mortiño se emplea en postres, bebidas, vinos, helados, jaleas, mermeladas, entre otros productos. En Ecuador, esta fruta es mayormente consumida en el mes de noviembre en la elaboración de la cola morada, plato típico de la celebración del Día de los Difuntos [25], [26].

Tabla 3: **Descripción botánicas del mortiño**

Nombre científico:	*Vaccinium floribundum*
Familia:	Ericaceae
Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Género:	Vaccinium
Imagen	

Fuente: [26]

1.2.4 Chamburo (Vasconcellea pubescens)

El chamburo, papayuela o papaya de montaña, es un fruto nativo de Ecuador y nace de forma silvestre en las regiones de los Andes [27]. Pertenece a la familia Caricaceae (Tabla 4). Esta especie es encontrada en altitudes sobre los 1500 metros sobre el nivel del mar [28]. En el Ecuador se han encontrado genotipos en valles del callejón interandino [29] y en los últimos años se ha visto un aumento de la producción debido a los aportes nutricionales que posee [30].

El chamburo es una fuente importante de agua, carbohidratos, proteína, fibra, minerales como el calcio, fósforo y hierro, ácidos orgánicos como el ácido cítrico, vitaminas como la provitamina A, B1, B2, B3, C y E, aminoácidos esenciales, entre otros [31]. Por las características nutricionales, este alimento se puede utilizar en la elaboración de mermeladas, yogures y dulces Además, por el alto contenido de compuestos antioxidantes, se ha evidenciado que el chamburo puede purificar la sangre, es cicatrizante, desinfectante, alivia las contracciones musculares, puede prevenir el envejecimiento y contribuir a mejorar la diabetes [30], [32]..

Tabla 4: **Descripción botánicas del chamburo**

Nombre científico:	*Vasconcellea pubescens*
Familia:	Caricaceae
Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Imagen	

Fuente:[31]

1.3 Generalidades del secado

El secado es una técnica utilizada desde la antigüedad para la conservación de granos, carnes, frutas, vegetales y pescado. Esta técnica tiene como objetivo eliminar la actividad del agua o inmovilizarla dentro de un alimento, esto se logra incrementando la concentración de sal o azúcar, lo cual ayuda a disminuir las reacciones enzimáticas o frenar el desarrollo de microorganismos, consiguiendo que se prolongue la vida de anaquel del producto [33]. Es así, que los productos deshidratados hoy en día contribuyen al aporte nutricional de la población.

A pesar de que el secado se utiliza para estabilizar el producto, este proceso genera en los alimentos variaciones físicas, químicas y sensoriales. Así, productos que tienen mayor contenido de sólidos solubles retienen mayor cantidad de agua. A su vez, el tamaño del fruto es directamente proporcional al tiempo de secado y la humedad inicial del producto y la velocidad de secado influyen sobre el secado. En este sentido, todas estas características deben ser analizadas al momento de diseñar nuevos productos, para lograr un menor impacto sobre las características del producto, logrando maximizar los beneficios para el consumidor [34]. Por lo tanto, existen varios equipos empleados para el proceso de secado, un ejemplo son los secadores convectivos, secadores de cabina y bandeja, secadores de radiación y secadores por congelación, los cuales se describirán a continuación.

1.3.1 Secadores convectivos por aire caliente

Este secado es muy usado industrialmente debido a la sencillez de uso; sin embargo, el proceso de secado es lento [35] A continuación, se mencionan algunos secadores convectivos por aire caliente:

a. **Secadores de horno:** Es un secador usado a nivel industrial y consiste en dos pisos, el primero suministra el aire caliente dejando que los gases de combustión se dirijan hacia la parte superior y atraviesen el producto a secar que se encuentra en el segundo piso (Figura 1). Es un secado que no facilita el control del proceso, es discontinuo y el tiempo de secado es largo [34].

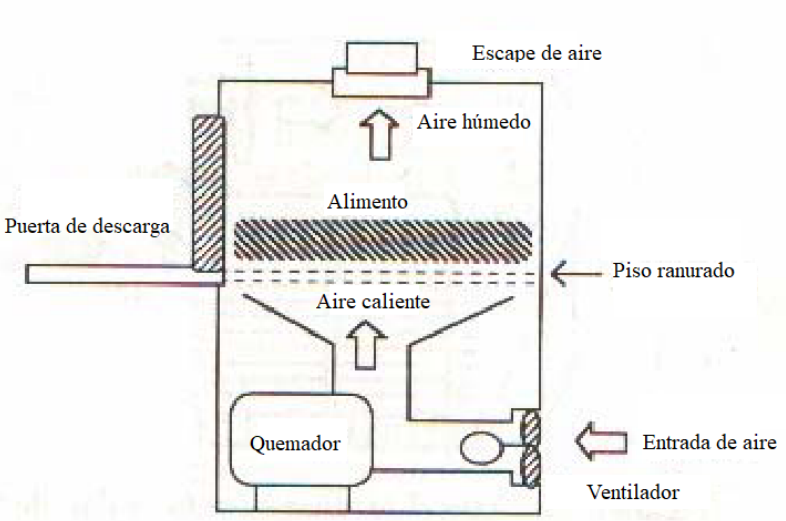


Figura 1 **Secador de horno**

Fuente: [36]

b. **Secadores de cabina o bandejas:** Es un secador de cabina aislada en la que se disponen bandejas, además cuentan con ventiladores que hacen circular el aire a través de un calentador y el mismo es direccionado de forma vertical y horizontal sobre el producto (Figura 2) [36].

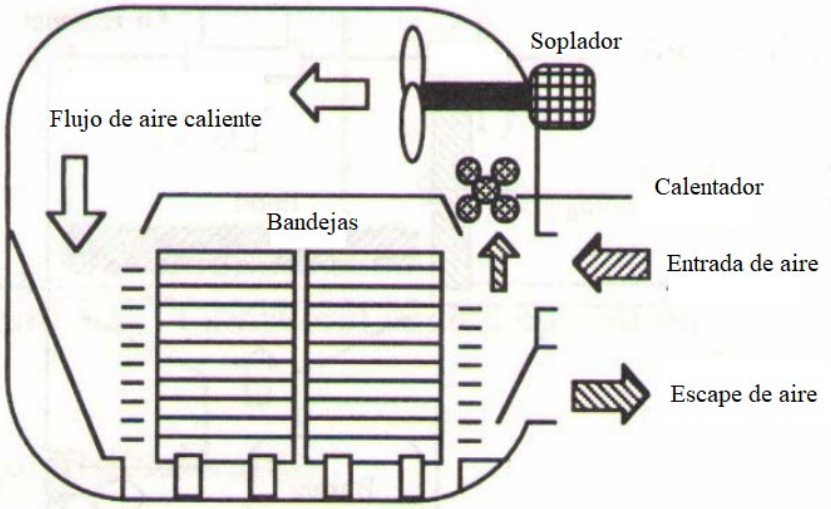


Figura 2 **Secador de bandejas**

Fuente: [37]

c. **Secador de túnel:** Es un secador de cabina mejorado. En este secador, el producto ingresa por un extremo del secador y el producto seco sale por el otro extremo. El aire caliente es movido por ventiladores sobre el producto (Figura 3) [37].

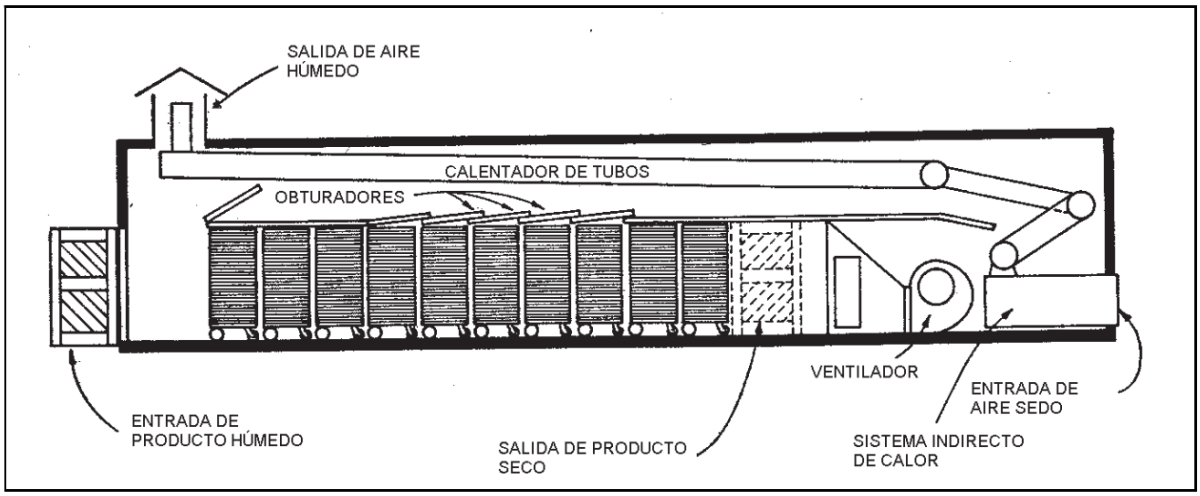


Figura 3 **Secador de túnel**

Fuente: [35]

d. **Secado de cinta continua:** Son secadores con circulación de aire y continuos a través del material que es transportado por bandas, a una velocidad considerada para el secado, además el calentamiento se consigue a través del vapor que se condensa en el interior mediante tubos (Figura 4) [38].

Figura 4 **Secador de cinta continua**

Fuente: [38]

e. **Secadores de tolva:** En estos secadores se aplica calor para evaporar el agua mediante dispositivos de calentamiento y se emplea ventilación para eliminar la humedad. Este tipo de secado es más utilizado industrialmente en secado de granos (Figura 5) [34].

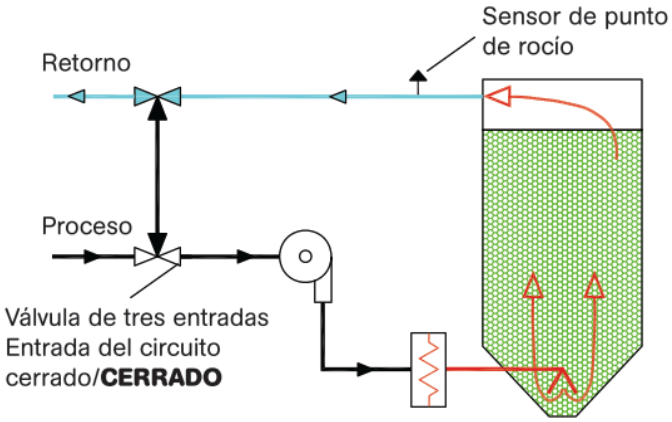


Figura 5 **Secador de tolva**

Fuente: [39]

f. **Secadero de tornillo sin fin:** Es un secador de calentamiento indirecto, el cual consiste esencialmente en un transportador horizontal conformado por un tornillo gigante (Figura 6). El calor transferido al material del tornillo es lo que provoca la

evaporación de la humedad y es más utilizado para materiales sólidos y pastosos [40].

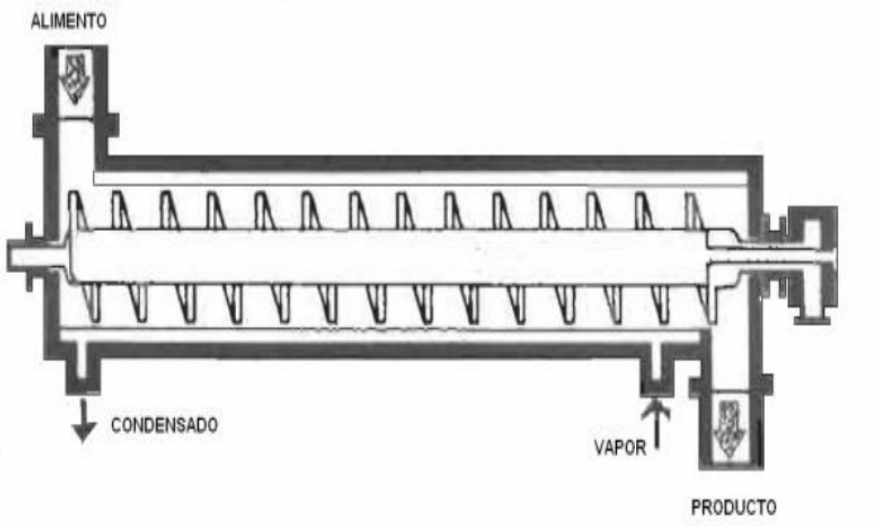


Figura 6 **Secador de tornillo sin fin**

Fuente: [40]

g. **Secadero de lecho fluidizado:** Este secador es más rápido que los convencionales. El tiempo de secado es menor al tiempo requerido en secadores tipo túnel, lo que puede reducir las pérdidas de algunos compuestos nutricionales. La ventaja de este secador es el que es menor al de un liofilizador (Figura 7) [41].

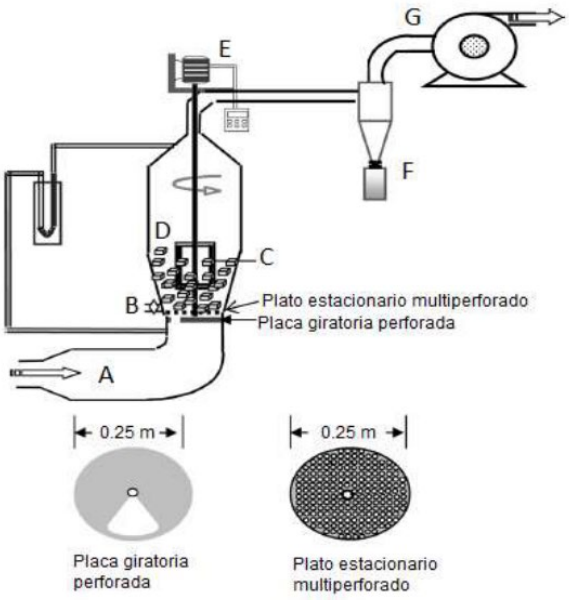


Figura 7 **Secador lecho fluidizado**

Fuente: [41].

1.3.2 Secadores por radiación

Este tipo de secadores emplea radiaciones electromagnéticas. A continuación, se describen algunos ejemplos:

a. **Secado continuo de infrarrojo**: este es un secado que tiene como objetivo disminuir el agua del producto hasta obtener un peso constante, trasladando el producto por una cinta continua a través de un infrarrojo [34]. Este proceso de secado es influenciado por factores como la profundidad y la cantidad de agua del alimento [42]. Sin embargo, se debe considerar que el secado por infrarrojo tiene un costo de energía que va de 4 a 6 veces más, que otros métodos de secado (Figura 8).

Figura 8 **Secado continuo de infrarrojo**

Fuente: [3]

b. **Secado por microondas:** El microondas es un método para reducir la humedad sin la necesidad de depender del aire caliente o calor colectivo, la humedad existente se evapora y mediante un sistema de ventilación se elimina el vapor. Este método es rápido y eficiente, más que los métodos convencionales (Figura 9) [43].

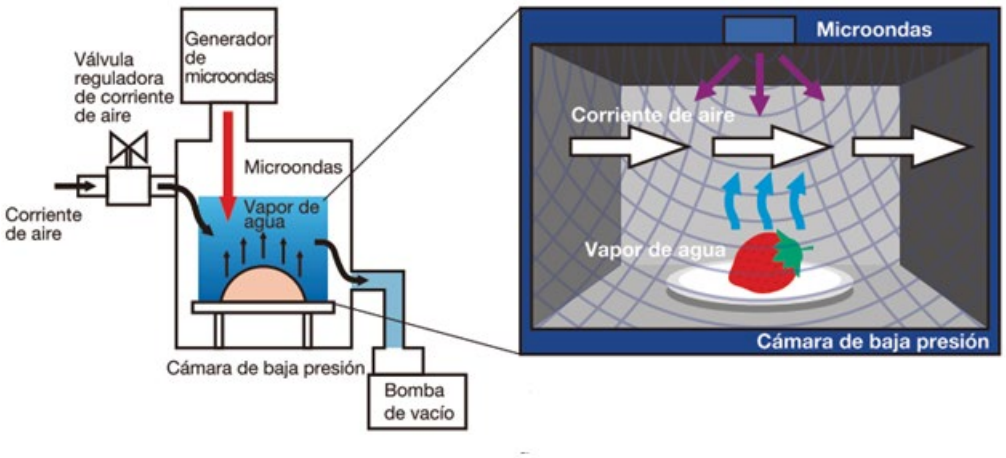


Figura 9 **Secado por microondas**

Fuente: [44]

c. **Secado al sol:** este secador emplea la energía solar la cual se ha utilizado desde la antigüedad. Existen dos tipos de secados, el directo que consiste en colocar el producto directo al sol y no permite controlar ningún tipo de variable como la humedad, temperatura o radiación solar, y el secado indirecto que utiliza aire caliente para hacerlo pasar sobre el producto por el cual se obtiene la energía de un panel solar por donde se receptan los rayos solares y transfiere el calor al aire [3]. El secado solar es un deshidratador natural y que se adapta a las diferentes temperaturas del ambiente (Figura 10) [45], [46].

Figura 10 **Secado al sol**

Fuente: [3]

1.3.3 Secadores por congelación o secado por sublimación (liofilización)

El secado por liofilización es una técnica utilizada en alimentos, farmacéutica y biotecnológica, el cual trata de conservar productos mediante un secado a bajas presiones y bajas temperaturas mediante un proceso de sublimación del agua logrando conservar las características nutricionales de los productos, además del color [47]–[49].

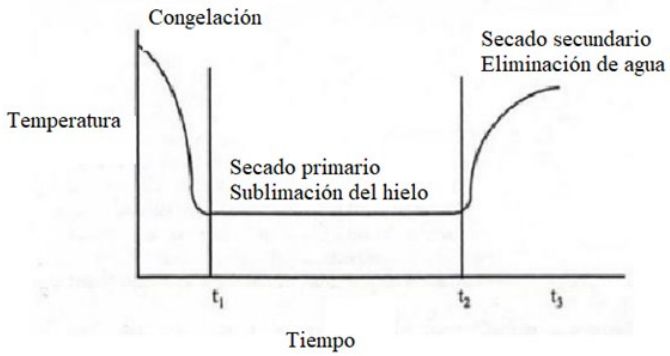


Figura 11 **Diagrama temperatura vs. tiempo del proceso de secado por liofilización**

Fuente: [49]

1.4 Normativa para frutos secos

El crecimiento acelerado del mercado en la cadena alimenticia ha hecho que existan grandes cambios, uno de ellos es que el mercado exige a los proveedores tener certificaciones para asegurar la calidad de los productos. Es por ello que existe una gran variedad de normativas para la elaboración de alimentos, las cuales buscan que el cliente encuentre un producto que satisfaga sus necesidades [50]. En este sentido, existen normativas nacionales e internacionales que se deben cumplir para la venta de los productos elaborados tanto en el mercado nacional como en el mercado internacional. A continuación, se describen algunas normativas internacionales y nacionales.

1.4.1 Normativa internacional

La normativa internacional es una normativa no exigible en el Ecuador, sin embargo, las entidades gubernamentales del Ecuador las adoptan y las adaptan al contexto nacional. Además, se debe mencionar que cada país de origen tiene sus propias normativas y en caso de

exportación de productos, la industria debe cumplir dichas normativas locales. Es así, que para mantener una uniformidad en todo el contexto mundial se tiene las normativas del Codex alimentario y las normativas ISO.

1.4.1.1 Codex alimentario

Esta normativa contribuye con normas, directrices y códigos para la elaboración de productos alimenticos, busca la inocuidad, calidad y la equidad al momento de comercializarlas. Estas normas también buscan dar mejor información científica y se apoyan de más organizaciones internacionales como la Organización de la Agricultura y Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) [51]. Es así como se puede mencionar algunas normas relacionadas a productos secos que tiene el Codex alimentario:

- CXS 39-1981 Norma para los hongos comestibles desecados
- CXS 67-1981 Norma para las uvas pasas
- CXS 96-1981 Norma para el jamón curado cocido
- CXS 130-1981 Norma para los albaricoques secos

1.4.1.2 Norma ISO 22000

Esta norma incluye los conceptos de buenas prácticas de manufactura y evaluación de puntos críticos de control [50]. Esta norma regula principios de adquisición de la materia prima hasta cuando el alimento se comercializa. Al implementar esta normativa se reducen los riesgos de seguridad alimentaria, se mejora el rendimiento de producción, se mejora el producto logrando la satisfacción del cliente, y se cumple con los requisitos regulatorios [52]. En este sentido se puede mencionar algunas normas ISO relacionadas a la industria de alimentos.

- ISO 9000 Gestión de la Calidad
- ISO 14000 Gestión ambiental
- ISO 22000 Seguridad alimentaria

1.4.2 Normativa nacional

En el Ecuador existen normativas establecidas por el Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Normalización (INEN) las cuales controlan la inocuidad de los alimentos para

preservar la salud de los ecuatorianos en relación con el aspecto alimenticio [53]. Es así, que a continuación se presentan las principales regulaciones que brindan información para la elaboración de productos alimenticios.

- Ley Orgánica de salud (LOS): Es la legislación que establece lineamientos generales para producir y comercializar algún producto, incluye una política de seguridad alimentaria y nutricional, también aborda aspectos de control e inspección sanitaria donde se establece que se velará por la protección a la salud [54].
- Reglamento de registro y control sanitario de alimentos: Este reglamento es base de ayuda a la LOS para tener mejor control de los requisitos sanitarios necesarios para la elaboración, almacenamiento, comercialización, y transporte de alimentos. En este reglamento se brinda información sobre las buenas prácticas de manufactura (BPM), higiene, control de plagas y otras aspectos [55].
- Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE): Son técnicas que implantan requisitos de seguridad, calidad para todos los tipos de alimentos. Alguna de las técnicas que se encuentran vigentes para la elaboración de alimentos es la norma INEN-ISO 2687:2013 que es aplicable para todos quienes en sus actividades comerciales realicen la adquisición, recepción, preparación, almacenamiento y transporte de alimentos en el Ecuador[56]. La norma presenta requisitos relativos a la infraestructura, servicios, equipos, utensilios, preparación de los alimentos, entre otros requisitos.

1.5 Beneficios del consumo de los frutos secos con compuestos fenólicos.

Los frutos secos poseen alto contenido de compuestos bioactivos, entre los principales se encuentran los compuestos fenólicos. La alta ingesta de frutos con alto contenido fenólico permite gozar de buena salud y ayudan a la prevención de enfermedades [57].

Los compuestos fenólicos según diferentes estudios han demostrado poseer efectos vasodilatadores y estos son capaces de mitigar la oxidación de las lipoproteínas, mejorando el perfil lipídico y tienen capacidad de modular proceso de apoptosis. Otro de los beneficios es el crecimiento y el establecimiento de las familias probióticas e incluso ayudan a impedir el crecimiento de bacterias patógenas. Además, se ha evidenciado que existen algunos polifenoles que tienen potencial terapéutico y preventivo contra el cáncer, tales como, las antocianinas,

epicatequina, resveratrol, y curcumina. En este sentido, la curcumina es uno de los compuestos que presenta efectos antinflamatorios, antioxidantes y esencialmente presenta efectos anticancerígenos. Por otro lado, se han realizado estudios preclínicos del resveratrol sobre mamas, próstata y piel y se ha demostrado los efectos anticancerígenos [13].

2 Materiales y métodos

2.1 Investigar bibliográficamente dos diferentes frutas que contengan altos contenidos de fenoles.

El estudio incluyó una búsqueda bibliográfica de la cual se decidió profundizar la investigación en chamburo (*Vasconcellea pubescens*) y pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), las cuales se encontró que presentaron altos contenidos de compuestos fenólicos y son frutos exóticos del Ecuador. Este trabajo incluyó la consulta en libros y artículos científicos obtenidos de Google Schoolar, bases de datos como IEEE Xplore, Science Direct, eLibro, ProQuest y Web of Science.

2.2 Determinar el tipo de secado que permita conservar las altas concentraciones de compuestos fenólicos en las dos frutas seleccionadas.

Una vez seleccionadas las frutas chamburo (*Vasconcellea pubescens*) (Figura 12-A) y pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) (Figura 12-B) para el estudio y los tipos de secado en estufa y liofilización, se realizó un diseño factorial 2x2 para el proceso de secado. Este proceso consideró dos factores los cuales fueron la temperatura y el flujo de aire. Así, los tratamientos considerados en este estudio se muestran en la tabla 5.

Figura 12 **Fotografía del chamburo (A) y pitahaya (B)**

Tabla 5: **Diseño factorial**

Tratamiento	**A**	**B**	**A**	**B**
1	Bajo	Bajo	70 °C	0 %
2	Alto	Bajo	90 °C	0 %
3	Bajo	Alto	70 °C	10 %
4	Alto	Alto	90 °C	10 %

Nota: A, temperatura; B, flujo de aire

Elaborado por los autores, 2023

Por otra parte, la pitahaya considerada en el estudio fue comprada en el Mercado Mayorista (0°16'17,315"S, 78°31'59,554"O) de la ciudad de Quito, mientras que el chamburo fue adquirido del Mercado Norte Santo Domingo (0° 21'6.156"N, 78°7'20.388"O) de la ciudad de Ibarra. Las muestras en estudio fueron seleccionadas al azar y consideró aproximadamente 50 frutas. En este sentido, con el fin de preservar la integridad de las muestras, estas fueron trasladadas en contenedores refrigerados y provistas de papel a los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana.

El secado se llevó a cabo utilizando un mínimo de 10 frutas por cada tratamiento, las cuales fueron previamente lavadas y secadas. Se midió el diámetro longitudinal y el diámetro ecuatorial, se cuantificó el peso, pH, sólidos solubles, acidez titulable y ceniza de cada fruta en estudio. Luego, el chamburo se cortó en rodajas finas de aproximadamente 100 mm de largo previo retiro de la placenta que incluyó las semillas, mientras que la pitahaya primero se peló para luego ser cortada en rodajas de aproximadamente 3 a 4 mm de espesor. Las rodajas de cada fruta y por separado fueron colocadas en cajas Petri previamente taradas para llevar a cabo el secado en una estufa con recirculación de aire modelo UN110 (Memmert, Alemania) (Figura 13).

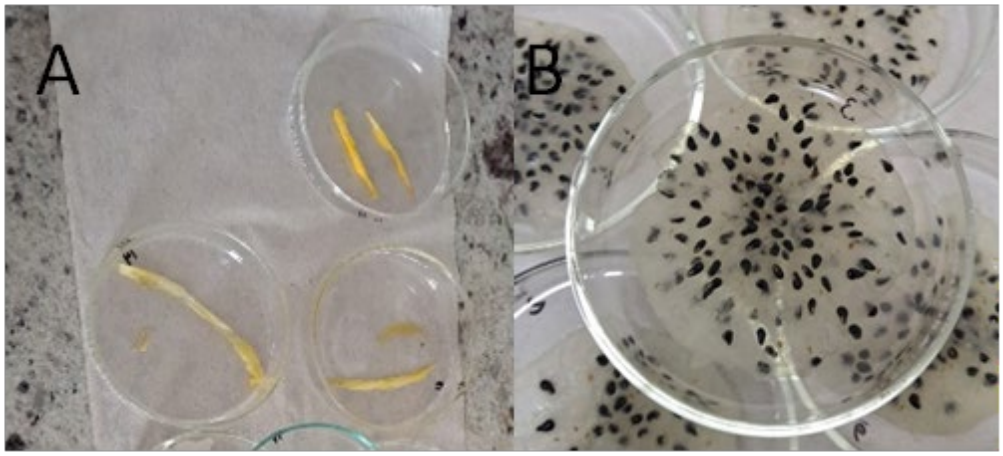


Figura 13 **Cajas Petri con chamburo (A) y pitahaya (B)**

Para determinar la curva de secado, se realizó pesajes en intervalos de 30 min hasta alcanzar un peso constante. La humedad se calculó utilizando la Ecuación 1.

$$\%H = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P} * 100 \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Donde:

P Caja Petri vacía en gramos

P1 Caja Petri + Muestra inicial en gramos

P2 Caja Petri + Muestra final en gramos [58]

Por otro lado, el secado por liofilización empleó un equipo modelo Alpha 1-4 LSCbasic (Christ, Alemania) bajo una presión de vacío de 0,22 mbar y a -35,5 °C de temperatura. Antes de iniciar el secado, las rodajas de fruta se dispusieron en cajas de aluminio previamente taradas y se sometieron a congelación a -80 °C [9].

Para determinar el proceso de secado más adecuado, se procedió a cuantificar la concentración de fenoles totales en las muestras secas tanto por secado en estufa como por liofilización, empleando la metodología descrita por Coyago-Cruz [1]. Para ello, las muestras fueron trituradas en un mortero hasta polvo fino. Se tomaron 20 mg de este polvo y se mezcló con 1,0 mL de metanol acidificado. La mezcla se agitó en un vortex Velp Scientifa modelo F202A0173 (Velp, Italia) y posteriormente se sometió a utltrasonificación utilizando un ultrasonido Branson, 1510R-MTH (Espectrocrom, Ecuador) durante 3 min. Después de este proceso, los sólidos fueron separados en una microcentrífuga Labnet, C2400-B (Labnet

biotécnica, Estados Unidos) a una temperatura de 3 °C durante 3 min y a una velocidad de 13300 rpm. El sobrenadante resultante fue separado y el sólido residual fue sometido a dos extracciones adicionales, utilizando 0,5 mL de la solución metanólica [59].

La lectura de la absorbancia se realizó utilizando un espectrofotómetro Jasco V-739 (BioTek, USA) a 750 nm de longitud de onda. Para ello, se tomaron 20 uL de la solución extraída y se mezclaron con 100 uL de Folín (Sigma-Aldrich, Merck, Alemania). A continuación, se agregaron 300 uL de carbonato de sodio (Fisher, España) y se completó el volumen a 2 mL con agua desionizada. Para permitir la reacción, las muestras se dejaron en reposo en la oscuridad por 90 minutos antes de realizar la lectura de la absorbancia.

La curva de calibración se construyó utilizando una solución madre de ácido gálico, de la cual se realizaron soluciones de concentraciones conocidas de 0, 10, 20, 40, 60, 80, 90 y 100 mg/L (Loba Chemie, India). Estas soluciones fueron leídas de la misma manera que las muestras [58]. La concentración de fenoles totales se determinó utilizando la Ecuación 2.

$$\mathrm{CFT}\left[\frac{\mathrm{mgEAG}}{\mathrm{g}}\right] = \mathrm{C} * \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} * \mathrm{Fd} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

Donde

CFT Compuestos fenólicos totales

EAG Equivalentes de ácido gálico

C Concentración en mg/mL de la curva de calibración

V Volumen de aforo (mL)

m Masa de la muestra

Fd Factor de dilución

2.3 Diseñar la presentación del snack de frutos secos con alto contenido de fenoles.

El diseño de la presentación del snack de frutos secos se realizó teniendo en cuenta un tamaño de producción que satisfaga una demanda de mercado del 3 % para productos secos consumidos en Ecuador.

Una vez definida la cantidad de materia prima a considerar en el diseño, se estableció el procedimiento del snack de frutos secos. Así mismo, se dimensionó los equipos necesarios para la producción, teniendo en cuenta un ciclo de trabajo de 8 horas.

El dimensionamiento de los equipos permitió desarrollar el diseño de la planta necesaria para el proceso productivo y también el diseño de la presentación del snack de frutos secos, en cumplimento de las regulaciones ecuatorianas sobre etiquetado de productos alimenticios para consumo humano, especificadas en las partes 1, 2 y 3 [60]–[62].

2.4 Realizar el análisis de costo del producto y la comparación con productos similares del mercado

Una vez completo el diseño y la presentación del snack de frutos secos, se realizó un análisis de costos del producto y se comparó con productos similares disponibles en el mercado ecuatoriano. Para determinar la rentabilidad del proceso productivo, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

3 Resultados y discusiones

3.1 Investigar bibliográficamente dos diferentes frutas que contengan altos contenidos de fenoles.

Para el estudio se investigó bibliográficamente el contenido de fenoles totales, la humedad en fruta fresca y la humedad del fruto seco, tal como se muestra en la tabla 6. La concentración de compuestos fenólicos totales varió en un rango desde 19,3 mg/100 g en base seca (mango) a 414,4 mg/100 g en base seca (arándanos). A su vez, la humedad en fruto fresco varió desde 65,8 % (tamarindo) hasta 93,7 % (papaya), sin embargo, para los arándanos no se evidenció fuentes bibliográficas que reporten este parámetro. Finalmente, en la mayoría de las frutas en estudio no se evidenció valores para humedad del fruto seco, sin embargo, en las frutas que reportaron humedad de fruto seco se presentó un rango desde 1,1 % (uvilla) hasta 22 % (mortiño).

Tabla 6: **Concentración de compuestos fenólicos en frutas maduras**

Nombre Científico	Nombre común	Concentración de fenoles en base seca	Humedad fresco	Humedad seco	Bibliografía
Carica papaya	Papaya	1263,7 mg/100 g	93,7 %		[63]
Selenicereus megalanthus	Pitahaya	56,4 mg EAG/100 g	85,4 %	--	[20]
Vaccinium floribundum	Mortiño	4475,8 mg EAG/100 g	89 %	22%	[64]
Vasconcellea pubescens	Chamburo	25,9 mg EAG/100 g	93 %	--	[65]
Ananas comosus	Piña	990,8 mg /100 g	87,2 %	--	[63]
Passiflora edulis	Maracuyá	9,3 mg AG/100 g	81,7 %	--	[66]
Vaccinium myrtillus	Arándano	2,17 mg EAG/100 g	--	--	[67]
Physalis peruviana	Uvilla	36,58 mg AGE/100 g	80,2 %	1,1 %	[68]
Tamarindus indica	Tamarindo	102,7 mg EAG/100 g	65,9 %	8,2 %	[69]
Mangifera indica	Mango	60 mg EAG/100 g	83,3%	10%	[70]

Nota: *, base fresca; **, base seca

3.2 Determinar el tipo de secado que permita conservar las altas concentraciones de fenoles totales en las dos frutas seleccionadas.

3.2.1 Caracterización fisicoquímica de las muestras en estudio

En la tabla 7 se muestran los valores promedio del peso, diámetro ecuatorial, diámetro longitudinal, pH, sólidos solubles, acidez titulable y ceniza de las muestras en estudio. Es así como la pitahaya mostró un mayor peso, tamaño y sólidos solubles que el chamburo. Los valores de peso en pitahaya en este estudio fueron mayores, los valores de sólidos solubles y acidez titulable fueron menores a los reportados por otros autores quienes presentaron un valor de 231,7 g en peso, 14,7 °Brix y 4,7 de pH, respectivamente en fruta cultivada en Colombia [71]. Además, según la normativa NTE-INEN-0-25 para pitahaya amarilla se observó que las muestras en estudio mostraron un valor superior a 161 g de peso correspondiente a fruta con calibre premium [21].

Tabla 7: **Valores promedio de las caracterizaciones fisicoquímicas de las muestras en estudio**

Composición química	Chamburo	Pitahaya	Valor *p*
Peso (g)	$112,3 \pm 14,6^{b}$	$406,3 \pm 28,3^{a}$	0,0000
Diámetro ecuatorial (cm)	$5,4 \pm 2,0^{b}$	$8.2 \pm 2,1^{a}$	0,0001
Diámetro longitudinal (cm)	$8,7 \pm 8,1^{b}$	$10,7 \pm 5,1^{a}$	0,0000
pH	$5,0 \pm 0,0^{a}$	$4,5 \pm 0,0^{b}$	0,0000
Sólidos solubles (Brix)	$5,6 \pm 0,3^{b}$	$13,8 \pm 0,3^{a}$	0,0000
Acidez titulable total (%)	$0,2 \pm 0,0^{a}$	$0,1 \pm 0,0^{b}$	0,000
Ceniza (%)	$5,5 \pm 0,8^{b}$	$12,7 \pm 1,8^{a}$	0,0036

Nota: Letras minúsculas junto a la desviación estándar representa la comparación entre chamburo y pitahaya en cada una de las características fisicoquímicas. Letras diferentes señalan diferencia significativa con un $p < 0,05$.

3.2.2 Diseño factorial del secado en estufa de la pitahaya

a) Curva de secado en estufa de la pitahaya a 70 °C y 0 % de flujo de aire.

En la figura 14 se muestra la curva de secado de la pitahaya a una temperatura de 70°C y a 0 % de flujo de aire. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 93,1 % hasta llegar a una humedad20% % a un tiempo de 1345 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera

variación hasta llegar a los 1700 min con humedad de 18,2 %. Es así, que la humedad inicial de la fruta en este estudio resultó ser superior a los valores reportados por otros autores en pitahaya amarilla fresca, los cuales variaron entre 85,0 a 85,9 % [20]. La diferencia pudo deberse al lugar de cultivo, ya que en zonas cálidas la pérdida de humedad es mayor, mientras que en zonas húmedas existe mayor retención de humedad en la fruta. Además, la humedad también se ve influenciada por la variedad y las características de almacenamiento de la fruta que provoca una pérdida de agua debido a la respiración propia de la fruta luego de la cosecha, tal como sugieren otros autores [1].

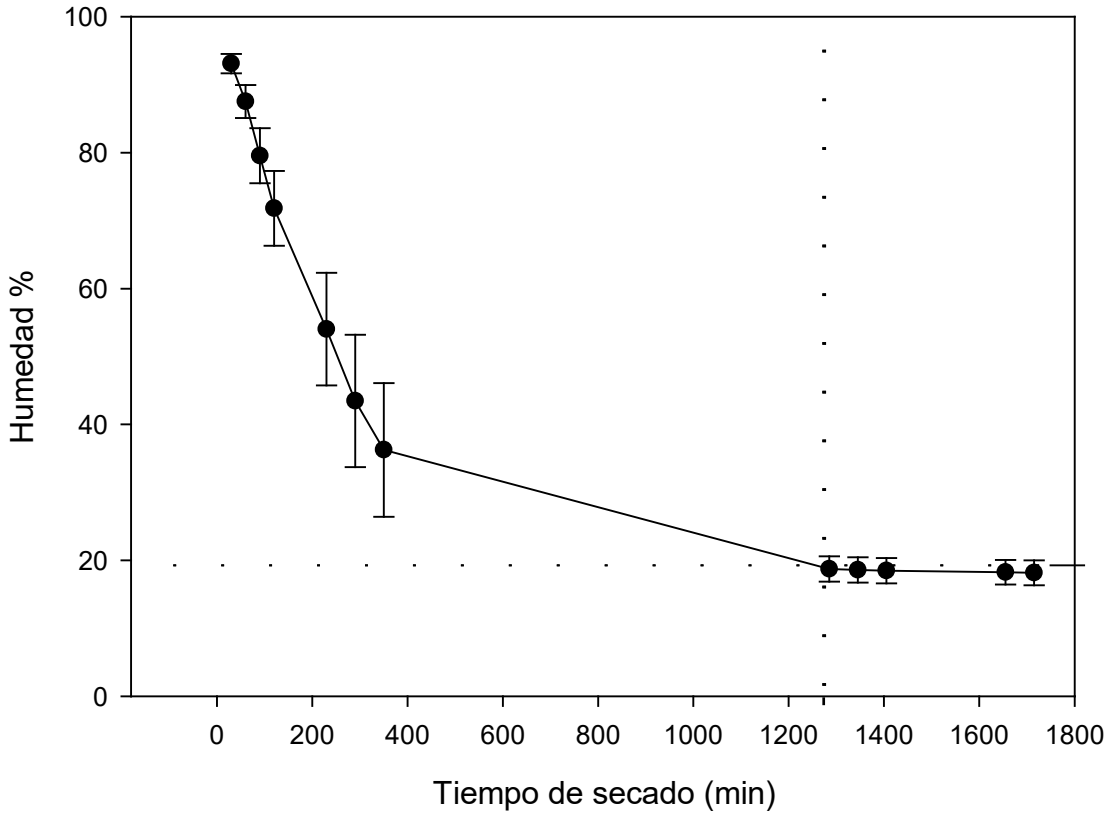


Figura 14 **Curva de secado de la pitahaya a 70 °C y 0 % de circulación de aire**

b) **Curva de secado en estufa de la pitahaya a 70 °C y 10 % de flujo de aire.**

En la figura 15 se muestra la curva de secado de la pitahaya a una temperatura de 70 °C y 10 % de circulación de aire. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 94,9 % hasta llegar a una humedad promedio de 25 % a un

tiempo de 1245 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 1665 min y una humedad del 23,7 %.

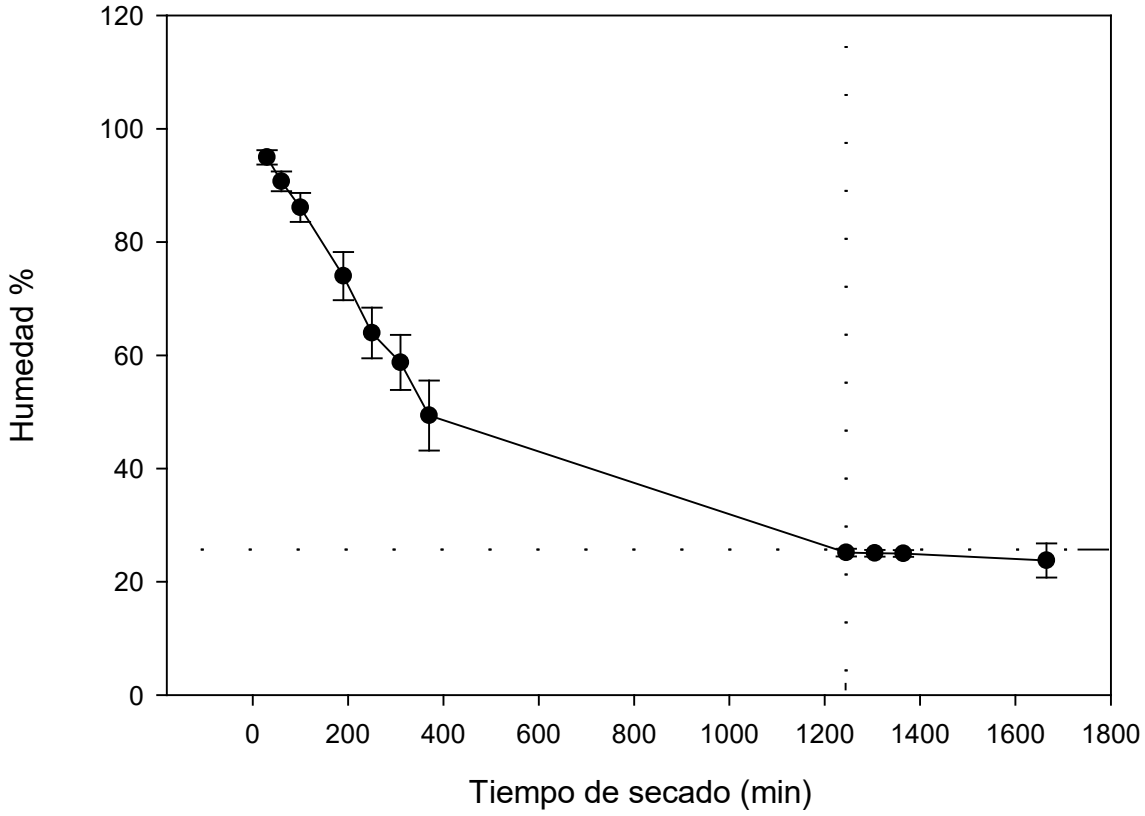


Figura 15. **Curva de secado de la pitahaya a 70 °C y 10 % de circulación de aire**

c) **Curva de secado en estufa de la pitahaya a 90 °C y 0 % de flujo de aire.**

En la figura 16 se muestra la curva de secado de la pitahaya a una temperatura de 90°C y 0% de flujo de aire. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 77,7 % hasta llegar a una humedad promedio de 15 % a un tiempo de 435 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 1335 min con una humedad del 12,2 %.

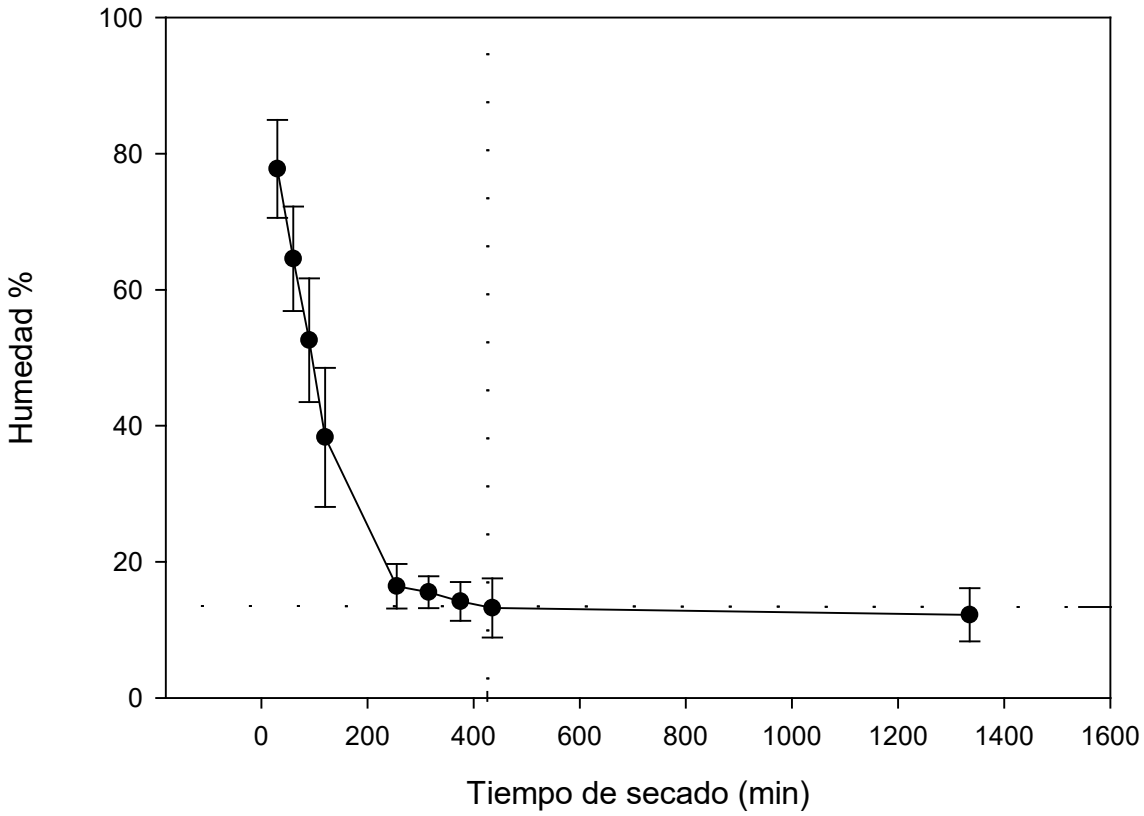


Figura 16. **Curva de secado de la pitahaya a 90 °C y 0 % de circulación de aire**

b) **Curva de secado en estufa de la pitahaya a 90 °C y 10 % de flujo de aire.**

En la figura 17 se presenta la curva de secado de la pitahaya a una temperatura de 90 °C y un flujo de aire de 10 %. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 88,6 % hasta llegar a una humedad de 22,5 % a un tiempo de 1290 min.

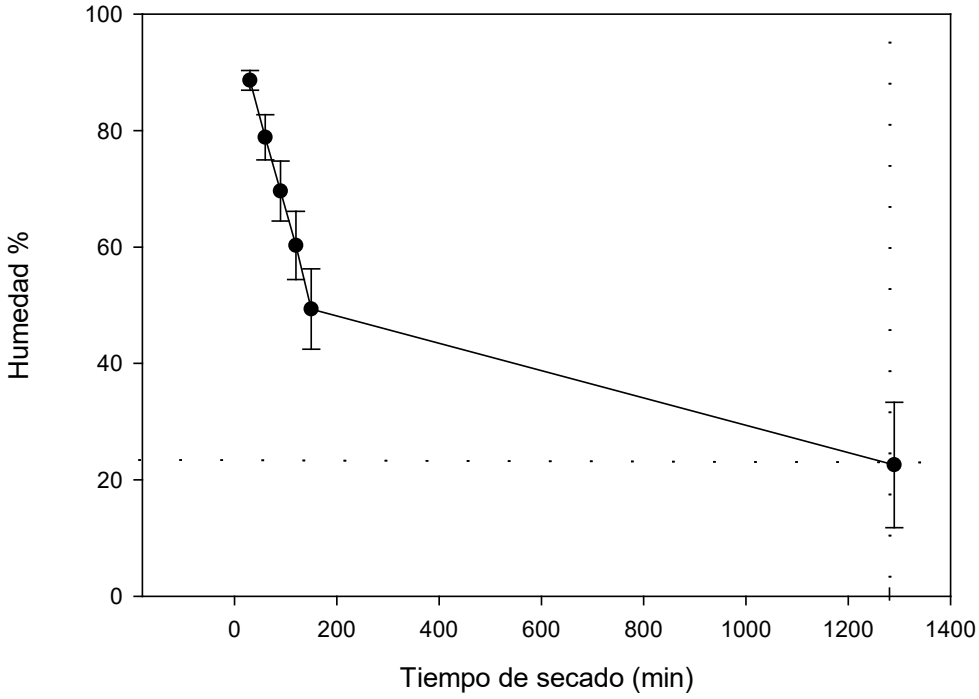


Figura 17 **Curva de secado de la pitahaya a 90 °C y 10 % de circulación de aire**

En la tabla 8, se muestran un resumen de los datos de secado de la pitahaya y el análisis estadístico de la misma. Estos valores señalan que la humedad inicial de la pitahaya no fue similar, esto pudo deberse a que la muestra en estudio pudo tener diferentes días de almacenamiento, lo que provocó una disminución del contenido de agua, como es el caso de la muestra que se empleó en el secado en estufa a 90 °C y 0 % de circulación de aire, comparada con el resto de las muestras, tal como es descrito por otros autores, que indicaron una pérdida del 3,5 % a los 7 días de almacenamiento y 6,5 % a los 14 días [21] . Además, esta diferencia también pudo deberse al hecho que las muestras se compraron en mercados locales y para tener una muestra representativa de venta, se colecta fruta de diferentes productores, dando una muestra heterogénea.

Por otra parte, la humedad final señaló que el método de secado en estufa a 70 °C y 10 % de flujo de circulación de aire fue el que presentó la mayor humedad, mientras que el método de secado a 90 °C y 0 % de flujo de circulación de aire la menor humedad con un tiempo de secado promedio de 7 h con 18 min.

Tabla 8: **Valores promedio de la humedad inicial y humedad final de la pitahaya**

Secado	Temperatura (°C)	Flujo de aire (%)	% Humedad inicial	%Humedad final	Tiempo recomendado de secado (h)	Tiempo final de secado (h)
Estufa	70	0	$93,1 \pm 1,4^{a}$	$18,2 \pm 1,8^{b}$	20 h 27 min	28 h 38 min
Estufa	70	10	$94,9 \pm 1,3^{a}$	$23,7 \pm 3,0^{a}$	21 h	27 h 45 min
Estufa	90	0	$77,7 \pm 7,2^{c}$	$12,2 \pm 3,8^{c}$	7 h 18 min	22 h 15 min
Estufa	90	10	$88,6 \pm 1,6^{b}$	$22,5 \pm 10,8^{ab}$	6 h 50 min	19 h

Nota: Letras minúsculas junto a la desviación estándar representa la comparación entre las humedades en los diferentes tratamientos. Letras diferentes señalan diferencia significativa con un $p < 0,05$.

3.2.3 Diseño factorial del secado en estufa del chamburo

a) **Curva de secado en estufa del chamburo a 70 °C y 0 % de flujo de aire.**

En la figura 18 se observa la curva de secado de chamburo a una temperatura de 70°C y a un flujo de aire de 0 %. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 60 % hasta llegar a una humedad promedio de 15 % a un tiempo de 94 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 124 min.

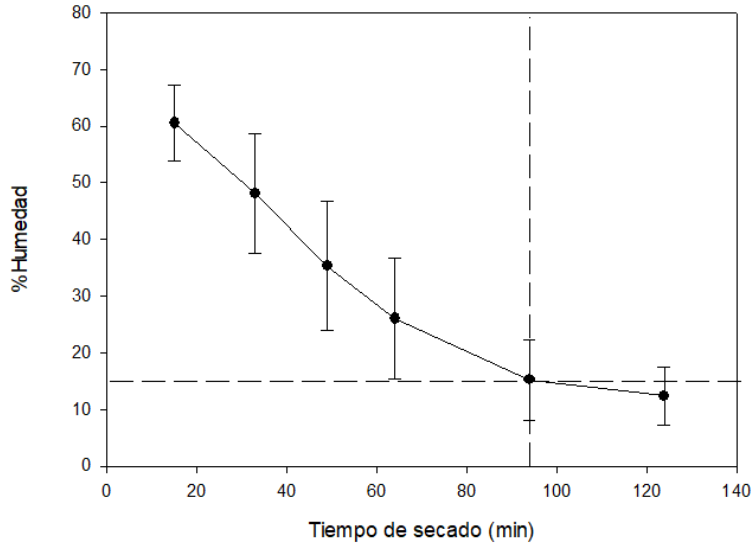


Figura 18. **Curva de secado del chamburo a 70 °C y 0 % de circulación de aire**

b) **Curva de secado en estufa del chamburo a 70 °C y 10 % de flujo de aire.**

En la figura 19 se muestra la curva de secado del chamburo a una temperatura de 70°C y a un flujo de aire de 10 %. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 80 % hasta llegar a una humedad promedio de 18 % a un tiempo de 126 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 156 min.

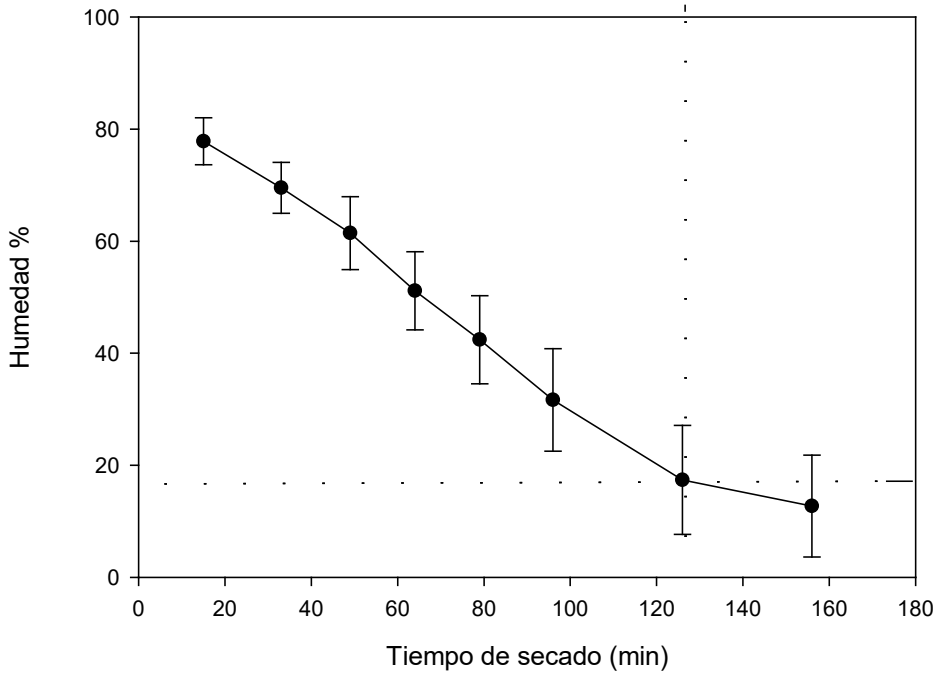


Figura 19. **Curva de secado del chamburo a 70 °C y 10 % de circulación de aire**

c) **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 0 % de circulación de aire.**

En la figura 20 se presenta la curva de secado del chamburo a una temperatura de 90 °C y 10 % de circulación de aire. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 40 % hasta llegar a una humedad promedio de 10 % a un tiempo de 63 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 109 min.

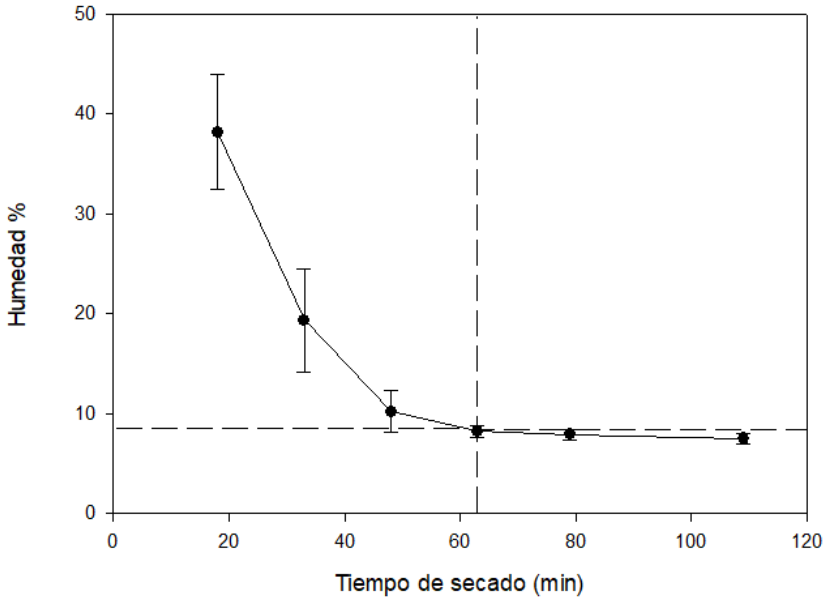


Figura 20 **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 0 % de circulación de aire**

d) **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 10 % de circulación de aire**

En la figura 21 se muestra la curva de secado del chamburo a una temperatura de 90°C y un flujo de aire de 10 %. En la figura se visualiza que la humedad de la fruta va disminuyendo gradualmente desde 50 % hasta llegar a una humedad promedio de 10 % a un tiempo de 60 min y a partir de este punto se puede observar que la pérdida de agua es más lineal con una ligera variación hasta llegar a los 142 min.

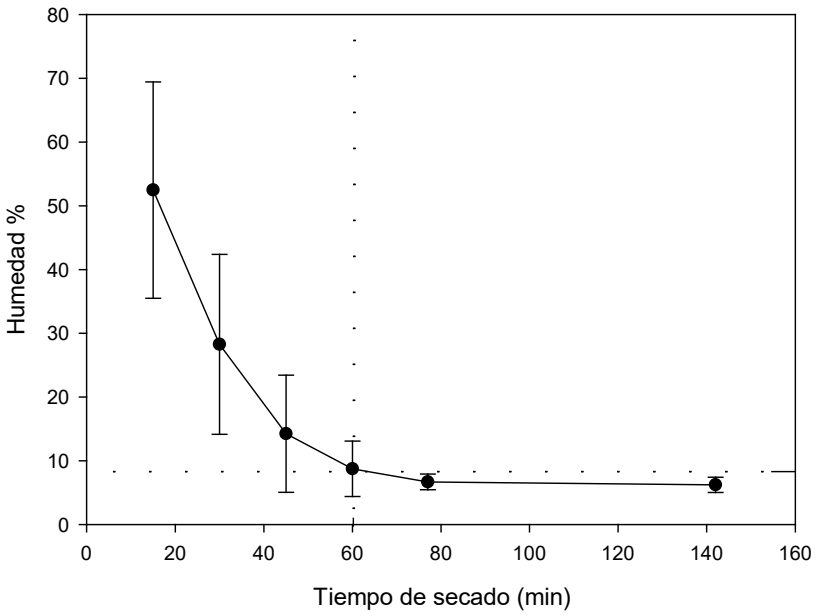


Figura 21 **Curva de secado del chamburo a 90 °C y 10 % de circulación de aire**

En la tabla 9, se muestran un resumen de los datos de secado del chamburo y un análisis estadístico del mismo. Los datos mostraron que la humedad fue diferente, esto sugiere que las muestras fueron almacenadas por varios días, lo que provocó una disminución considerable del contenido de agua. Además, la humedad final a 90 °C mostró los más bajos valores, mostrando igualdad estadística a un flujo de 0 y 10 % de circulación de aire.

Tabla 9: **Valores promedio de la humedad inicial y humedad final del secado en estufa del chamburo.**

Secado	Temperatura (°C)	Flujo de aire (%)	% Humedad inicial	%Humedad final	Tiempo recomendado de secado (h)	Tiempo final de secado (h)
Estufa	70	0	$60,5 \pm 6,6^{b}$	$12,4 \pm 5,1^{ab}$	1 h 33 min	2 h 4 min
Estufa	70	10	$77,8 \pm 4,1^{a}$	$12,7 \pm 9,0^{a}$	2 h 6	2 h 36 min
Estufa	90	0	$38,1 \pm 5,7^{c}$	$7,3 \pm 0,5^{b}$	1 h 24 min	1 h 48 min
Estufa	90	10	$52,5 \pm 16,9^{b}$	$6,2 \pm 1,2^{b}$	1 h	2 h

Nota: Letras minúsculas junto a la desviación estándar representa la comparación entre las humedades en los diferentes tratamientos. Letras diferentes señalan diferencia significativa con un $p < 0,05$.

3.2.4 Secado por liofilización

En la Tabla 10 se muestra los valores promedio de la humedad final por liofilización de las muestras en estudio que tuvo un tiempo de duración de 96 h.

Tabla 10: **Valores promedio de humedad por liofilización de las muestras en estudio**

Especie vegetal	**%Humedad**	**Tiempo total de secado (h)**
Pitahaya	$17,4 \pm 1,3^{a}$	96 h
Chamburo	$16,4 \pm 5,7^{a}$	96 h

3.2.5 Cuantificación de compuestos fenólicos

En la tabla 11 y la tabla 12, se muestran los valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos totales en las muestras de pitahaya y chamburo, respectivamente, a las diferentes condiciones de secado.

Los resultados mostraron que el método de secado en estufa a 90 °C y 10 % de flujo de aire mostró la mayor concentración de compuestos fenólicos en pitahaya, lo que favorece la conservación de estos compuestos, sin embargo estos resultados fueron diferentes a los reportados por otros autores, en los que se señala que el método de secado por liofilización muestra la mayor concentración de compuestos fenólicos [72]. Por otra parte, la concentración de compuestos fenólicos en este estudio resultaron ser más bajos que los reportados por otros autores que presentaron un valor de 164 mg EAG/100 g de pitahaya amarilla liofilizada [73].

Por otra parte, la concentración de compuestos fenólicos del chamburo en el secado por liofilización y en estufa a 90 °C y 10 % de circulación de aire, mostraron igualdad estadística y las mayores concentraciones, lo que sugiere el empleo de secado en estufa por tener los menores costos comparados con el proceso de liofilización. Estos valores de compuestos fenólicos del chamburo en este estudio resultaron ser mucho menores a los reportados por otros autores que presentaron un valor de 349,3 mg EAG/g liofilizado [74].

Tabla 11: **Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos totales en los chips de pitahaya secas.**

Secado	Temperatura (°C)	Flujo de aire (%)	Concentración de compuestos fenólicos totales (mg/100g)
Estufa	70	0	$5,9 \pm 0,5^{b}$
Estufa	70	10	$7,2 \pm 0,3^{b}$
Estufa	90	0	$6,4 \pm 0,4^{ab}$
Estufa	90	10	$8,5 \pm 0,1^{a}$
Liofilización	21		$3,5 \pm 0,6^{c}$

Tabla 12: **Valores promedio de la concentración de compuestos fenólicos totales en los chips de chamburo secas.**

Secado	Temperatura (°C)	Flujo de aire (%)	Concentración de compuestos fenólicos totales (mg/100g)
Estufa	70	0	$13,3 \pm 0,4^{b}$
Estufa	70	10	$21,9 \pm 4,0^{ab}$
Estufa	90	0	$25,5 \pm 6,9^{a}$
Estufa	90	10	$12,3 \pm 0,3^{b}$
Liofilización	21		$28,7 \pm 4,2^{a}$

3.3 Diseñar la presentación del snack de frutos secos con alto contenido de fenoles.

3.3.1 Determinación de la demanda

El mercado internacional de pitahaya ha ido en aumento en los últimos años, es así que el Ecuador exportó en el 2021 15093 toneladas a Estados Unidos, 1059 toneladas a Canadá, 969 toneladas a Colombia y 483 a Singapur [75]. Además, Estados Unidos también es el mayor consumidor de frutas deshidratadas, es así que el 2018 se registró un valor de importación de 86913 millones de dólares, mientras que en el 2018 se incrementó a 109041 millones de dólares [76]. En este sentido, la producción de frutas deshidratadas posee una alternativa favorable tanto para mercados nacionales como internacionales. Es así, que para diseñar la planta de snack de frutos secos se consideró una producción de 240 toneladas anuales o 666,6 kg de pitahaya al día.

3.3.2 Diagrama de flujo del proceso de secado

En la figura 22 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de chips de frutas secas de pitahaya y chamburo.

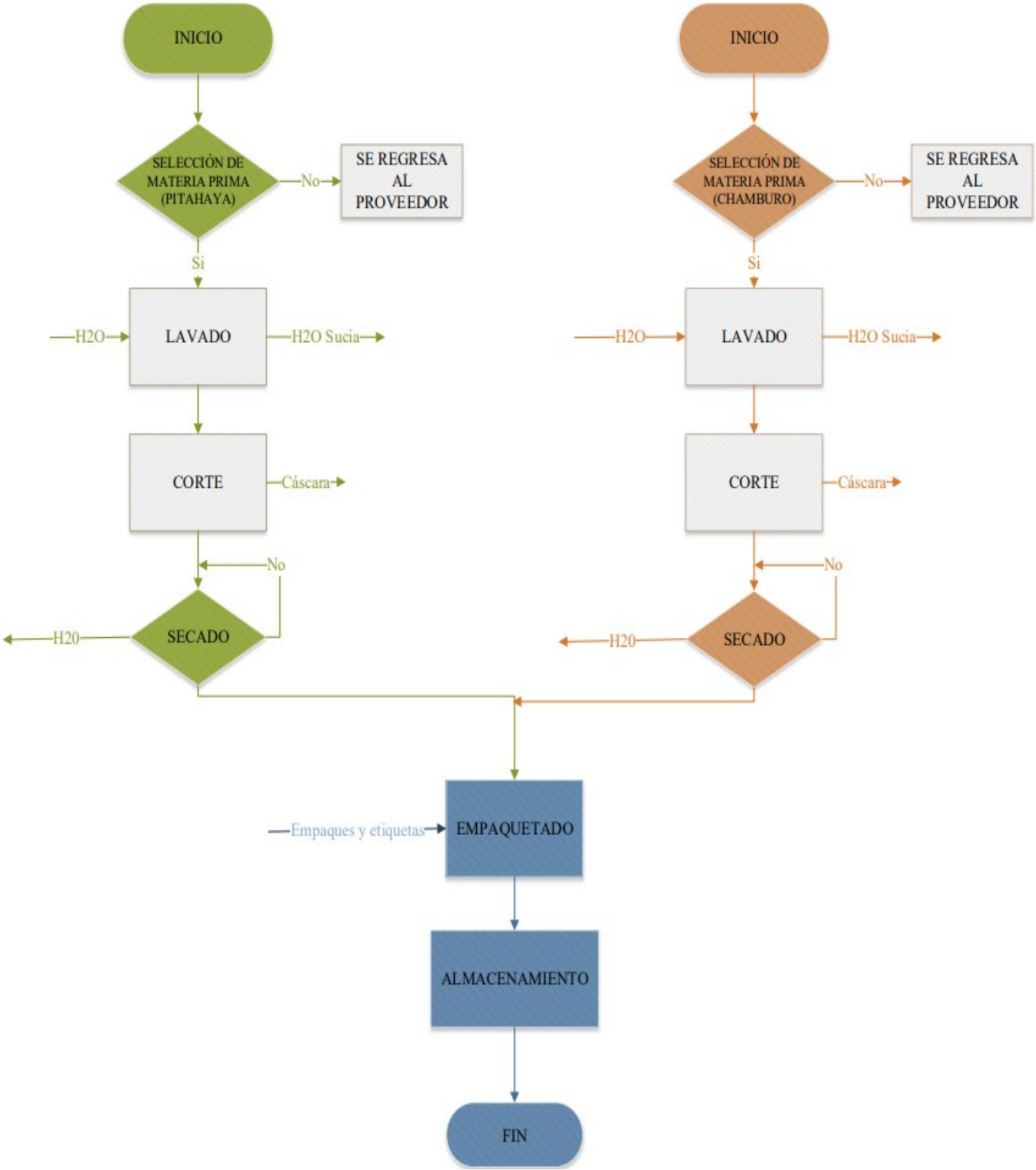


Figura 22 **Diagrama de flujo del procesamiento para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo secos**

3.3.3 Diagrama de flujo de la maquinaria

En la figura 23 se muestra el diagrama de flujo de las máquinas a usar en el proceso de producción de chips de pitahaya y chamburo.

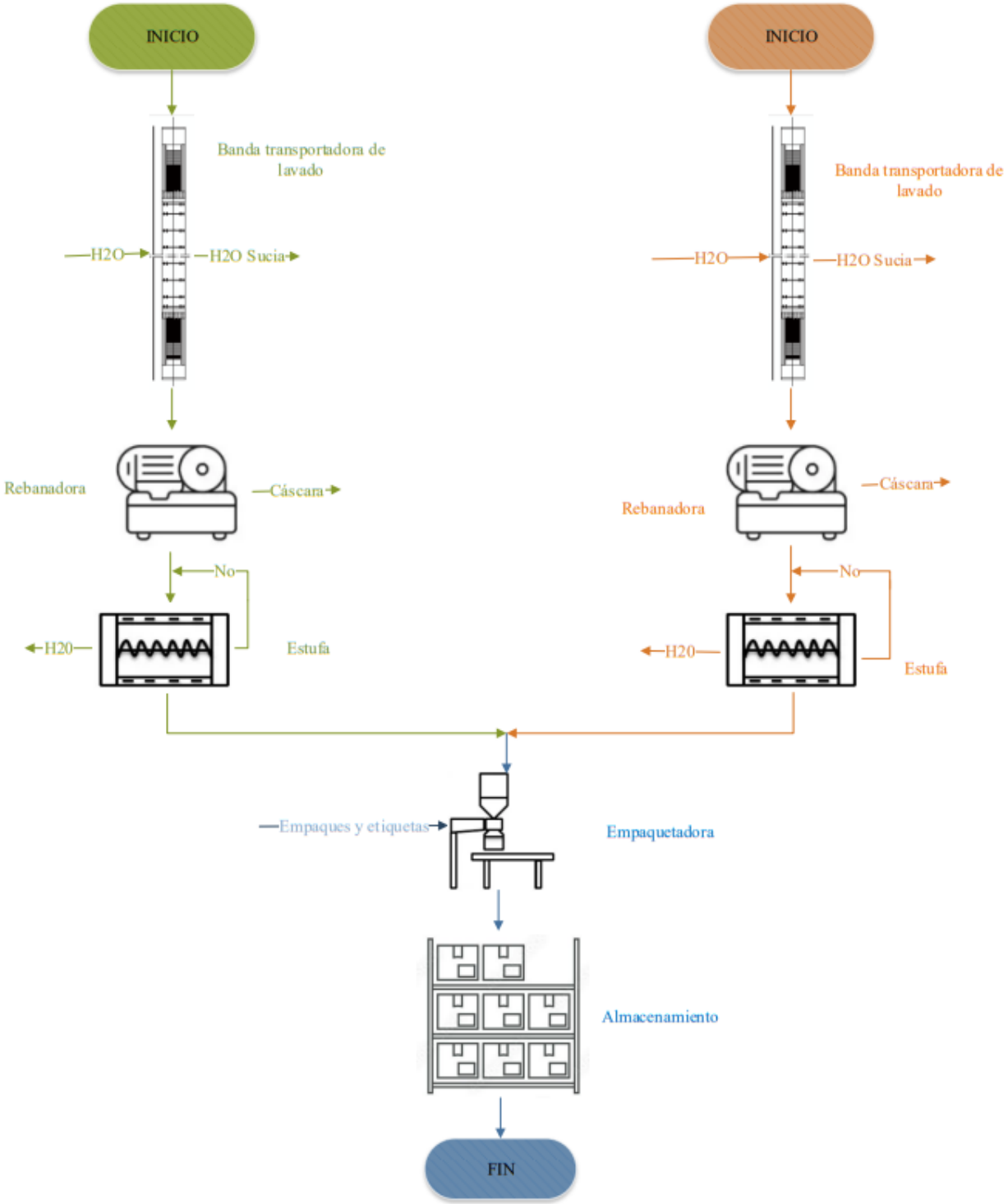


Figura 23. **Diagrama de flujo de la maquinaria para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo**

3.3.4 Balance de masa del proceso de producción de chips de frutas secas

En la figura 24 se muestra el diagrama de flujo con el balance de masa para el proceso de producción de chips de pitahaya y chamburo.

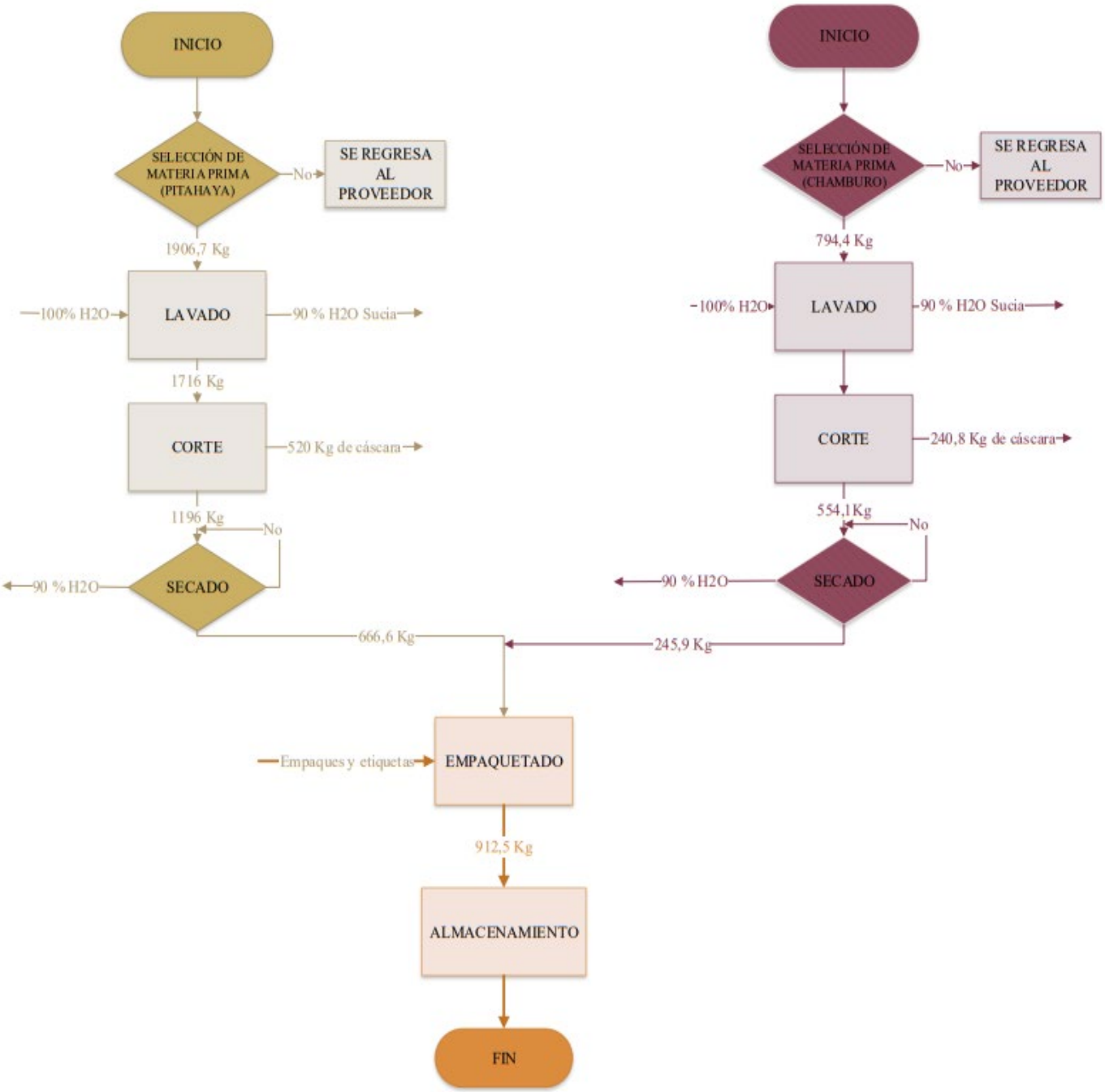


Figura 24 **Diagrama de flujo con balance de masa de la elaboración de chips de pitahaya y chamburo.**

3.3.5 Dimensionamiento de equipos para el proceso de producción de chips de frutas secas.

En la tabla 13 se muestra los equipos que fueron considerados al momento de diseñar la planta y las dimensiones respectivas. En este sentido los equipos establecidos para el diseño de planta serán de acero inoxidable, tal como sugiere la normativa INEN-ISO- 22000, en el apartado de buenas prácticas de manufactura[51]. Además, contará con todas las facilidades para un manejo seguro de los mismos, evitando contaminación cruzada al momento del mantenimiento. A su vez, los utensilios empleados en el proceso de producción deberán cumplir las condiciones establecidas en la normativa antes mencionadas.

El proceso de recepción de la materia prima empleará bandas transportadoras, la cual deberá cumplir las condiciones mínimas establecidas por la normativa INEN principalmente para pitahaya, ya que no existe normativa para chamburo.

Para el lavado de la fruta se empleará bandas transportadoras con aspersores que faciliten el lavado de la fruta en el caso de la pitahaya, mientras que para el chamburo se empleará tinas de inmersión con cangilones para evitar el daño de la fruta.

Por otra parte, el proceso de secado se realizará empleando secadores tipo armario con recirculación de aire y para el envasado se empleará una envasadora automática que permita obtener una dosificación precisa por cada funda de snack producida.

Tabla 13: **Dimensionamiento de los equipos principales para la producción de chips de frutas secas**

Equipo	**Cantidad**	**Medidas**			**Referencia Fotográfica**
		Largo	Ancho	Alto	
Banda transportadora	2	770 cm	150 cm	85 cm	
Banda transportadora lavado	2	840 cm	150 cm	85 cm	
Rebanadora de frutas	6	100 cm	200 cm	43,2 cm	
Secador tipo armario	2	802 cm	200 cm	210 cm	
Envasadora	1	139 cm	300 cm	150 cm	

3.3.6 Diseño de planta para el proceso de producción de chips de frutas secas.

En la figura 25 se presenta el diseño de planta de procesamiento de chips de frutas secas. Para el diseño de la planta se tomó en cuenta la normativa ISO 22000 que establece condiciones necesarias para el diseño de plantas de producción de alimentos [77], al igual que la normativa de seguridad industrial para una producción de aproximadamente 340 frutas de pitahaya y de 340 frutas de chamburo al día.

El diseño de planta considerará una planta de 210 m de largo y 190 m de ancho, con una superficie aproximada de 40000 m^2. En este espacio se considerará el establecimiento de la planta con la distribución en línea de la maquinaria a emplear, tal como sugiere la normativa INEN-ISO 22000, considerando que las entradas de materia prima no pueden estar en el mismo lugar que las salidas del producto terminado. Además, la planta considerará bodegas de almacenamiento de materia prima, bodegas de almacenamiento de producto terminado, un parea destinada para oficinas, un comedor, los vestidores y los parqueaderos.

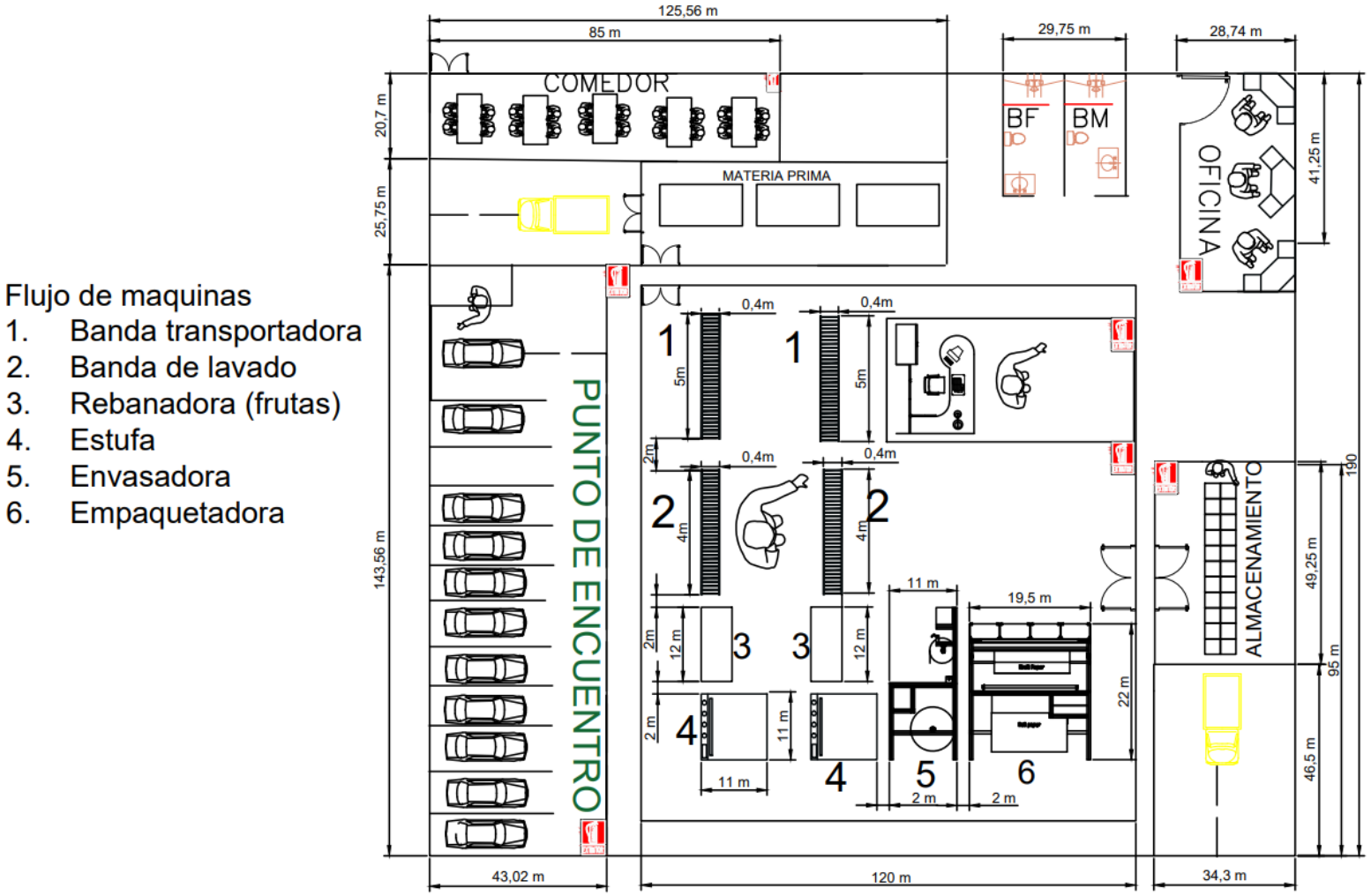


Figura 25. **Diseño de planta para la elaboración de chips de pitahaya y chamburo**

3.3.7 Diseño de la presentación de los chips de frutas secas

En la figura 26 y figura 27 se muestra el diseño de la presentación de los chips de pitahaya y chamburo. Este diseño consideró una funda ziploc que le permite al cliente manejar sin peligro el producto, conservando las condiciones sanitarias del mismo, por ello es necesario que las fundas protejan de la humedad y no permita que la fruta se vuelva a hidratar, así mismo el empaque debe proteger al producto de olores fuertes.

Figura 26. **Diseño de la presentación de los chips de pitahaya.**

Figura 27. **Diseño de la presentación de los chips de chamburo.**

En la figura 28 se muestra el diseño del empaque secundario en donde se transportarán los envases primarios de chips de frutos secos. Es así, que el empaque secundario como se utiliza para la protección del envase primario será de cartón con un acordeón ya que no requiere de gran resistencia.

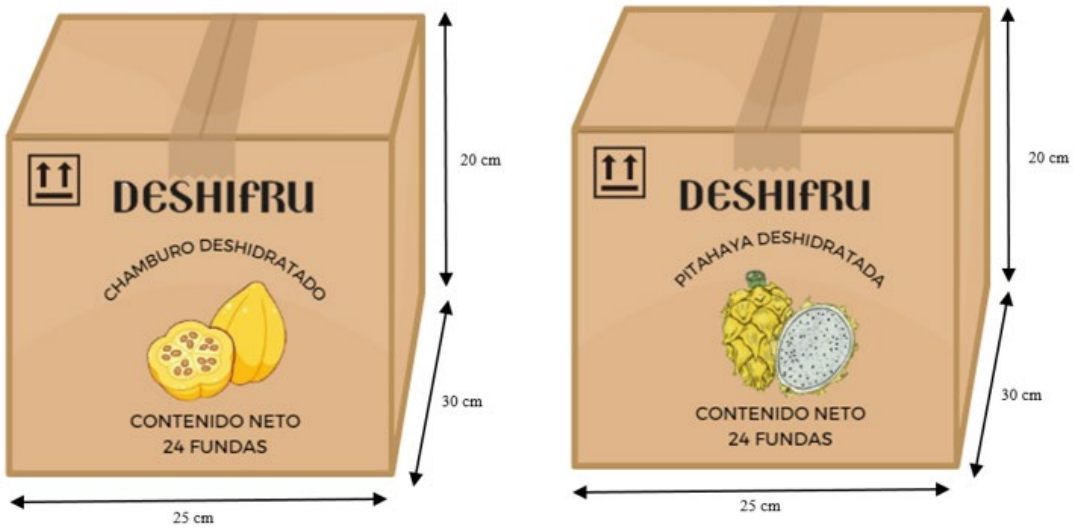


Figura 28. **Dimensiones del empaque secundario de los chips de pitahaya y chamburo.**

3.4 Realizar el análisis de costo del producto y la comparación con productos similares del mercado.

En la tabla 14 se observa los costos variables y fijos que tendrá la empresa para empezar con la producción de frutos secos. Los costos fijos considerados en este estudio fueron la renta, internet, teléfono, transporte, maquinaria y costos de sueldos de 40 trabajadores. Los costos variables consideraron el costo de la materia prima, costos de producción y distribución.

Tabla 14: **Costos fijos totales**

Costos fijos		
Concepto	**Mensual**	**Anual**
Sueldos y salarios	10008,4	120101
Renta	1000	12000
Internet	100	1200
Luz	1100	13200
Agua	500	6000
Teléfono	100	1200
Gastos de publicidad	300	3600
Gastos de ventas	300	3600
Gastos administrativos	200	2400
Gastos de gasolina	300	3600
Total	13908,4	166901
Costo por producir		1,5
Costo total de producto		2,8

En la tabla 15 se observa los costos variables que tendrá la empresa para la producción de chips de frutos secos de pitahaya y chamburo.

Tabla 15: **Costos variables**

Costos variables			
Rubros	**Cantidad (kg)**	**Precio unitario (USD)**	**Costo día (USD)**
Chamburo	400	3,1	1220
Pitahaya	300	3,5	1041
Bolsas ziploc	200	1,3	266
Etiquetas	250	0,3	62,5
Cajas de cartón	300	0,2	45
Envoltura	300	0,04	12
		Costo variable total	2646,5
	Costo variable total al año		952740
	Costo sin material directo		8,7
Precio final al consumidor (30% de utilidad)			3,6

En las tablas 16 y 17 se muestra el flujo de caja tanto de la pitahaya como del chamburo. El VAN mostró un valor $2.164.009,7 generando utilidades dentro de los 5 años previstos. En este sentido se dice que, si el VAN es mayor que 0 genera utilidades positivas, mientras que el TIR indica que, si es mayor que la tasa mínima de rentabilidad el proyecto es rentable, por lo tanto, este proyecto es rentable ya que posee un TIR de 28%. El ROI mostró un porcentaje positivo de 189 % lo cual indica que la campaña ha sido rentable porque es un beneficio para la compañía. El valor del PRI significa en que tiempo se puede recuperar la inversión inicial, por lo tanto en este estudio se calculó que se recuperará la inversión de en 2 años.

Tabla 16: **Flujo de caja pitahaya**

FLUJO DE CAJA (PITAHAYA)						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Estimación de ventas	$	$ 1436250	1479375	1523750	1569375	1616250
Precio de venta	$	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Ingreso por venta	$	$ 4667812,5	4807968,7	4952187,5	5100468,7	5252812,5
Ingresos operacionales	$	$ 4.667.812,5	$ 4.807.968,7	$ 4.952.187,5	$ 5.100.468,7	$ 5.252.812,50
GASTOS						
Costos Variables	$	$ -952.740	$ -952.740,1	$ -952.740,2	$ -952.740,3	$ -952.740,4
Costos fijos	$	$ -166.901	$ -166.901	$ -166.901	$ -166.901,0	$ -166.901,0
Infraestructura	$ -500000			$ -100.000,00		
Compra equipamiento técnico de oficina	$ -31528					
Compra de vehículo	$ -39.990,00			$ -39.990,00		
Depreciación						
RRHH	$ -35.288,7	$ -120.101	$ -98.809,2	$-98.809,2	$ -98.809,2	$ -98.809,2
os operacionales	$ -606.806,7	$ -1.239.742	$-1.218.450,3	$1.358.440,4	$ -1.218.450,5	$ -1.218.450,6
Utilidades antes de impuestos	$ -606.806,7	$ 3.428.070,4	$ 3.589.518,4	$ 3.593.747	$ 3.882.018,2	$ 4.034.361,86
Impuestos 37		$ -1.268.386	$-1.328.121,8	$1.329.686,4	$-1.436.346,7	$-1.492.713,89
Utilidades después de impuestos	$-606.806,7	$ -4.696.456,4	$ 2.261.396,6	$2.264.060,6	$ 2.445.671,4	$ 2.541.647,97
Flujo de caja acumulado	$ 4.209.513,4					
Fondo inicial	$ 10.000.000					
	12%					
VAN	$ -606.806,7	$ -4193264,7	$ 1802771,5	$ 1611513,6	$ 1554268,4	$ 1442199,3
VAN ACUMULADO	$ 1.610.681,4					
TIR	26%					
PRI	2					
ROI	148%					

Tabla 17: **Flujo de caja chamburo**

FLUJO DE CAJA (CHAMBURO)						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Estimación de ventas	$	$ 1436250	1479375	1523750	1569375	1616250
Precio de venta	$	2	2	2	2	2
Ingreso por venta	$	2872500	2958750	3047500	3138750	3232500
Ingresos operacionales	$	$ 2.872.500,00	$ 2.958.750,00	$ 3.047.500,00	$ 3.138.750,00	$ 3.232.500,00
GASTOS						
Costos Variables	$	$ -952.740	$ -952.740,1	$ -952.740,2	$ -952.740,3	$ -952.740,4
Costos fijos	$	$ -166.901	$ -166.901	$ -166.901	$ -166.901,0	$ -166.901,0
Infraestructura	$ -500.000,00			$ -100.000,00		
Compra equipamiento técnico de oficina	$ -31528					
Compra de vehículo	$ -39.990,00			$ -39.990,00		
Depreciación						
RRHH	$ -35.288,7	$ -120.101	$ -98.809,2	$-98.809,2	$ -98.809,2	$ -98.809,2
os operacionales	$ -606.806,7	$ -1.239.742	$-1.218.450,3	$1.358.440,4	$ -1.218.450,5	$ -1.218.450,6
Utilidades antes de impuestos	$ -606.806,7	$ 1632.757,92	$ 1.740.299,66	$ 1.689.059,56	$ 1.920.299,46	$ 2.014.049,36
Impuestos 37		$ 604.120,43	$ -643.910,87	$ -624.952,04	$ -710.510,80	$ -745.198,26
Utilidades después de impuestos	$-606.806,7	$ -2.236.878,35	$ 1.096.388,79	$ 1.064.107,52	$ 1.209.788,66	$ 1.268.851,10
Flujo de caja acumulado	$ 4.209.513,4					
Fondo inicial	$ 10.000.000					
	12%					
VAN	$ -606.806,7	$ -1.997.212,813	$ 874.034,4275	$ 757.410,7163	$ 768.842,5644	$ 719.980,1882
VAN ACUMULADO	$ 516.248,32					
TIR	20 %					
PRI	6					
ROI	53%					

3.4.1 Comparación con productos similares del mercado

El análisis de costos mostró un valor promedio de venta del producto de 3,3 dólares en una presentación de 50 g cada funda. Por lo tanto, al realizar una investigación bibliográfica del producto, se encontró que la pitahaya deshidratada es un producto ya conocido en el mercado, sin embargo, son pocas las empresas que producen dicho snack, entre ellas se puede mencionar a la marca ALIBÚ [78] que tiene una presentación de 40 g a un precio de 1,79 dólares. La marca HAPPY FRUIT [79] tiene una presentación de 40 g, sin embargo el precio del snack es de 2,5 dólares. Por otra parte, no se encontró datos bibliográficos referente a chamburo, sin embargo, se comparó con otros snacks de frutos secos que reportaron un precio de venta 2 dólares por cada funda individual de 40 g.

4 Conclusiones

- La investigación bibliográfica señaló la presencia de frutas no tradiciones con altos contenidos de compuestos bioactivos tales como los compuestos fenólicos los cuales se ha demostrado presentan beneficios para la salud de los consumidores. En este sentido se seleccionó al chamburo y la pitahaya debido a que la primera es una fruta no tradicional originaria de América del sur y muy poco explota en el campo alimenticio, mientras que la pitahaya es una fruta de referencia debido a que se exporta a otros países tanto en fruta fresca como en producto seco.
- El estudio reportó la menor humedad para la pitahaya, de 12 % a las 7 h y 18 min a una temperatura de 90 °C y un flujo de aire de 0 %, mientras que para el chamburo se reportó la menor humedad a 90 °C y a un flujo de aire de 0 y 10 %, mostrando valores de 7,3 % a 1 h con 24 min y 6,2 % a 1 h de secado, respectivamente. Estos datos sugieren que la menor humedad se obtiene en secados a mayor temperatura (90 °C para este estudio).
- El secado en estufa para las dos frutas en estudio mostró menores porcentajes de humedad que los obtenidos por liofilización, que es un método que supone libera el mayor contenido de agua. Este mismo efecto se presentó en la concentración de compuestos fenólicos, los cuales fueron mayores para el secado en estufa, en el caso de la pitahaya, mientras que el chamburo mostró altos valores de fenoles en liofilización y por secado en estufa a 90 °C y 0 % de flujo de aire. Esto sugiere que el método óptimo de secado para chamburo podría ser en estufa a 90 °C y 0 % de flujo de aire.
- Al tener los resultados del VAN, TIR, ROI y PRI se observó que la inversión inicial se podría recuperar a los dos años de funcionamiento de la empresa. Además, se debe considerar que no existe productos parecidos al snack de chamburo, por lo tanto, convierte a este producto en novedoso y apetecible por su sabor ácido, contrastado el sabor dulce del chamburo.

5 Recomendaciones

- Se recomienda impulsar emprendimientos de deshidratado de frutas ya que en el Ecuador el mercado está incrementando, de tal manera que las frutas deshidratas se pueden consumir como un snack en los centros de educación del país, favoreciendo la alimentación de los niños, jóvenes y adultos.
- Se recomienda conocer todos los requisitos y normativa que son establecidos por la entidad del Ecuador ya que es necesario que todos los productos nuevos cumplan con los requisitos para ser llevados a la venta al público.

6 Bibliografía

[1] E. Coyago, "Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional," *Tecnol. Poscosecha e Ind. Agroaliment.*, vol. 1, pp. 1–238, 2017.

[2] V. Njike *et al.*, "Bocadillos, saciedad y peso," *Adv. Nutr.*, vol. 7, no. 5, pp. 866–878, 2016, doi: 10.3945/an.115.009340.

[3] V. Hernández-Gómez, O. Olvera-García, P. Guzmán-Tinajero, and D. Morillón-Gálvez, "Secado de frutas y verduras con energía solar," *Artículo Rev. Sist. Exp. Junio*, vol. 4, no. 11, pp. 22–33, 2017, [Online]. Available: www.ecorfan.org/bolivia.

[4] M. Brito, "Secado por Liofilización," *Univ. granada*, p. 4, 2018, [Online]. Available: http://fciencias.ugr.es/practicasdocentes/wp-content/uploads/guiones/SecadoPorLiofilizacion.pdf.

[5] D. Martín, "Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica," *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–104, 2017, doi: 10.22490/21456453.1968.

[6] G. Almonacid, "Evaluación de la variación del contenido de polifenoles en alimentos vegetales, en función del método de ocnservación empleado.," 2016. [Online]. Available: https://bdigital.uncu.edu.ar/7350.

[7] E. Coyago-Cruz *et al.*, "Detección de fuentes innovadoras de carotenoides y antioxidantes fenólicos entre las flores," *Foods*, vol. 10, no. 11, pp. 1–23, 2021, doi: 10.3390/foods10112625.

[8] E. Coyago-Cruz *et al.*, *Estudio de parámetros de calidad comercial, azúcares, fenoles, carotenoides y plástidos en diferentes variedades de tomate*, vol. 277. Elsevier Ltd, 2019.

[9] E. Coyago-Cruz *et al.*, "Efecto del riego deficitario regulado sobre parámetros de calidad comercial, carotenoides, fenoles y azúcares del tomate cherry negro (Solanum lycopersicum L.) 'Sunchocola'," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 105, 2022, doi: 10.1016/j.jfca.2021.104220.

[10] E. Coyago-Cruz, M. Corell, C. M. Stinco, D. Hernanz, A. Moriana, and A. J. Meléndez-Martínez, "Efecto del riego deficitario regulado sobre parámetros de calidad,

carotenoides y fenoles de diversas variedades de tomate (Solanum lycopersicum L.),” *Food Res. Int.*, vol. 96, pp. 72–83, 2017, doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.026.

[11] E. Coyago-Cruz *et al.*, “Respuesta del rendimiento al riego deficitario regulado de tomate cherry en invernadero,” *Agric. Water Manag.*, vol. 213, no. June 2018, pp. 212–221, 2019, doi: 10.1016/j.agwat.2018.10.020.

[12] E. Coyago-Cruz *et al.*, “Perfil de antioxidantes (carotenoides y fenoles) de los tomates cherry influenciados por el riego deficitario, la maduración y el racimo,” *Food Chem.*, vol. 240, no. August 2017, pp. 870–884, 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.08.028.

[13] F. Rojas, “Revisión bibliográfica de compuestos fenolicos, su efecto en la salud , métodos de encapsulación y digestión simulada in vitro,” Santiago, 2021. [Online]. Available: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185432.

[14] E. Moreno, B. Ortiz, and L. Restrepo, “Contenido fenólico total y actividad antioxidante de extractos de pulpa de seis frutas tropicales,” *Rev. Colomb. Quim.*, vol. 43, no. 3, pp. 41–48, 2014, doi: 10.15446/rev.colomb.quim.v43n3.53615.

[15] E. Coyago-Cruz, A. Guachamin, E. Beltrán-Sinchiguano, and M. Baldeon, “Frutos exóticos ecuatorianos como una fuente de vitamina C,” no. June 2021, pp. 2018–2019, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.28552.96009.

[16] C. Méndez, “Contenido de resveratol y actividad antioxidante e los frutos Ungutahua y Pasu de la Amazonia ecuatoriana,” 2023. [Online]. Available: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29318.

[17] M. Abad, “Potencial antioxidante de zumos de frutas nativas del Ecuador,” 2020. [Online]. Available: http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf.

[18] G. Cantillo, “Elaboración de néctar a base de achotillo (nephelium lappaceum) y manzana (malus domestica) enriquecido con alfalfa (medicago sativa) como aporte nutricional,” 2020. [Online]. Available: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CANTILLO HOLGUIN GENESIS NATHALY.pdf.

[19] M. Ochoa, “Extracción de pectina en dos estados de maduración de achotillo (Nephelum Lappceum) para la elaboración de mermeladas,” 2013. [Online]. Available:

https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:43000-242.

[20] A. Verona-Ruiz, J. Urcia-Cerna, and L. Paucar-Menacho, “Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos,” *Sci. Agropecu.*, vol. 11, no. 3, p. 15, 2020, doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.16.

[21] M. Guerrero, “Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus.) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la Provincia de Pichincha,” Quito, 2014. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n1/v34n1a10.pdf.

[22] M. Fernanda, C. Santamaría, and P. Coba, “Desarollo de la pitahaya (Cereus SP.) en Ecuador,” *La Granja*, vol. 22, p. 10, 2015, doi: 10.17163/lgr.n22.2015.05.

[23] T. Vega-Cevallos and S. Iza-Iza, “Utilización industrial de la pitahaya (Hylocerus undatus),” *Digit. Publ.*, vol. 3, p. 12, 2023, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007#:~:text=La pitahaya tiene gran potencial,de colorantes artificiales en alimentos.

[24] A. Sotomayor, S. Pitizaca, A. Burbano, W. Viera, C. Caicedo, and Y. Vargas, “Evaluación físico química de fruta de pitahaya (Selenicereus megalanthus) en diferentes estados de desarrollo,” *INIAP*, vol. 10, pp. 89–96, 2019, [Online]. Available: https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5385.

[25] R. Monge, “Evaluación de la capacidad antioxidante y composición de tres frutas nativas del Ecuador,” 2022. [Online]. Available: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/28331/1/FCQ-CPO-MONGE RAUL.pdf.

[26] P. Coba, D. Coronel, K. Verdugo, M. Paredes, E. Yugsi, and L. Huachi, “Estudio etnobotánico del Mortiño (Vaccinium floribundum) como alimento ancestral y potencialmente funcional.,” *LA GRANJA, Rev. Ciencias la Vida*, vol. 16, no. 2, pp. 5–13, 2012, [Online]. Available: https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047400002.pdf.

[27] D. López, “El uso de la inulina y chamburo (Carica pubescens L) en la tecnologia de

elaboracion de yogurt con trozos de frutas tipo II en la Quesera el ‘Salinerito,’” 2010. [Online]. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13279/1/FCHE-EBS-1519.pdf%0Ahttp://es.slideshare.net/Andysebas1/domotica-42887798.

[28] B. Chong-Pérez, B. Carrasco, H. Silva, F. Herrera, K. Quiroz, and R. Garcia-Gonzales, “Regeneración de papaya de altura (Vasconcellea pubescens) a partir de cultivo de anteras,” *Appl. Plant Sci.*, vol. 6, no. 9, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1002/aps3.1182.

[29] E. Proaño, “Fitoquímica y agroindustrialización de dos genotipos de vasconcellea, chamburo (Vasconcellea cundinamarcensis V. Badillo) y toronche (Vasconcella stipulata V. Badillo).,” 2007. [Online]. Available: http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2537.

[30] Y. Lapiz-Culqui, J. Tejada-Alvarado, and J. Meléndez-Mori, “Establecimiento y multiplicacion in vitro de papayas de montaña: Vasconcellea chachapoyensis Y Vasconcellea x Heilbornii,” *Dialnet*, vol. 33, no. 2, pp. 135–142, 2021, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7904322.

[31] Diego Vinicio Uyaguari Valverde, “Desarrollo del chamburo (Vasconcellea pubescens) durante los seis primeros meses de la etapa vegetativa con la aplicación de sustrato enriquecido , bajo cubierta plástica ”,” p. 73, 2021, [Online]. Available: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36410/1/Trabajo de titulacion.pdf.

[32] R. Paniagua-zambrana, Narel Bussmann and R. Carolina, “Carica papaya L , Vasconcellea pubescens A. DC.,” *ResearchGate*, vol. 1, p. 9, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/343355849_Carica_papaya_L_Vasconcellea_pubescens_A_DC_Caricaceae.

[33] M. Chacana, R. Lemus-Mondaca, and A. Vega-Galvez, “La industria de los alimentos deshidratados y la importancia del control del proceso,” *ResearchGate*, vol. 1, no. October 2017, p. 7, 2009, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/320707171_LA_INDUSTRIA_DE_LOS_ALIMENTOS_DESHIDRATADOS_Y_LA_IMPORTANCIA_DEL_CONTROL_DEL_PROCESO.

[34] C. O. Vuarant, “Optimizacion del proceso de secado de arándanos por infrarrojos,” 2013. [Online]. Available:

https://cdn.blueberriesconsulting.com/2016/04/optimaciondelproceso.pdf.

[35] P. F. Maupoey, A. M. A. Grau, A. M. A. Sorolla, and J. M. B. Baviera, “Introducción al secado de alimentos por aire caliente,” *Univerisidad Politécnica Val.*, vol. 1, p. 211, 2001, [Online]. Available: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true.

[36] G. Barbosa, “Componentes de un secador,” *Dehydration of Foods*, pp. 11–18, 1196.

[37] A. Jaramillo and E. Narváez, “Diseño y construcción de un secador de grano por fluidización e implementación del control de flujo y temperatura,” 2012. [Online]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4615.

[38] R. R. & D. A. Argon M, Aguilar A, “Universidad veracruzana facultad de ciencias químicas programa educativo,” 2014.

[39] C. Thiele, “Secado central de forma sencilla.” [Online]. Available: pt-mexico.com.

[40] M. Alejandro, M. Alexander, F. De la Puente, and M. A. Triana, “Grado de secado y eficiencia térmica de un secador de tornillo,” *DYNA*, vol. 78, p. 12, 2011, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000100021.

[41] A. V. Mahn, E. Carmen Pérez, and E. Alejandro Reyes, “Efecto de las condiciones de secado en lecho fluidizado pulsante sobre el contenido de sulforafano de brócoli,” *Inf. Tecnol.*, vol. 28, no. 4, pp. 17–28, 2017, doi: 10.4067/S0718-07642017000400004.

[42] L. Puente-Díaz, E. Echegaray-Pacheco, and E. Castro-Montero, “Aplicación de modelos matemáticos al proceso de secado asistido por infrarrojos de residuos de limón (citrus limon (l .) burm . f . cv . genova),” *DYNA*, vol. 80, p. 8, 2013.

[43] J. Reyes, R. Duran, J. Gamboa-Santos, and R. Arballo, “Modelado matemático del secado con aire y microondas de Café Pergamino Resumen Introducción,” *Rev. Colomb. Investig. Agroindustriales*, p. 9, 2019, [Online]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/124672.

[44] J. C. Valdes-Serra, “Innovación puntera para una mejor deshidratación de los alimentos,”

2019. [Online]. Available: https://www.japan.go.jp/_src/296515/newyear16es_26-27.pdf.

[45] L. Blanco and L. Valldecabres, “Guía para el desarrollo de proyectos de secado solar en comunidades rurales,” *Energía sin Front.*, vol. 1, p. 85, 2016, [Online]. Available: https://energiasinfronteras.org/wp-content/uploads/2020/03/GuiaSecadoV3.pdf.

[46] D. T. de J. G. D. J. Obando, “Uso de tecnología solar,” 2019.

[47] C. J. M. M. I. B. Birina L. Caballero, “Caracteristicas físico-químicas del ají rocoto,” 2017.

[48] M. Parzanese, “Tecnologías para la Industria Alimentaria Liofilización de alimentos,” 2012. [Online]. Available: www.alimentosargentinos.gob.ar.

[49] A. Cabrera, “Identificación de las etapas de secado durante el proceso de liofilización,” Valencia, 2016. [Online]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69224/CABRERA - Identificación de las etapas de secado durante el proceso de liofilización.pdf?sequence=1.

[50] S. Isabel and P. Dias, “Implemantación de norma ISO 22000,” 2010.

[51] C. Juárez, “Guía de implementación buenas prácticas de manufactura de productos con nueces y frutos secos,” 2015. [Online]. Available: https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/MAGEC37.pdf.

[52] ISO, “Iso 22000:2018,” *Organización Internacional de Normalización*, p. 34, 2018.

[53] ARCSA, “Normativa técnica sanitaria para alimentos,” 2016. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf.

[54] C. Nacional, “Ley organica de salud,” pp. 1–46, 2015.

[55] C. Vance, “Reglamento de registro y control sanitario de alimentos,” 2013. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/REGLAMENTO-DE-REGISTRO-Y-CONTROL-SANITARIO-DE-ALIMENTOS.pdf.

[56] TIMI, “Catágolo de documentos normativos vigentes,” 2023. [Online]. Available: https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/.

[57] S. Paladino, “Fenólicos contenidos en las semillas en la vida (v itis vinfera I.),” 2019.

[58] E. Coyago-Cruz, A. Guachamin, E. Vera, M. Moya, J. Heredia-Moya, and E. Beltrán, “Características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de las flores de páramo ecuatoriano,” *Bionatura*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.21931/rb/2023.08.01.21.

[59] E. Coyago-Cruz, M. Coronel, M. Baldeón, and E. Vera, “Características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de especies florales andinas amarillas y anaranjadas,” *Smart Innov. Syst. Technol.*, vol. 252, pp. 175–186, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-4126-8_17.

[60] NTE INEN 1334-2, “Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado Nutricional,” 2011. [Online]. Available: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/1334-1-4.pdf.

[61] INEN 1334-1, “Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. INEN 1334-1. Requisitos,” 2014. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/NTE-INEN-1334-1-Rotulado-de-Productos-Alimenticios-para-consumo-Humano-parte-1.pdf.

[62] INEN 1334-3, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-3:2011,” 2011. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/ec.nte_.1334.3.2011.pdf.

[63] L. Ribeiro *et al.*, “Cuantificación de compuestos bioactivos en pulpas y subproductos de frutas tropicales de Brasil,” *Food Chem.*, vol. 143, pp. 398–404, 2014, doi: 10.1016/j.foodchem.2013.08.001.

[64] S. Roldán, “Caracterización molecular, funcional y estudio del comportamiento post cosecha del Mortiño (Vaccinium floribundum Kunt) de la Comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos de la Provincia de Cotopaxi,” 2012. [Online]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5738/1/CD-4672.pdf.

[65] K. Jara, “Evaluación del perfil aromático de babaco (Vasconcellea x heilbornii) por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas,” 2018. [Online]. Available:

https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21913.

[66] C. Granados, K. Tinoco, E. Granados, N. Pájaro-Castro, and Y. García, "Caracterizacion quimica y evaluacion de la actividad antioxidante de la pulpa de Passiflora edulis Slims (gulupa)," *Plantas Med.*, vol. 22, no. 2, pp. 1–10, 2017, [Online]. Available: https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/513/256.

[67] D. Tánori-Encinas, A. Wall-Medrano, J. L. Cárdenas-López, A. I. Ledesma-Osuna, and M. Robles-Sánchez, "Cápsulas de polvo de arándano como propuesta nutracéutica para mejorar la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos," *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 72, no. 1, pp. 11–22, 2022, doi: 10.37527/2022.72.1.002.

[68] O. Cabascango, "Evaluación del efecto de tres métodos de secado sobre la actividad antioxidante y fenoles totales de la uvilla Physalis peruviana L.," pp. 69–70, 2019.

[69] M. Páez-Peñuñuri, G. Mercado-Mercado, F. Blancas-Benitez, and R. Villegas-González, "Compuestos bioactivos y propiedades saludables del tamarindo(Tamarindus indica L)," *Rev. Ciencias Biológicas y la salud*, p. 12, 2015, doi: https://doi.org/10.18633/bt.v18i1.241.

[70] E. Martínez Morales, "Calidad fenólica de los subproductos de mango," pp. 1–98, 2016, [Online]. Available: https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16165/1/Martínez Morales Enith Salomé.pdf.

[71] D. Cañar, C. Caetano, and M. Bonilla-Morales, "Caracterización fisicoquímica y proximal del fruto de pitahaya amarilla [Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran] cultivada en Colombia," *Rev. Agron.*, vol. 22, no. 1, pp. 77–87, 2014, [Online]. Available: http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22(1)_8.pdf.

[72] F. Esparza-Martínez, R. Miranda-López, and S. Guzmán-Maldonado, "Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en el residuo de la producción de jugo de mandarina (Citrus reticulata Satsuma)," *Investig. y Desarro. en Cienc. y Tecnol. los Aliment.*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2017.

[73] D. Huamani and P. Paucar, "Determinación del contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante del fruto liofilizado de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus) y

pitahaya roja (Hylocereus undathus),” Perú, 2018.

[74] E. Auquiñivin and L. Paucar, “Estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas, papayita de monte (Carica pubescens Lenné & K. Koch) y babaco (Carica pentagona Heilborn) (Caricaceae) deshidratas mediante liofilización,” *Arnaldoa*, vol. 27, no. 1, pp. 115–128, 2020.

[75] AGROCALIDAD, “Pitahaya de Ecuador se exporta ya a 56 países: Perú se suma a la lista,” *AGROCALIDAD*, 2022. .

[76] S. Aguiar and H. Uvidia, “Pitahaya deshidratada, una alternativa de generar economía local (cantón Palora-Provincia Morona Santiago),” *Rev. Ñeque*, vol. 5, no. 12, pp. 449–464, 2022, doi: 10.33996/revistaneque.v5i12.91.

[77] NTE-INEN-ISO/TS-22003, “Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificacion de sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos (ISO/TS 22003:2007, IDT),” *Intituto Ecutoriano Norm.*, vol. 1, no. 1, 2014, [Online]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/nte_inen_iso_ts_22003.pdf.

[78] ALIBU, “Snack de frutas paraíso tropical,” 2023. https://alibuecuador.com/.

[79] H. Fruit, “Pitahaya Deshidratada,” 2023. https://fincahappyfruit.com/productos_organicos/pitahaya-deshidratada/.