



piwën

**Deshidratador alimenticio hipobárico
térmicamente asistido,**

para la reducción de humedad y conservación de calidad del maqui y berries nativas a través de un mecanismo manual de vacío controlado y material exotérmico a bajo costo, y sin requerir el consumo de energías convencionales.

Profesor guía
Alejandro Durán

Fecha
Julio 2018
Santiago, Chile

Autor
Magdalena Álamos Gómez

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador.

diseño|uc
Escuela de Diseño



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

*Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio sin el previo y expreso consentimiento por escrito del autor a cualquier persona y actividad que sean ajenas al mismo. **Magdalena Álamos Gómez © 2018***

piwën

Autor

Magdalena Álamos Gómez

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador.

Profesor guía

Alejandro Durán

Fecha

Julio 2018

Santiago, Chile

—

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Escuela de Diseño



DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

índice

03 Abstract	78
05 Introducción	
06 El Maqui, Aristotelia Chilensis Su ciclo productivo	
14 Cultivo/ La recolección silvestre y experimentación en torno al cultivo de Aristotelia Chilensis.	
18 Cosecha/ Estado actual del manejo y cosecha del maqui	
25 Antecedentes de cosecha	
30 Postcosecha y preservación/ Métodos de preservación de berries	
37 Antecedentes de preservación	
42 Referentes de preservación	
46 Comercialización/ Valorización del fruto y su creciente incorporación en el mercado	
54 Propuesta de diseño	
56 Conclusiones preliminares	
57 Oportunidad de diseño	
60 Pregunta de investigación	
61 Conceptualización teórica	
64 piwën	
66 Contexto y usuario: Curarrehue	
70 Formulación: Qué, Por qué, Para qué	
71 Objetivos	
72 Requerimientos y decisiones de diseño	
74 Consideraciones generales	
76 Diseño e higiene	
	78
	79
80 Desarrollo proyectual	
87 Sistema de succión y contención	
91 Disminución del esfuerzo físico	
94 Materialidad y dimensiones	
95 Sistema de complemento térmico	
104 Condensación y aplicación de material absorbente	
106 Compartimiento de la fruta	
107 Tratamiento previo de la fruta	
108 Resultados y observaciones	
112 Conclusiones generales	
114 Concepto de diseño y resolución formal	
116 Interacciones de uso	
118 Documentación de producción	
120 Materiales y fabricación	
121 Planimetrías y partes en extrusión	
126 Estimación de costos	
128 Proyecciones	
130 Extrapolación: Aplicación del dispositivo en berries nativas, frutas de volumen reducido y hojas de maqui.	
131 Plan de implementación	
133 Conclusión	
134 Referencias	
136 Anexos	
136 Propiedades HDPE	
138 Cotización de producción	

abstract

Frente a un escenario de tecnologías, procedimientos y capital limitado es común la deshidratación del maqui, u otras variedades de frutas, con grandes pérdidas de propiedades funcionales (Guerrero, 2016). Con el objetivo de potenciar tanto a emprendedores como productores locales a ampliar sus horizontes comerciales a través de la preservación de berries nativas, se propone el diseño de un deshidratador alimenticio hipobárico térmicamente asistido. De este modo se permitirá un proceso eficiente, sustentable y a bajo costo; optimizando el trabajo del productor.

Al no existir un método de deshidratación que logre cumplir con los requisitos del proyecto simultáneamente, se diseñará un dispositivo capaz de adaptar ciertos elementos de los procesos utilizados actualmente. Considerando que la fruta no debe ser expuesta a altas temperaturas para conservar sus propiedades benéficas, se propone la creación de un dispositivo capaz de generar vacío en un ambiente controlado de forma mecánica y manual, junto al uso de material exotérmico para lograr una deshidratación adecuada sin la necesidad de consumir energía convencional ni depender de un clima adecuado y estable.

A través de una reducción de presión de forma controlada, el dispositivo será capaz de disminuir la humedad interna de 500 g de berries nativas en un 16,5% de humedad por hora a temperatura ambiente; manteniendo tanto las propiedades nutricionales como las características organolépticas en el producto final sin requerir de altos grados de inversión, tecnologías avanzadas ni capacitaciones previas por parte del usuario.



[Imagen 1] Maqui en temporada de cosecha.
Registro personal, 2017.

Teniendo en cuenta el creciente interés por el consumo de alimentos benéficos para la salud y un aumento sostenido en su demanda por el alto contenido de compuestos bioactivos, se debe considerar un método eficiente para lograr la transición de esta especie en estado silvestre a comercialmente activa sin destruir el recurso, es decir, de una manera sustentable, eficiente y a bajo costo.

Explotación y comercialización de *Aristotelia chilensis*

y la actual tecnificación de recursos naturales.

Con un territorio rico en materias primas alimentarias de alta calidad, actualmente Chile es considerado uno de los países con mayor potencial para desarrollar una industria de alimentos saludables. Aumentando la demanda por este tipo de productos, se han abierto nuevos nichos de innovación como oportunidad para productores y recolectores; convirtiéndose incluso en la línea principal de fomento por parte de la FIA, e instituciones gubernamentales (FIA, 2017).

Existen ciertas especies silvestres que han sido explotadas a nivel comercial, pasando a ser parte de la tecnificación agrícola por su alta comercialización. Al convertirse en un producto interesante para el mercado, sus transiciones no son bien manejadas, generando una curva de explotación y tecnificación que atenta contra la sustentabilidad del recurso al no protegerlas.

Como ejemplo tenemos lo ocurrido a nivel nacional con animales tales como la chinchilla y locos, macroalgas como el huiro, y múltiples especies vegetales como lo es el caso de el boldo, quillay y avellano chileno, requeridas mundialmente por sus propiedades farmacéuticas y cosméticas. De forma aún más evidente se analiza lo ocurrido en el caso de los bosques submarinos (huiro), que en ciertas áreas han sido completamente talados por el ser humano. Al no existir el conocimiento adecuado de las técnicas y recursos necesarios, ocurre una recolección indiscriminada de la especie para la fabricación de productos de satisfacción humana; alterando negativamente el ecosistema costero y provocando la desertificación marina por falta de protección y regulación (Wild Chile, 2017).

Al referirnos a *Aristotelia chilensis* nos ubicamos en el mismo escenario, una especie silvestre con gran potencial comercial que está comenzando a ser explotada. Teniendo en cuenta el creciente interés por el consumo de alimentos benéficos para la salud y un aumento sostenido en su demanda por el alto contenido de compuestos bioactivos, se debe considerar un método eficiente para lograr la transición de esta especie en estado silvestre a comercialmente activa sin destruir el recurso, es decir, de una manera sustentable, eficiente y a bajo costo.

Al mismo tiempo, es importante tener en cuenta que gran parte de la población rural subsiste a partir del comercio por extracción y recolección; siendo estas actividades fuente de alimentación y de ingreso familiar a través de las ventas y/o intercambios de productos frescos o terminados.

Con el objetivo de que pequeños y medianos productores logren ampliar sus horizontes, llevar sus productos a mercados externos y preservar el fruto y su entorno, deben ser implementadas medidas sustentables en ciertas comunidades de nuestro país, permitiendo así que el ciclo de producción y comercialización de dichas especies no atente al ecosistema.

De este modo, se busca que el hacer uso de los distintos recursos naturales permitan la valorización del bosque endémico y las tradiciones culturales; siendo importante la evaluación de sostenibilidad del proyecto según la sustentabilidad del recurso, para así lograr una aplicación con un manejo adecuado de especies silvestres.

[Imagen 2] Medicinal Herbals (2018).
Maqui Berry. Recuperado de <https://medicinalherbals.net/maqui-berry-aristotelia-chilensis-superfruit/>





**El maqui,
Aristotelia
chilensis**

marco teórico

El maqui, *Aristotelia chilensis*

REINO **Plantae**
DIVISIÓN **Magnoliophyta**
CLASE **Magnoliopsida**
ORDEN **Oxalidales**
FAMILIA **Eleocarpaceae**
GÉNERO **Aristotelia**
ESPECIE ***Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz.**
NOMBRE COMÚN **Maqui, Koleón, Clon, Maquei**

Valor nutricional

Por cada 100 gramos de Fruta fresca:

150 calorías

0,8 g de proteínas

0,8 g de fibra cruda

1,2 g de cenizas

87 mg de Calcio; 44 mg de fósforo; 30,5 mg de Hierro y 296 mg de Potasio.

También contiene un considerable contenido de vitamina C y oligoelementos tales como Br, Zn, Cl, Co, Cr, Vn, Tn y Mo 18.

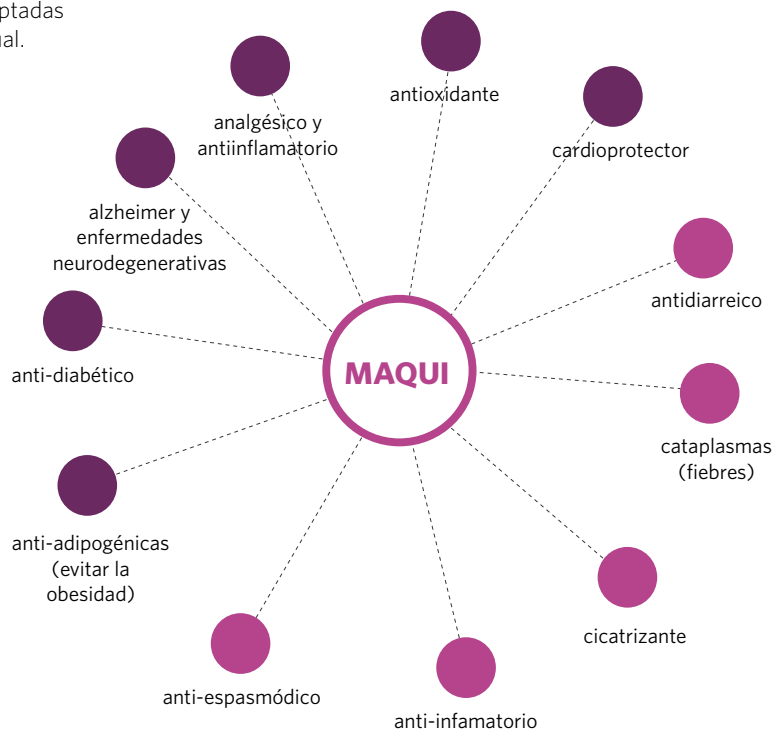
Composición química

Alcaloides indólicos: aristona, aristoletina, aristotelinona, aristotelona, aristotelina, aristotelinina, protopina, serratolina, hobartinol, makonina, dehidromakomakina, oxomakomakina.

Flavonoides: quercetina 5,3'-dimetiléter, friedelina, malvidina, petunidina y ácido ursólico (extracto diclorometano). Quercetina glucósido y kempferol fueron identificados en el extracto metanólico 3-
Otros: ácidos cafeico y ferúlico 13, 3-HO-indol (extracto etanólico), cumarinas 14-15, antocianidinas (3-glucósidos, 3,5-diglucósidos, 3-sambubiósidos y 3-sambubiósido-5- glucósidos de delfinidina y cianidina). El componente mayoritario entre las antocianidinas resultó ser delfinidin 3- sambubiósido-5-glucósido con un 34% del total. (Alonso, 2012)

Principales usos del maqui dentro del área de salud

- Propiedades rescatadas con valor ancestral.
- Propiedades adoptadas en medicina actual.



**PFNM: "Recursos biológicos derivados de bosques naturales, sistemas agroforestales y plantaciones, incluyendo plantas medicinales y comestibles, frutos, resinas, látex, aceites esencia pequeños usadas para la producción de artesanías". (Center for the International Forestry Research, 2008).*

[Figura 1] Principales aplicaciones del fruto del maqui en el área de salud.

Hoy en día se ha desarrollado un creciente interés por integrar a la dieta, alimentos que tengan efectos benéficos en la salud. La categoría de alimentos y especies medicinales, tales como los Productos Forestales No Madereros (PFNM*) han aumentado su consumo sostenidamente en las últimas décadas; valorados por su condición de origen silvestre, natural y/o orgánico, con impacto significativo en la salud y en el contexto de la alimentación sana (Benedetti, 2012).

Dentro de éstos, encontramos las bayas nacionales como el calafate, murta y maqui, frutos ricos en compuestos bioactivos en comparación con la composición de las bayas tradicionales siendo éstos capaces de influir en las actividades fisiológicas o celulares al actuar como antioxidantes, inhibidores e inductores de enzimas (KRIS-ETHERTON et al., 2004).

La ingesta de berries ha demostrado un impacto positivo en la salud del ser humano (SCHRECKINGER et al., 2010) y a pesar de que los berries chilenos más destacados a nivel internacional corresponden a las frambuesas y arándanos; en comparación a otras especies nativas, el maqui se ha convertido en una "súper fruta" de gran relevancia en el mercado de alimentos funcionales y saludables.

Su fruto es "una baya redonda comestible de color púrpura/negro brillante, de unos 5 mm de diámetro. Su pulpa dulce posee entre 2 a 4 semillas angulosas de 3 mm de largo y 2 mm de ancho, (Oyanedel, 2002) con un porcentaje de humedad de 56,4% (Correa y Yesid, 1992; Santibáñez, 2008). Sus hojas son simples, opuestas y decusadas, miden entre 4 a 9 cm de largo por 3-7 cm de ancho (Riedemann et al., 2004 cit. Olate, 2008), péndulas, de forma oval-lanceolada, con borde aserrado (Torres, 2007).



[Imagen 3] Redagrícola. (2017). Maqui camino a su consagración como súper fruta. 23 septiembre 2017, de Redagrícola Sitio web: <http://www.redagricola.com/maqui-camino-consagracion-super-fruta>

El maqui ha sido catalogado como un “súper berry” por su potencial funcional y elevado contenido en sustancias bioactivas; catalogado como la planta con mayor contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en comparación con otras bayas.

Las antocianinas son las principales responsables de otorgar al fruto del maqui su poder antioxidante característico, poseyendo entre tres y nueve veces la cantidad que tienen el açaí y el arándano, respectivamente (Genskowsky, 2015). Éstas se caracterizan por su solubilidad en el agua, siendo sumamente eficientes por la fácil asimilación por parte de nuestro organismo (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2017).

Consecuencia de esto, la cosecha del maqui ha logrado abrir un horizonte de oportunidades a nivel nacional, tanto económicas como nutricionales y sociales. Sin embargo, una de las principales ventajas del maqui se encuentran en el ámbito de la salud. “Una dieta sostenida sobre la base del maqui ayuda a evitar la actividad de las bacterias dentro del organismo mejorando sus defensas” (Natural maqui, 2017), debido a sus altas concentraciones de polifenoles, antocianinas y vitamina C. Llegando a incorporar hasta 27.600 ORAC por

cada 100 mg, el maqui ha logrado demostrar su capacidad de retardar el envejecimiento prematuro de algunas células, proteger las neuronas y ayudar a prevenir y tratar problemas neurodegenerativos como el Alzheimer (Herrera, 2016).

Así mismo, se suman una serie de efectos positivos destacando sus actividades anti-adipogénicas, anti-aterogénicas y cardioprotectoras, teniendo la capacidad de mantener saludables niveles de azúcares en la sangre, aportar propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas y analgésicas; fortalecer el sistema inmune, neutralizar enzimas que destruyen tejidos conectivos, prevenir la oxidación de dichos tejidos, entre otros (Redagrícola, 2017).

Por otro lado, tanto el fruto como las hojas han sido utilizadas ancestralmente por el pueblo mapuche como remedio natural (Samarotto, 2016), siendo considerado una especie sagrada: símbolo de benevolencia e intención pacífica (Alonso, 2015). El maqui “forma parte de la filosofía de vida mapuche; está presente en el alimento, la salud y la espiritualidad” (MEGA, 2016), dando cuenta de la importancia que tiene este fruto en términos nutricionales, como culturales y sociales.

VALOR ANCESTRAL DEL MAQUI

Vinculándose fuertemente con la idiosincrasia chilena al evocar recuerdos festivos y de la niñez; es común encontrar el maqui en la medicina popular. Su fruto es utilizado principalmente para curar diarreas crónicas y disentería, a diferencia de las hojas que son utilizadas con el objetivo de curar enfermedades de la garganta, tumores intestinales y como analgésico anti febril -en el caso de infusiones-, o curar heridas y cicatrices al utilizarlas como hojas secas y/o en polvo (CHILE, MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, 2005 cit. Leal, 2006).

Consecuencia de dichas propiedades, se ha generado una gran valoración del maqui que se traduce además en impactos económicos tanto para quienes poseen estos recursos naturales, los manejan y recolectan -siendo ellos portadores de la sabiduría ancestral- como para la industria que procesa y comercializa (Benedetti, Molina, Pavez & Valdebenito, 2015). Es por esto que en la actualidad existe un interés por generar nuevas oportunidades de negocio tras el desarrollo nuevas técnicas de cosecha y postcosecha para recolección de pequeña y mediana escala; y promover la elaboración de productos de alta calidad a partir de su fruta.

Composición proximal del fruto *Aristotelia Chilensis* (Mol) Stuntz

g/100g parte comestible	
Energía (kcal)	150
Humedad	56,4
Proteínas (g)	0,8
Grasa Total (g)	trazas
E.N.N (por diferencia)	40.8
Fibra cruda	0,8
Cenizas	1,2
mg/100g parte comestible	
Calcio	87
Fósforo	44
Hierro	30,5
Potasio	296

Fuente: Adaptado de SCHMIDT -HEBEL et al. (1992).

[Figura 2] Cuadro de información nutricional fruto del maqui.

Comparación del contenido total de antocianinas, capacidad antioxidante (ORAC) y contenido de polifenoles totales en maqui, açai y arándano

Fruto	Contenido total antocianinas (mg/100 g p.s)	Capacidad antioxidante ¹ (ORAC, umol ET/g p.s.)	Polifenoles totales ² (mg EAG/100 g p.s.)
Maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>)	984,12 ± 7,32 (Gironés-Vilaplana, et al.2014)	299 ± 0,98 (Gironés-Vilaplana, et al.2014)	1420 ± 10,00 (Fredes, et al. 2014)
Açai (<i>Euterpe oleracea</i>)	347,81 ± 35,86 (Gironés-Vilaplana, et al. 2014)	283 ± 3,88 (Gironés-Vilaplana, et al. 2014)	312 ± 2,60 (Kang, et al. 2012)
Arándano bluegold (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	101,88 ± 2,36 (Brunea, et al. 2013)	55,7 ± 2,94 (You, et al. 2011)	274,48 ± 15,83 (Rodrigues, et al. 2011)

¹ Resultado expresado como umol de equivalentes Trolox en un gramo de peso seco.

² Resultado expresado como umol de equivalentes Ácido gálico en cien gramos de peso seco.

Fuente: Genskow Ortiz (2015): Caracterización del Maqui Liofilizado.

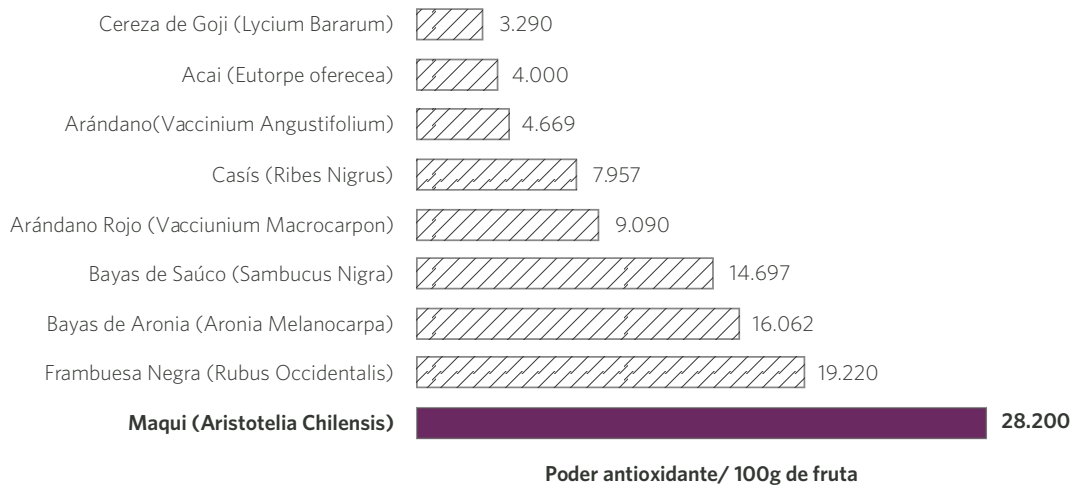
En la [Figura 3] se observa el contenido de polifenoles y antocianinas totales, y la capacidad antioxidante del fruto del maqui respecto al açai y arándano. En cuanto a la cuantificación de polifenoles totales, estos son altamente superiores tanto para el açai como para el arándano. Se observa además que la capacidad antioxidante y las antocianinas totales en el fruto del maqui presentan los valores más altos en comparación a las otras dos frutas mencionadas. Por lo que el contenido de los compuestos bioactivos en el maqui son bastante mayores a los otros dos berries.

[Figura 4] Gráfico comparativo del nivel de propiedades antioxidantes del maqui con el de otras superfrutas destacadas.

“El maqui tiene 7 veces más poder antioxidante que el Açaí y 9 veces más que el Goji”

Fuente: Base de datos del Departamento de Agricultura de EE.UU para ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity. Mayo 2010).

Comparación del maqui con otras superfrutas

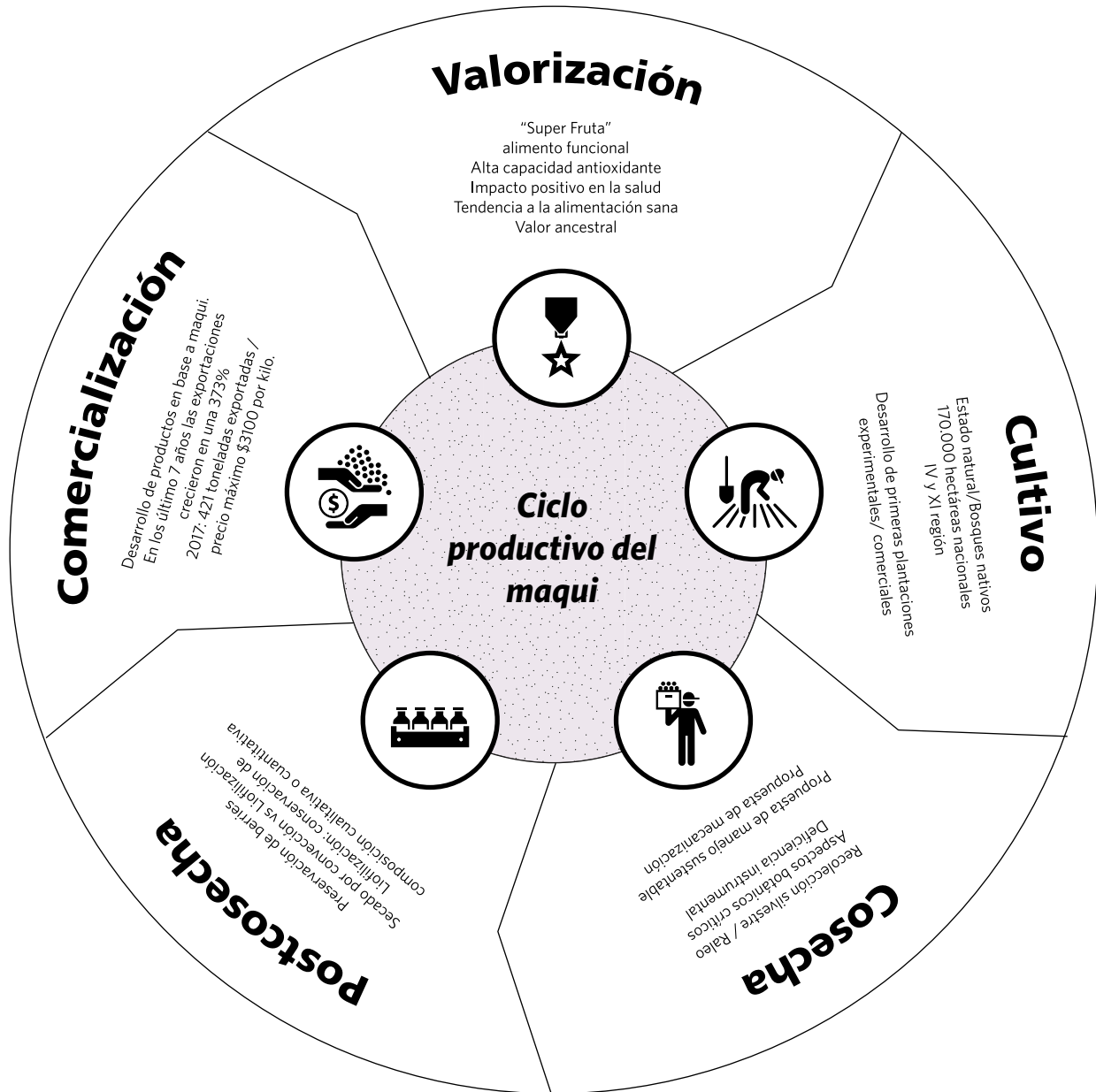


Fuente: Base de Datos del Departamento de Agricultura de EE.UU para ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity. Mayo 2010)

La oportunidad es detectada en trabajar y emprender en torno a **Aristotelia Chilensis,**

con el fin de satisfacer las nuevas demandas del ser humano haciéndose cargo de su proceso productivo desde el cultivo hasta su comercialización, pasando por cosecha y/o postcosecha como indicador clave en la producción y aprovechamiento del fruto.

[Figura 5] Ciclo productivo del maqui, desde su valoración como una “Súper Fruta” hasta su comercialización.



Cultivo de la especie



[Imagen 4] Amcham Chile (2015). Primeros clones de maqui en Chile. Recuperado de: <https://www.amchamchile.cl/2015/12/primeros- clones-de-maqui-en-chile/>



Cultivo

Aristotelia Chilensis: Características, recolección silvestre y experimentación en torno a su cultivo.

El maqui es una especie botánica de la familia de las elaeocarpaceas, propia de los bosques subantárticos chilenos y zonas adyacentes del sur de Argentina. Crece desde Coquimbo hasta Aysén, tanto en el Valle Central como en ambas Cordilleras, pudiendo alcanzar altitudes de hasta los 2500 m.s.n.m. (Rodríguez, 1983). Se desarrolla preferentemente en suelos húmedos, quebradas, faldeos de cerros o márgenes de bosques (Rodríguez y Marticorena, 2005 cit. Gallardo, 2010); asociado siempre a otras especies de mayor importancia.



[Imagen 5] Torti, F. (2017).

[Figura 6] Diagrama de fructificación y floración del maqui.



Destaca por su fácil adaptabilidad a las condiciones de cultivo. Éste se desarrolla en climas mediterráneos semiáridos y templados subhúmedos (Vogel, 2015). En cuanto al suelo, tolera diferentes tipos de éste y necesita riego mediano. Crece en terrenos alterados -que han sido recientemente despejados por alteraciones y/o perturbaciones- por lo cual es considerado un agente importante en el control de la erosión (Rodríguez et al., 1983; Donoso, 2006); formando agrupaciones densas llamadas "macales" que cumplen la función de proteger al suelo de ésta. En general, tienen buena exposición a la luz, sin necesidad de protección, y tiene buena resistencia a las heladas ocasionales propias de la zona.

La morfología de dichos macales y sus características botánicas, tanto del arbusto como del fruto, son determinantes, por lo que deben ser considerados en su cultivo, cosecha y postcosecha. El fenotipo de la planta puede variar según las condiciones ambientales (Benedetti et. al., 2012), sin embargo, éste se caracteriza por ser un arbusto dioico, siempreverde y de tronco dividido. El maqui es un árbol delgado -de 30 a 35 cm de diámetro (Zevallos y Matthei, 1992)- de corteza lisa, blanda y flexible, siendo fácil desprender en largas tiras fibrosas (Riedemann y Aldunate, 2004 cit. Olate, 2008).

Las flores son pequeñas, blanquecinas, y tanto flores femeninas como masculinas se disponen en racimos en árboles separados (Riedemann y Aldunate, 2004 cit. Olate, 2008). El período de floración se genera desde Octubre hasta principios de Noviembre, mientras que la fructificación ocurre durante Diciembre y Enero (Benedetti et al., 2012).

El maqui es principalmente un fruto de recolección. La *Aristotelia Chilensis* se encuentra presente en estado natural-silvestre en una superficie aproximada de 170.000 hectáreas nacionales, entre la IV y XI región (Benedetti et. al., 2012).

Recientemente, se ha incorporado su cultivo de forma experimental, no existiendo una pauta que permita guiar de manera acabada cada una de las labores técnicas que se deben realizar en un huerto de maqui. Considerando que "la recolección no es sustentable en el tiempo" (Universidad de Talca, 2014), expertos buscan masificar su cultivo, mediante clonación y técnicas de manejo agrícola con el fin de obtener resultados positivos en términos de rendimiento y calidad del fruto, y los conocimientos y herramientas necesarias para un buen manejo de éste en términos de sustentabilidad.

Empresas y/o proyectos -tanto privados como públicos- cuentan con las primeras plantaciones experimentales/comerciales (RCONSULTING, 2013), consiguiendo ciertas variaciones en su morfología. En el caso del desarrollo en lugares abiertos, el árbol alcanza hasta 4-5 metros de altura, mientras que cuando crece en comunidades adquiere forma arbustiva (Hoffmann, 1982). Del mismo modo, se han conseguido resultados como la disminución de vigorosidad y de ramas improductivas, aumentos de calibres y peso en la fruta, entre otros; permitiéndose incluso la reducción y control de tamaño y ubicación de la fruta dentro del arbusto.

Las características morfológicas del maqui, su potencial como factor de desarrollo, distribución de forma natural, y principalmente su estado actual de tecnificación, nos permite relevar el ámbito de acción a aquellos productores de baja escala que requieren de asistencia en el manejo de un recurso que se encuentra en un proceso de transición desde su estado silvestre al de cultivo de mayor envergadura. Por ende, **los pequeños y medianos productores dedicados a la recolección silvestre de maqui en bosque nativo y cosecha manual de éste en cultivos iniciales a nivel nacional son los principales participantes de la unidad de análisis del proyecto.**



[Imagen 6] Resultados experimentos cosecha mecanizada. Registro personal, 2017.

**Cosecha
del fruto**



Estado actual del manejo y cosecha del maqui

El Manejo de los bosques de *Aristotelia chilensis*, se encuentra regulada bajo el marco normativo, de la Ley N° 20.293 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, 2008. Cuando constituye bosque o matorral arbustivo, el maqui se encuentra por la Ley de Bosque Nativo N°20.283 , 2008, referida sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, cuyo objetivo, según el artículo 1, es la protección, recuperación y mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política forestal. (CONAF-INFOR 2012).

Cosecha



[Imagen 8] Redagícola. (2017). Maqui camino a su consagración como súper fruta. 23 septiembre 2017.



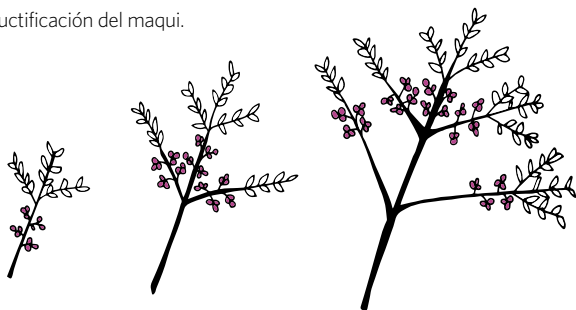
[Imagen 7] Maqui en temporada de cosecha. Registro personal, 2017.

Controversias entre el reconocimiento del maqui como fruto de alto valor y las técnicas dañinas implementadas actualmente.

Actualmente la mayor parte de *Aristotelia Chilensis* es cosechada a través de recolección silvestre, requiriendo de un alto capital humano para la realización del proceso. Generalmente se realiza por grupo familiar, reuniéndose y participando todos los integrantes, principalmente por entretención (E. Kumikir, comunicación personal, 6 de octubre, 2017).

En “zonas de cultivo” de mediana producción suelen agruparse en cuadrillas, generalmente compuestas por cuatro personas. Dos quedan a cargo del raleo de ramas y otras dos del desprendimiento del fruto, labor generalmente realizado por mujeres. Éste es conseguido a través del apaleo de los vástagos, los que son sacudidos con el objetivo de que el fruto sea desprendido, para luego ser separados de las hojas en harneros de polietileno.

[Figura 7] Crecimiento y fructificación del maqui.



En este proceso se provocan grandes daños a la planta y a la temporada siguiente, ya que para alcanzar los volúmenes requeridos es necesario realizar el raleo de la rama completa, la cual demora tres años, en promedio, en volver a crecer y dar frutos (Araya, 2012). De esta forma se presencia un atentado directo a la especie, el bosque nativo y los posibles ingresos económicos, además de perderse una gran parte de fruta todavía verde y un porcentaje considerable de madera y hojas debido al punto donde suele ser cortado el vástago.

Uno de los principales problemas detectados en este proceso es que “la fruta es muy pequeña y se encuentra muy adherida al pedicelo, lo cual dificulta y encarece su cosecha requiriendo una gran cantidad de mano de obra que hoy en día es un recurso escaso y de elevado costo para el productor agrícola” (Redagrícola, 2017). Por otro lado, “la fruta tiende a desprenderse con mucho palo, lo que dificulta en gran medida el proceso de postcosecha. Es permitido únicamente el 10% de agentes externos para iniciar los procesos respectivos” (M. Tapia, comunicación personal, 10 de noviembre, 2017).

La madurez de consumo en Chile central se puede esperar con 1.100 días grados de crecimiento (91 días después de cuaja) la cual corresponde con frutos de coloración púrpura oscura y la mayor concentración de sólidos solubles, antocianinas totales y capacidad antioxidante (Fredes, 2012).

(*) Ramas filetes: Expresión coloquial para referirse a los vástagos cargados de frutos.

Raleo excesivo y mal manejo de la especie durante la temporada de cosecha.

El raleo, corte indiscriminado de las ramas, es el primer paso. Los recolectores van en búsqueda exclusiva de las “*ramas filetes*”(*) y suelen hacer uso de machetes largos para realizar la acción. El punto donde es realizado el corte incluye tanto las hojas como la madera de hace 2-3 años anteriores, es decir, **dificulta el crecimiento de la fruta en 2-3 temporadas**. Al ser la madera de *Aristotelia Chilensis* sumamente blanda y flexible, con un solo golpe logra ser cortada.

Como consecuencia de hacer uso de un machete para aquello, se suelen pasar a llevar 2-3 ramas que no contienen frutos, además de aumentar las posibilidades de realizar un corte inadecuado. La falta de precisión de la herramienta es justificada por los recolectores debido al bajo costo de ésta (Tapia, 2017), teniendo un precio alrededor de los \$50.000 pesos.

Para conseguir el fruto, los brotes previamente cortados son puestos sobre una chaña (plástico de polipropileno tejido de saco negro) donde se apalea su madera para que caiga el fruto. Éste suele estar muy arraigado al pedicelo por lo que le cuesta desprenderse y son varios los golpes que debe recibir la rama. Seguido de esto, el vástago es dejado en el mismo lugar, y lo previamente desprendido es filtrado en un harnero o zarandas de mallas plásticas de polietileno de 6 a 8 mm variadas veces, para sacar las hojas y otras impurezas hasta dejar el fruto lo más limpio posible. Finalmente, el maqui es empacado en bolsas de polietileno que van dentro de cajas de cartón de 15 Kg aproximadamente para ser congeladas a -18°C. Con la sucesión de apaleos y la falta de prolijidad en el proceso el maqui suele ser pasado a llevar, generando altos grados de humedad en él.

Es importante considerar que en la cosecha también se busca controlar las alturas del árbol, siendo ésta una tarea fundamental para mantener un tamaño accesible para ser cosechado según las técnicas actuales. Para ello, los recolectores se encargan de cortar la copa del árbol, sumado a lo que es podado para realizar la cosecha.



[Imagen 9] - Conjunto de imágenes. MEGA Oficial. (28 abril 2016). Maqui, el poderoso antioxidante que previene la resistencia a la insulina - Súper Alimentos [archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=mXe4Xcyu_zA

[Figura 8] Raleo y corte indiscriminado de vástagos.



En la actualidad se realiza un raleo excesivo, dejando alrededor del 30% - 40% del árbol restante; porcentaje mínimo para obtener la certificación orgánica de IMO Chile” (D. Saieg, comunicación personal, 24 de octubre, 2017).



JORNADA HABITUAL DE UN TEMPORERO

La jornada de recolección es de 6 horas diarias aproximadamente. Comenzando a las 4:30 - 5:00 de la mañana debido al calor de la temporada comprendida entre el 10 de Diciembre y 20 de Febrero según la zona del país, finalizando alrededor de las 11:00. El promedio de un recolector es cosechar entre 30 y 40 kg al día, siendo como máxima la cosecha de 70 kg diarios por los recolectores con mayor experiencia; obteniendo entre 200gr y 5kg de maqui por árbol.



Esta recolección se entrega cada dos a tres días en centros de acopio (considerado los intermediarios) y éstos, entregan el producto a la planta en bandejas de 60 kg cada una; existiendo una variación de sueldo entre los veinte y treinta mil pesos, conseguidos por los nuevos en el rubro quienes tienden a fatigarse muy rápido, hasta los 150 mil pesos diarios (Saieg, 2017).

Mecanización de *Aristotelia chilensis*



La recolección silvestre de este producto forestal no maderero ha crecido en los últimos años logrando generar alianzas entre comunidades y la industria. Como consecuencia, se ha desarrollado un interés por el cuidado de la especie, proponiendo un manejo sustentable del fruto. En ese sentido, **se propone la mecanización como la mejor opción de cosecha en plantaciones de *Aristotelia Chilensis*.**

DESARROLLO DE PRIMEROS CULTIVOS EXPERIMENTALES

Felipe Torti, ingeniero agrónomo del Departamento de Investigación y Desarrollo de Agroindustrial Surfrut Ltda., es hoy uno de los primeros en cultivar/cosechar maqui apoyado por esta agencia ministerial, buscando generar un “modelo productivo, eficiente y moderno, para el cultivo industrial de maqui, *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz; enfocado en implementar y validar la cosecha mecanizada de la fruta” (Torti, 2017). Es así como propone la implementación de maquinarias en cultivos de la especie, con el fin de potenciar la participación de la fruta nacional en el mercado de alimentos saludables a nivel mundial.

Sin embargo, existe un acceso limitado de máquinas diseñadas para la cosecha del fruto, y una deficiencia instrumental y desarrollo tecnológico, agronómico e industrial incipiente (ODEPA, 2013); consecuencia de la exclusividad nacional de la actividad y ser “un negocio con una demanda considerablemente nueva” (Tapia, 2017).

Ciertos aspectos botánicos de *Aristotelia Chilensis* hacen de su cosecha un proceso complejo. En primer lugar, la flexibilidad de sus ramas y poca resistencia frente a una fuerza aplicada dificulta la mecanización de ella. Por otro lado, su tamaño pequeño hace difícil la manipulación, generando ineficiencia en el proceso y su fuerte adhesión al pedicelo obliga a la aplicación de una fuerza considerable para desprender el fruto.

[Imagen 10] Pruebas de cosecha manual asistida Olivion. Registro personal, 2017.



[Imagen 11] Resultados de cosecha mecanizada. Registro personal, 2017.

Antecedentes de cosecha asistida

Existen ciertas herramientas, diseñadas inicialmente para la cosecha de otros tipos de frutas, que han comenzado a ser implementadas para la utilización en *Aristotelia Chilensis*. Con distintos grados de tecnificación y precisión, son algunos de los instrumentos utilizados actualmente para la cosecha de bayas, y en algunos casos, del maqui.

Antecedentes de baja complejidad técnica



Herramientas de arranque (dentadas)

Principalmente utilizados en la recolección de aceitunas y berries, estas herramientas son accionadas manualmente. Están constituidas por una serie de piezas -muchas veces clavos- ligeramente curvadas; unidas a una pieza central de sujeción. Ciertas piezas mantienen una distancia determinada según la fruta que se quiera cosechar, generando el espacio donde ésta es sujeta, y luego, desprendida (Cattan, 2007). Generalmente cuentan con un contenedor, y en algunos casos, algún mango de longitud variable. En la foto vemos la herramienta utilizada actualmente para la cosecha de la rosa mosqueta.



De arranque/ arranque circular

RASELCA, dispositivo de bajo costo y fácil uso para la recolección manual de café, es un referente pertinente por su eficiencia en el desprendimiento del fruto. "Consiste en un tubo de PVC de 50 mm de diámetro cortado longitudinalmente, con bisagras en uno de sus lados y pasadores ajustables para los dedos con el fin de permitir la apertura y cierre rápidos de la misma. La herramienta tiene en uno de sus extremos dientes de nylon que se usan para desprender los frutos a medida que el operario lo desplaza en la rama" (Oliveros, Ramírez, Buenaventura-Aranzazu, & Sanz-Urbe, 2005). Con el uso de esta herramienta se logró una disminución del 11% en el costo unitario de cosecha e incrementar el promedio de rendimiento hasta en un 117,4%.

[Imagen 12] Campagnola Ibérica de Suministros Agrícolas, S.L. (s.f).Vareadores y vibradores manuales Pellenc SA. (s.f). Herramienta para cosechar

[Imagen 13] Guía del usuario. Olivion P230 T220-300. (s.f). Recuperado de <http://pellenc.com/agri/produits/peine-vibrador-olivion/?lang=es>



Antecedentes motorizados

“La extracción mecánica de la fruta se logra mediante varillas que se remecen, balancean o rotan a través de los arbustos” (Garcés, 2012), golpeando las ramas con rastrillos mecánicamente activados para que el fruto caiga en las redes de recolección, ubicadas al pie del mismo árbol. Pudiendo cosechar más del 80% de aceitunas de un árbol maduro en 5-10 minutos, y utilizando una variedad de motores -internos o externos- de combustión tradicional; Uno de los grandes beneficios de esta herramienta es que el daño de la planta se ve altamente reducido dado que los dientes de la máquina suelen ser fabricados en fibra de carbono o resinas de alta elasticidad, haciendo caer el fruto por agitación sin generar gran impacto en éste ni en la vegetación. Sin embargo, las vibraciones y niveles de ruidos por encima de los 85 dB se convierten en aspectos críticos, afectando tanto a operarios como al medioambiente.

Antecedentes destacados:

1. Campagnola Alice: Cabezal para cosechador electromecánico indicado para árboles muy poblados, o sin podar.
2. Campagnola Holly: Cosechador electromecánico, peine económico para el pequeño agricultor.
3. Hércules: Cosechador electromecánico ideal para un uso profesional cuando las plantas son grandes y muy pobladas.
4. Cosechador neumático de aceitunas.

Existiendo una gran variedad de cosechadoras electromecánicas, la gran mayoría funciona bajo el mismo principio de funcionamiento: peinar las ramas por medio de la acción conjunta de dos peines. Mientras éstos oscilan, sus dientes de resina termoplástica se mueven en sentido rotatorio opuesto, creando una elipse de 8 x 7 cm aproximadamente, lo que permite un mayor radio de cosecha. Este peculiar movimiento de oscilación y rotación garantiza la eliminación de las vibraciones transmitidas a toda la herramienta y, consecuentemente, al operario.

Los cosechadores neumáticos generalmente utilizan el mismo cabezal de recolección que los cosechadores eléctricos, pero son activados con aire comprimido, con un compresor eléctrico o de combustión interna independiente. Los peines se deslizan lateralmente, el uno contrapuesto al otro, cruzándose y aumentando así el radio de acción. Éstos cuentan con el sistema “short stroke” que permite aumentar su velocidad a 1.800 golpes por minuto al reducir la apertura de sus dientes. Tanto las versiones eléctricas como de aire comprimido, tienen la capacidad de recolectar hasta 400 kg por día (Facchinetti, 2014) y alcanzar una longitud de 3.5 metros por sus varillas telescópicas; variando su peso entre 1 y 2.65 kg, generando fatiga e incomodidades en el recolector.

[Imagen 14] Pruebas de cosecha-mecanizada en cultivos de Felipe Torti. Registro personal, 2017.



Mecanización en cultivos

En cuanto a **mecanización de cosecha**, los principales avances corresponden a pruebas realizadas por Felipe Torti con máquinas cosechadoras de arándanos y frambuesas, y cosechadoras de vides y olivos; obteniéndose excelentes resultados con esta última.

En el caso de la **cosecha manual asistida**, fueron realizadas algunas pruebas haciendo uso de el "Peine vibrador Olivion". En la prueba se obtuvo un rendimiento de 3 kilos por hora incluyendo el tiempo de separación y limpieza; presentándose ciertas dificultades en cuanto al área de trabajo y comodidades del usuario.

Es importante la consideración de ciertos aspectos botánicos y las necesidades de la cosecha manual actual para la creación de un método eficiente y sustentable a incorporar en los procesos de producción del maqui. Siendo *Aristotelia Chilensis* una especie en etapa temprana de evolución técnica, se debe tener en cuenta los métodos utilizados en frutos similares para el desarrollo de un dispositivo que apoye el ciclo de producción de este fruto.

Considerando la cantidad de kilos de fruta que entrega cada uno de los arbustos, la tecnificación de la cosecha de *Aristotelia Chilensis* aspira a la mecanización.

Resultado de rendimiento de cosecha bajo el uso de herramienta Olivion en "Día de Campo": 2,957 kg/hr

[Figura 9] Cuadro de resultados obtenidos por cosecha manual asistida con uso de Olivion.

Resultados de la cosecha con el uso de Olivion

Operador	02
Edad del operador (años)	65
Peso del operador (kg)	71,5
Pulsos por minuto al inicio de la labor	120
Pulsos por minutos al final del trabajo	120
Inicio trabajo (hr:min)	8:57'
Termino labor	9:05:14'
Duración labor (min:seg)	8' 4"
Duración total del trabajo (minutos)	8,23
Tiempo real de trabajo (minutos)	8,23
Eficiencia de trabajo	100%
Kg cosechados por árbol	1,312
Rendimiento kg/hr	9,565
Rendimiento kg/hr con 80% de eficiencia	7,652
Cantidad de impurezas (hojas y ramitas, kg)	0,553
% de impurezas	29,7%
Tiempo de separación impurezas (minutos)	26,62
% del tiempo destinado a separar impurezas	76%
Rendimiento kg/hr incluyendo tiempo de separación	2,957
Kg sin cosechar en el árbol	0,056
% sin cosechar en el árbol	4
Kg en ramas retiradas de árbol	0,592

Fuente: A. Hernández (comunicación personal, 10 de abril, 2018).

[Imagen 15] Maqui y sus beneficios.(s.f).
25 octubre 2017, de Natural Maqui Sitio
web: <http://www.naturalmaqui.cl/es/maqui-y-sus-beneficios/>





Postcosecha

Métodos de preservación de berries.

Preservación por congelamiento;

-IQF: utilización de lecho fluidizado

Preservación por desecación o deshidratación;

-Deshidratado convencional

-Secado por spray y aire

-Liofilización

-Tecnología REV

Preservación a partir de elaboración de jugos;

-Clarificados

-Concentrados

-Pasteurizados

Preservación a partir de elaboración de conservas.

A estos se suman algunos tratamientos aplicados en las frutas y alimentos en general; como lo es la refrigeración, conservación por fermentación o salazón, deshidratación osmótica, uso de aditivos químicos para control microbiano, y aquellos tratamientos con aplicación de químicos superficiales. (ODEPA, 2013)

[Figura 10] Introducción a los principales métodos empleados en la preservación de berries.



Todas las variedades de alimentos necesitan, de alguna forma, ser conservadas para reducir o detener deterioros, mantenerse disponibles durante un mayor período de tiempo, conservar sus propiedades nutricionales, y/u obtener productos con valor agregado. Entre otras causas, el deterioro es la razón principal para el empleo de técnicas de preservación o conservación (Jangam et al., 2010). Sin embargo, al considerar la estacionalidad productiva de las bayas y la corta duración de su cosecha, es común la implementación de tratamientos de deshidratación que tienen por objetivo deshidratar los productos para que éstos puedan ser almacenados, permitiendo así su consumo fuera de la temporada.

Todos los tratamientos de deshidratación afectan el agua en la fruta para prevenir su oxidación. No obstante existen otros procesos -principalmente utilizados en la conservación de berries- que se diferencian a los tradicionales dado que posee distintos orígenes, costos, gastos energéticos, calidad del producto final, inversión necesaria, entre otros.

Al momento de elegir entre los distintos tratamientos de preservación, es importante considerar la mantención de la calidad del producto durante el secado y la conservación de sus cualidades organolépticas; sin olvidarse de otros aspectos técnicos mayormente relacionados con la eficacia y el coste del proceso (Contreras, 2006).

En el caso de la **preservación por congelamiento o refrigeración** éste funciona únicamente como método de preservación por períodos cortos; produciéndose un desarrollo microbiano acelerado al paso de unos días. Esto se debe a que el agua sigue siendo parte de la fruta, considerándose inadecuado como método de preservación a largo plazo.

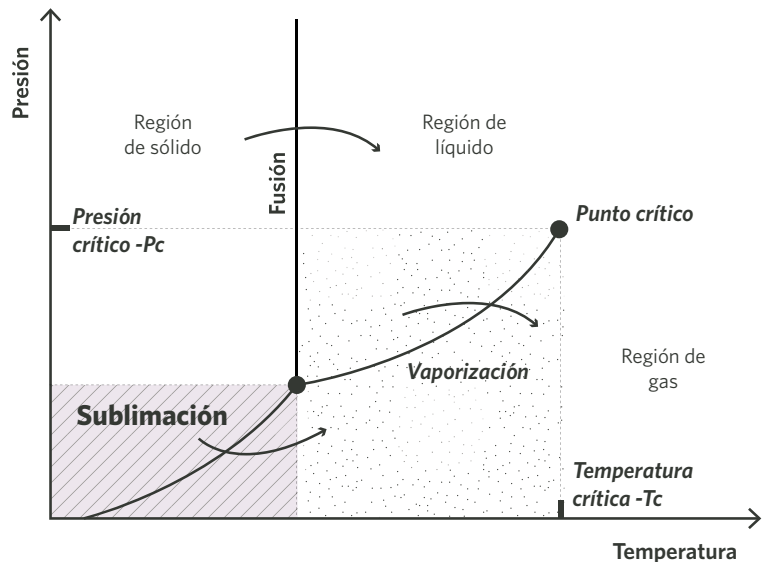
La **desecación** consiste en extraer la humedad contenida en los alimentos mediante las condiciones ambientales naturales. Por deshidratación nos referimos a la eliminación casi completa de agua recurriendo a la acción de calor artificial.

En el caso del **secado por convección**, los berries son sometidos a corrientes de aire caliente con el fin de evaporar el agua que poseen, basándose en el principio de la remoción de agua mediante la aplicación de calor (Jangam et al., 2010). **Según la variable de alimentos, la humedad final de los alimentos deshidratados varía entre el 1% y 5%; siendo capaces de retener su estabilidad en almacenamiento a temperatura ambiente durante un año o más. (Potter, 1978, p.263).**

Al ser un proceso lento, el tratamiento involucra una serie de cambios físicos, químicos y sensoriales en el alimento (Espinoza, 2011), requiriendo de grandes cantidades de energía para mantener su estabilidad. Es común la alteración de la fruta en su calidad nutricional, funcional y sus características organolépticas (KARAM et al., 2016); rompiéndose sus estructuras moleculares al evaporar el agua que la compone.

A nivel familiar o de comunidad, existe una tendencia a la **preservación a partir de la elaboración de conservas**: mermeladas, enguindados y licores son algunos de estos productos, siendo su elaboración principalmente asociada a una tarea femenina. Esta actividad generalmente se realiza en sectores rurales con el objetivo tanto de preservar como de diversificar la forma de ingerir la fruta. Su principal uso es de autoconsumo, aunque existe una tendencia a la comercialización de estos productos; siendo la producción de conservas, mermeladas y líquidos fermentados, actividades económicas que se incluyen dentro de la industria alimentaria.

Tratamiento de liofilización



[Figura 10] Diagrama cambios de fase de la materia

Existen métodos que solucionan ésta pérdida de una mejor manera, como lo es el caso de la **deshidratación al vacío**. Este sistema tiene la ventaja de la facilidad adquirida para la evaporación del agua al ser expuesta a bajas presiones atmosféricas. De este modo, no se requiere de altas temperaturas, aplicando la transferencia de calor mediante radiación o conducción.

La **liofilización** es un proceso que tiene como objetivo separar el agua (u otro solvente) de una disolución mediante congelación (entre -20°C y -40°C) y posterior remoción del hielo en condiciones de vacío. Al aplicar calor en un ambiente a presión reducida se lleva a cabo la sublimación del agua en estado sólido, evitando el paso por la fase líquida.

“El agua permanece congelada, y la rapidez con que las moléculas de agua salen del bloque de hielo es mayor que la de las moléculas del ambiente que vuelven a incorporarse al bloque congelado”. (Potter, 1978, p. 304). Por esta razón, la estructura de la fruta no cambia. Las bajas temperaturas empleadas en el proceso eliminan el shock térmico contribuyendo a la

preservación de componentes nutricionales como vitaminas y minerales, permitiendo la retención sabor y aroma original (Marques, et al. 2006); y evitando la degradación de compuestos sensibles a altas temperaturas y la desnaturalización de proteínas. Además, su alta velocidad apoya la inactivación enzimática logrando una rápida inhibición de la oxidación enzimática (Abascal, et al. 2005, George, et al. 2011).

Es el proceso más suave para secar productos y es el mejor método para secar compuestos orgánicos o inorgánicos sin alterar su composición cualitativa o cuantitativa (Universidad de Granada, 2018).

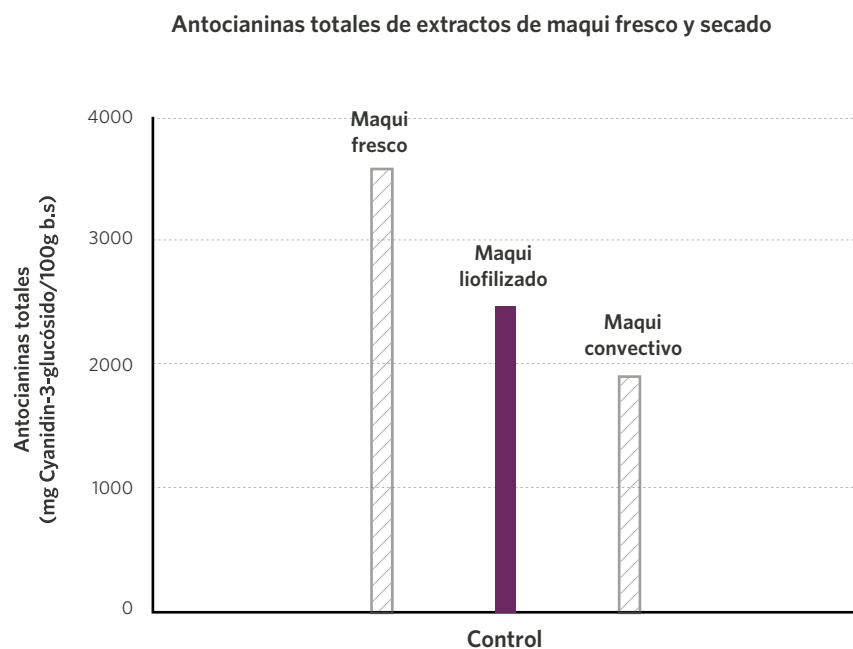
A diferencia de lo ocurrido en otros métodos de preservación, en la liofilización no hay adición de agentes externos ni exposición a altas temperaturas (alcanzado como máximo los 50°C); sino que se altera la atmósfera donde se encuentra contenido el alimento. Este tratamiento térmico proporciona productos secos de estructura porosa con un porcentaje de humedad inferior al 5% respecto al original; reduciendo su peso en un 90% aproximadamente.

LIOFILIZACIÓN DEL MAQUI

Al comparar el resultado del proceso de liofilización con el de secado por convección, se demuestra una menor estabilidad de este último por efecto de tratamiento térmico en el proceso convectivo. En éste existe una pérdida de un 47% en antocianinas, a diferencia de un 31% en el maqui liofilizado. Además, existe un deterioro en su capacidad antioxidante por la exposición a temperaturas mayores de 40°C (RODRÍGUEZ et al. (2016).

Esto concuerda con el efecto de estabilidad de estos pigmentos hidrosolubles, los cuales **son los responsables de otorgar el poder antioxidante** característico a la fruta; y por tanto, se debe evitar su degradación. La estabilidad de las antocianinas se ve afectada por factores como la temperatura, el pH, oxígeno, entre otros (ABDEL-AAL y HUCL, 1999; FENNEMA, 2000; CASTAÑEDA-OVANDO et al. 2009); por lo que al exponer la fruta a altos grados de calor se ve reflejada directamente la disminución de estos compuestos fenólicos (Guerrero, 2016). Del mismo modo, la ausencia de oxígeno favorece la prevalencia del color manteniendo su buen estado.

Estabilidad de antocianinas en proceso de liofilizado por control de temperatura y oxígeno.



[Figura 11] Gráfico comparativo de variaciones de antocianinas según distintos métodos de preservación.

Liofilización vs secado por convección

Al ser el principal objetivo el evitar la oxidación de la fruta, y así mismo, aumentar su vida útil, los métodos de preservación más óptimos corresponden a aquellos que logran eliminar el agua de éste.

En el caso de la liofilización esto se hace posible mediante el uso de altas y bajas temperaturas, logrando evaporar el agua en estado sólido gracias a la alteración de una atmósfera determinada.

Posteriormente, debe ser considerado el almacenamiento y envasado de los productos deshidratados. Se recomienda el uso de contenedores herméticos, con buenas propiedades barrera para el oxígeno, vapor de agua y la luz. Los alimentos deshidratados deben ser almacenados en lugares frescos, oscuros y secos para mantener sus propiedades. Por cada 10°C disminuidos en el lugar de almacenamiento, el tiempo de conservación aumentará 4 años; siendo la temperatura ideal para su almacenamiento los 15°C aproximadamente. En el caso de requerir la conserva por mucho tiempo, se debe evitar su exposición a la luz solar; siendo la principal responsable del deterioro de vitaminas y el color de la fruta (Ezidri, 2018).

SECADO CONVENCIONAL	LIOFILIZACIÓN
Rango de temperatura 37°C - 93°C	Temperaturas bajo el punto de congelación
Presiones atmosféricas	Presiones reducidas (27-133 Pa)
Se evapora el agua de la superficie del alimento	Se sublima el agua del frente de congelación
Movimiento de solutos, genera endurecimiento algunas veces	Movimiento mínimo de solutos, permite conservar texturas
Tensión en alimentos sólidos causa daño estructural y encogimiento	Cambios estructurales o encogimientos mínimos
Rehidratación incompleta o retardada	Rehidratación completa y rápida
Olor y sabor frecuentemente anormal	Olor y sabor normal e intensificado
Color frecuentemente oscuro	Color normal y natural
Valor nutritivo reducido	Nutrientes retenidos en gran porcentaje
Costos generalmente muy bajos	4 veces más que el secado convencional

[Figura 12] Cuadro comparativo propiedades secado convencional y liofilización.



[Imagen 16] Ezidri.(2018). Pruebas de secado. Recuperado de <http://www.deshidratadordealimentos.cl/como-deshidratar-alimentos/>

Antecedentes de preservación

Considerando la prevención de alteración o descomposición de los alimentos, y creando las condiciones necesarias para evitar el desarrollo de microorganismos, se han desarrollado una serie de procesos y productos que tienen como objetivo preservar la fruta por un mayor período de tiempo. Dentro de ellos se analizan los cuatro métodos/productos principales en cuanto a representatividad:



Secado natural por sol y corrientes de aire

Siendo uno de los métodos más antiguos y simple, el secado natural por sol y corrientes de aire **sigue siendo uno de los principales métodos de conservación, principalmente en el sector rural**; siendo capaz de retirar el agua hasta niveles del 15%.

Los alimentos se colocan, inmediatamente después de su cosecha, sobre patios, mesas o azoteas; siendo el calor ambiental quien remueve lentamente la humedad de los alimentos, que con la ayuda del viento es eliminada gradualmente. Las frutas deben voltearse mientras estén al sol por lo menos 1 o 2 veces al día para acelerar su deshidratación, mientras que en la noche deben ser removidas para evitar la humedad.

En este proceso existe un gran **aprovechamiento de condiciones ambientales naturales**, siendo una de las principales ventajas su bajo costo. Sin embargo, ésto lo hace directamente dependiente de las condiciones climáticas; no teniendo control sobre las variables necesarias. Así mismo, se requieren de varios días consecutivos de altas temperaturas (30°C como mínima) y valores de humedad ambiental menores a 60%, viéndose afectada la fruta en cuanto a calidad en caso de variaciones negativas.

El factor tiempo es otra de sus desventajas. Su duración comprende entre 4 y 6 semanas, exponiéndose a grandes pérdidas de frutas como consecuencia de la contaminación por especies y ataques de insectos (principalmente chaquetas amarillas), pájaros, roedores, entre otros.

[Imagen 17] Cocina Solar. (2017). Deshidratador solar y secado solar de alimentos . 12 Junio 2018, de Cocina con el Sol. Recuperado de <https://gastronomiasolar.com/deshidratador-solar-secado-alimentos/>



[Imagen 18] Deshidratador solar. Recuperado de <https://elcorredelsol.com/articulo/contruir-un-deshidratador-solar>

Secado solar por convección de aire

Existiendo distintas variedades del producto, todas funcionan bajo el mismo concepto que radica en **aprovechar la energía solar par el secado de alimentos**. Los resultados son similares o superiores en calidad a los obtenidos mediante el secado natural, pero en menor tiempo y en condiciones de higiene más óptimas.

La energía del sol es transformada en calor útil mediante el efecto invernadero, aumentando la temperatura del aire contenido en la cámara donde se encuentran los alimentos a deshidratar, convenientemente dispuestos en rejillas. El proceso de secado se realiza por acción del aire caliente que circula y pasa entre los alimentos, permitiendo la evaporación del agua y llevando esa humedad hacia el exterior del deshidratador.

En este proceso el aire es mantenido a temperatura estable entre 35°C a 60°C, evitando el crecimiento de bacterias y mohos. Para lograr la deshidratación solar por convección de aire es esencial la ventilación, ya que lo importante no es calentar el producto, sino eliminar su humedad. Este proceso es fácil pero delicado y requiere de cuidados y condiciones específicas para obtener un buen secado (Quintanilla, 2016).

Dentro de sus principales desventajas está su dependencia exclusiva a la energía solar y la demora que toma llevar a cabo el proceso, tardando varios días en deshidratar una bandeja de frutas (varía según el porcentaje de agua que tenga el alimento). Al ser éste un proceso tan lento, existe una tendencia a la reducción de una parte importante del contenido de vitaminas A y C presentes en las frutas y verduras originales.

Existen distintos modelos de secadores solares. En función de cómo se integran sus elementos básicos se clasifican en: deshidratador solar directo o indirecto. Ambos incorporan unos de los principales beneficios del proceso: el bajo costo, la mínima necesidad de mantenimiento y su posible uso en áreas de difícil acceso.

Deshidratador comercial

Consiste en una cámara con una serie de bandejas aireadas, por la cual pasa un flujo constante de aire caliente, producido por un ventilador de bajo consumo. Cuenta con regulador de temperatura, para mejorar la eficiencia de secado.

Además de usar un espacio importante dentro de la cocina, es delicado y necesita mantener sin obturaciones las vías de ventilación. Dentro de sus principales desventajas encontramos su necesidad de estar conectado a fuente de energía directa durante todo el proceso, pudiendo durar varias horas o incluso días; y el requerimiento de altas temperaturas para evitar la formación de microbianos.

[Imagen 19] Deshidratador comercial.
Recuperado de <https://www.vitality4life.es/biochef-arizona-deshidratador-de-alimentos-con-6-bandejas/>

Costo energético de secador eléctrico

Consumo: 600 Watts

Duración: 12 horas de trabajo continuo para la obtención de frutas en condiciones aptas de preservación.

Valor promedio de Kw por hora: \$102.

Considerando que se consumen 7,2 kW por proceso, cada sesión de deshidratación tendría un costo aproximado de \$735. Al utilizar el deshidratador una vez a la semana, el gasto corresponde a \$2.940 al mes.

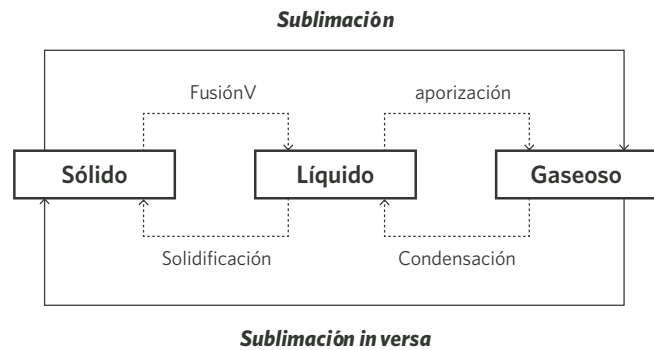


[Figura 13] Cambios de estado de la materia.

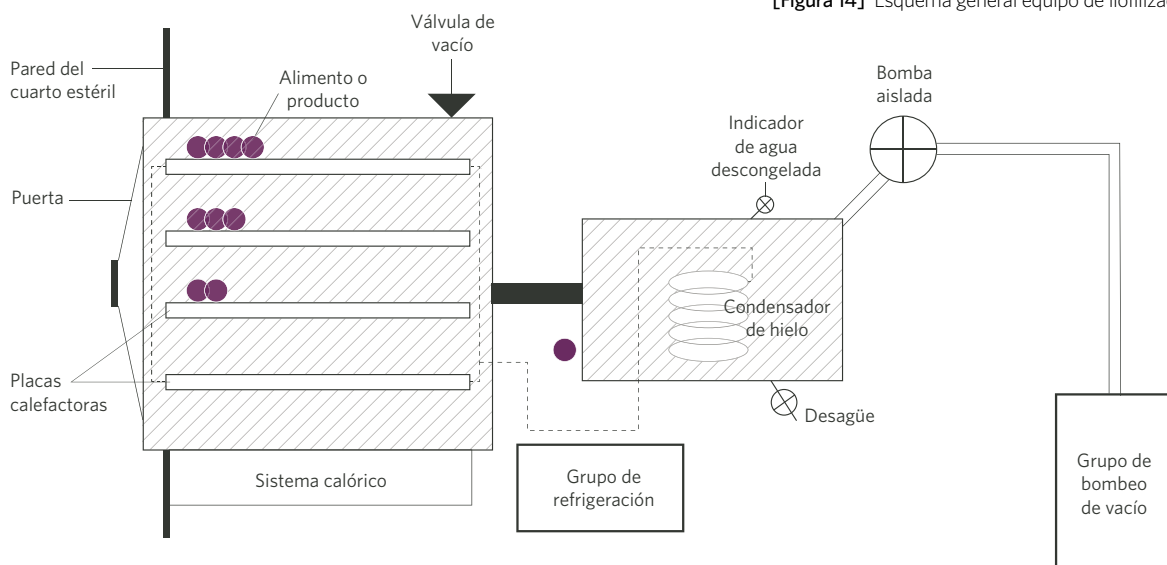
Liofilizador industrial

También conocido como deshidrocongelación o secado por congelación, sus máquinas están capacitadas para trabajar a muy bajas o altas temperaturas, y en bajas presiones. En estas se logra una estructura sólida de la fruta al disminuir la temperatura a los -40°C , eliminando su líquido interior a través de la sublimación.

Una vez introducido el producto previamente procesado para ser secado, la cámara se sella al vacío. Para ello es necesario el uso de una grasa especial llamada "grasa de alto vacío", la cual permite el hermetismo total de la cámara. Luego, se disminuye la temperatura a -40°C , logrando una estructura sólida para confirmar que el secado ocurra únicamente por sublimación. Alcanzada la temperatura, se disminuye la presión hasta generar vacío. Una vez alcanzados los 100 Kpa, la fruta aumenta su temperatura quedando en -10°C . En este punto ocurre la liofilización, pasando "la humedad" de la fruta directamente de sólido a gas; dejando un producto sumamente seco.



Durante este proceso, la estructura celular del ingrediente se mantiene intacta, y dado que el proceso no involucra calor, el producto conserva tanto su valor nutricional como sus características organolépticas, manteniendo incluso su forma original y características exteriores (PRODAO, s.f). La liofilización tiene la ventaja de convertir productos perecibles en productos que pueden conservarse por mucho más tiempo, sin requerir refrigeración, con mejor calidad que otros procesos (Nativ for life, 2018). **La principal desventaja es que es un proceso caro, tanto en la inversión inicial, repuestos, procesos y mano de obra.** Además que al demorar más que una deshidratación sencilla -2 días aproximadamente- tiene **altos costos de energía externa.**



[Figura 14] Esquema general equipo de liofilización.



Referentes de preservación

Estudio de las principales ventajas y desventajas del medio y producto más pertinente en cuanto a referencia del proyecto: Polvo de maqui liofilizado y la producción de un equivalente de forma industrial, a baja escala.

[Imagen 20] Polvo liofilizado de maqui.

[Imagen 21] (Manriquez). Packaging KON, polvo liofilizado de calafate.



Patagonia Súper Fruits, primera planta de liofiliza- ción a baja escala en Chile.

KON es parte de un emprendimiento y micro producción (IN-DAP) que produce **polvo de calafate y Morchella liofilizada**. Financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y bajo la utilización de recursos propios, Mauricio Manriquez implementó la primera planta de liofilización a baja escala en la Región de Coyhaique bajo el nombre de su empresa: Patagonia Súper Fruits.

Destacado como “Mejor Producto Innovador en la Expo Mundo Rural 2014”, el proyecto sobresale por su innovación en la adición de valor a un fruto nativo, agregando una demanda de cooperación y compromiso con comunidades rurales de agricultura familiar campesina de Aysén al trabajar con familias locales en la tarea de recolección de materia prima.

El proceso tiene una duración de 48 horas. El fruto es previamente procesado y luego introducido como pulpa en estado sólido a -18°C de temperatura, demorando 12 horas en alcanzar la temperatura adecuada (entre -35°C y 40°C). La etapa de liofilización tiene una duración de 24 horas, exponiendo el fruto a 30°C . Tras esto se obtiene un producto granulado, el cual luego debe ser convertido en polvo para conseguir el producto final.

“Es importante considerar que al ser berries, el máximo de temperatura que se puede alcanzar son los 38°C con el fin de proteger sus enlaces antioxidantes” (M. Manriquez, comunicación personal, 24 de Marzo, 2018).

La máquina permite la generación de 42 kg de polvo liofilizado al año, correspondiendo a 8.000 doypacks de 60 g comercializados a \$8.900. En éste se consideran los altos costos que incluye el proceso, destacando entre ellos la alta inversión inicial (US\$60.000), sus costos de repuestos (únicamente presentes en Brasil), y su alto gasto energético de 3.6000 kw/h por 48 horas como mínimo. Manriquez explicita que la máquina está todo el año en funcionamiento.

Costo energético de máquina liofilizadora de baja escala

Consumo: 3.6 Kwh

Duración: 48 horas de trabajo continuo

Ubicación: Coyhaique

(*) Se trabaja de forma continua.

Se alcanza a hacer aprox. 15 ciclos completos en un mes.

Precio: \$468.639,2 mensual

[Imagen 22] Polvo liofilizado de maqui. Recuperado de <http://www.vitaforteinc.com/product/freeze-dried-acai-organic-powder/>



Polvo de maqui liofilizado

PROPIEDADES DEL PRODUCTO

A pesar de los distintos productos elaborados con el fin de preservar la fruta tal cual se conoce, el 75% de las exportaciones corresponden a maqui deshidratado como en polvo liofilizado (Admin, 2016). El producto es compuesto en un 100% por polvo de maqui, caracterizándose por su alto contenido de antioxidantes (57.680 ORAC - umoles TE/100g) y polifenoles totales (6.554 mg/100g) por cada 100 g de polvo.

“Al concentrarse el producto en cuanto a contenidos benéficos, el valor por kilo aumenta considerablemente en relación con la fruta fresca, requiriendo alrededor de tres a cuatro kilos de materia prima para obtener uno de producto terminado” (Agromeat, 2018).

El maqui liofilizado se utiliza como un suplemento alimenticio, consumido en productos lácteos, postres, helados, yogures, batidos, etc; siendo recomendado espolvorear una porción aproximada de 2 g como agregado en los distintos alimentos. Se comercializa en doypacks de 60 g o 100 g dependiendo de la marca, debiéndose mantener cerrado, en un lugar fresco y seco para mantener sus propiedades benéficas. Su vida útil es de 30 meses aproximadamente, si se conserva en condiciones en que no esté expuesto a la luz ni a la humedad, siendo los 25°C la temperatura de conservación adecuada.

En la actualidad, el producto es comercializado por distintas marcas: Nativ for Live, +Maqui, Isla Natura, Newen Maqui, entre otros; ofreciéndolo también en forma de cápsulas y comprimidos.

Su costo de elaboración total varía según el precio por el que es comprado el maqui por la distintas empresas productoras. Sin embargo, el proceso de liofilización mantiene un costo fijo aproximado. En el caso de Newen Maqui, el proceso es realizado en una planta contratada con una capacidad de producción de 1 tonelada de polvo liofilizado cada 24 horas. Para ello es necesaria la entrada de 3 toneladas de maqui fresco, respondiendo a la relación 3:1.

Se debe considerar que cada kilo de entrada tiene el valor de US\$5 dólares, es decir, el kilo de maqui liofilizado tiene un costo de producción de US\$15 dólares sin considerar el precio de la materia prima, y el proceso completo, realizado en un día, tiene un costo de US\$15.000 dólares (A. Boetsch, comunicación personal, 19 de Junio, 2018).

La dosis recomendada (2 g) aporta los siguientes nutrientes:

Nutriente	Cantidad
Antioxidantes	1500 ORAC
Polifenoles	175 mg
Antocianinas	121 mg
Calcio	5,5 mg
Hierro	0,15 mg
Vitamina C	0,015 mg

Fuente: Nativ for Life, 2017.

[Figura 15] Composición nutricional del maqui.

El producto corresponde 100% a polvo de maqui, sin adición ningún compuesto para su preservación.

Su composición química por 100g de producto (rango dependiendo de la marca):

178-232 kcal
 6,2- 6,93g. de proteína
 9,0-10,8g de grasa
 27,6g de hidratos de carbono disponible
 50,4-57,6g. de fibra dietética
 378mg. de calcio
 20,1 mg de sodio.

[Imagen 23] Imagen publicitaria
+Maqui. Recuperada de [https://
www.masmaqui.com/](https://www.masmaqui.com/)





Comercialización

Comercialización

Valorización del fruto y su creciente incorporación en el mercado.

Chile está consolidado como el principal exportador de berries del hemisferio sur en volumen y valor, y el quinto exportador a nivel mundial (Samarotto, 2016), representando el 17% del valor de las exportaciones de fruta en Chile. Las hortalizas y frutas procesadas (deshidratados, congelados, jugos, conservas y aceites) representan el 55% de las ventas internacionales de alimentos (Cruz & Smith, 2011), y esto se debe principalmente al aumento en la demanda de estos productos de frutos procesados en los últimos años, acercándose las exportaciones a los 200 millones de dólares, según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del ministerio de Agricultura.

Actualmente el 23% de las exportaciones nacionales corresponden a la industria de los alimentos (Transforma, 2017), cifra que la posiciona como la segunda actividad más importante de la economía chilena. El 31% de las empresas existentes en el país pertenecen a este rubro, donde el 97% de éste corresponde a pequeñas y medianas empresas. De esta forma, se logra demostrar el alto potencial de desarrollo en el sector de inserción; contando Chile con grandes oportunidades para potenciar los atributos funcionales para el desarrollo de productos e ingredientes benéficos para la salud.



[Imagen 24] Maqui. Recuperado de <http://fruitme.co/fruit-me-maqui/>



El proceso comercial interno y los principales agentes involucrados en la comercialización del maqui, es un proceso de cadena comercial sencilla con actores perfectamente identificados. **El maqui, a pesar de ser un producto conocido a nivel nacional, mantiene un consumo poco masivo.** Generalmente su utilización es de carácter familiar y su fruto se consume fresco o en mermeladas. El proceso comercial del fruto es sencillo y comienza con la colecta, luego es transportado hasta los centros de acopio por los recolectores donde se limpia y vende a empresas comercializadoras, las que finalmente venden el producto a la empresa demandante, transformadora o exportadora (Valdebenito et al., 2003).

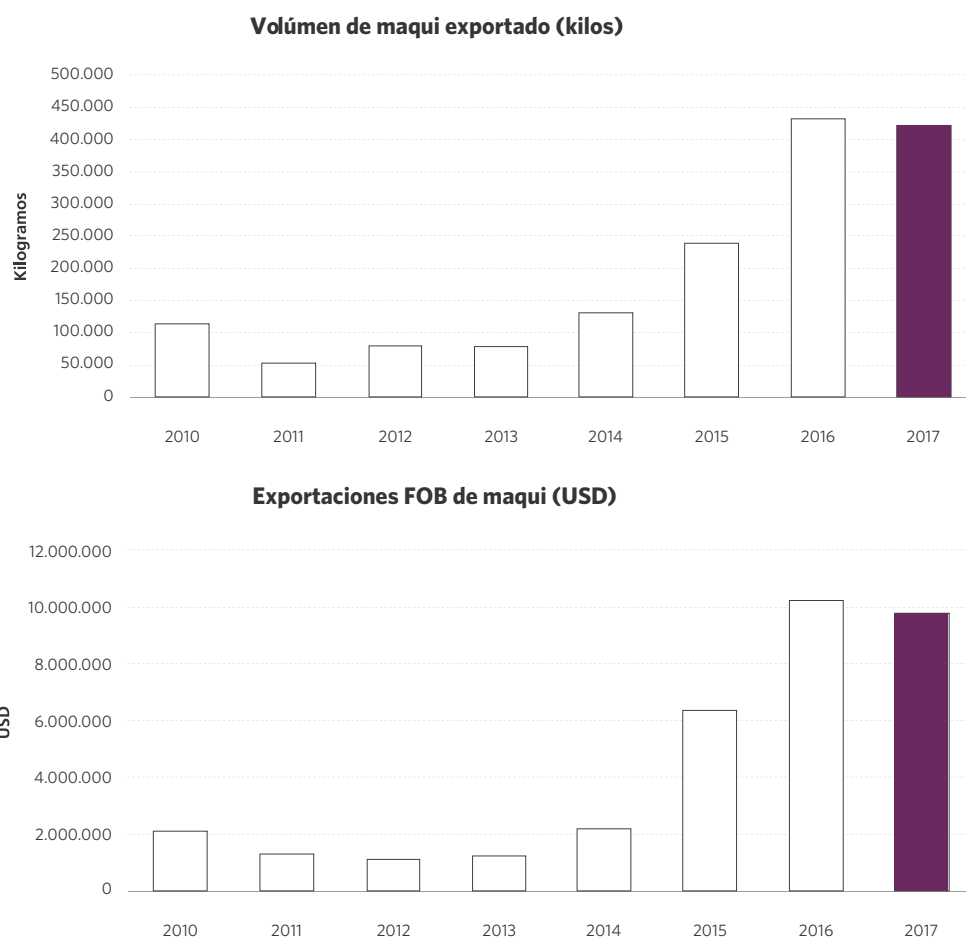
[Figura 16] Resumen proceso comercial del maqui.

En la actual cadena de comercialización de maqui se reconocen tres actores:

Recolectores: Corresponden a los primeros actores de la cadena de comercialización. Recolectan directamente los frutos frescos en los bosques y/o cultivos, para luego ser venderlos a los intermediarios.

Intermediarios y acopiadores: Compradores que poseen capital de trabajo y abren un poder de compra, en lugares fijos (puntos de acopio) o realizan circuitos rurales en vehículos con capacidad de carga, comprando el producto.

Empresas procesadoras y exportadoras: Son las encargadas de procesar la materia prima (frutos de maqui), generando el producto comercial, según requerimientos del comprador final (importador), en formatos de polvo, concentrado, deshidratado o congelado.



[Figura 17] Gráfico cde la comercialización del maqui en los últimos años en cuanto a volumen e ingresos (USD).

En los últimos 7 años las exportaciones crecieron en un 373%, pasando de 113 toneladas exportadas el año 2010 a 421 toneladas durante el 2017.

Luego de haber sido identificado sus grandes beneficios y poder antioxidante, las exportaciones de maqui se han triplicado en los últimos dos años, y ya en el 2016 fueron exportadas 435 toneladas del fruto recolectado de forma silvestre (10,4 millones de dólares) (Alvear, 2016), con un precio que fluctuaba alrededor de los \$1.700 y \$2.500 pesos (Pino, 2017); alcanzando su máximo valor de \$3.100 pesos el año 2017. El volumen de maqui exportado tuvo un aumento menor (+63%) que su valor (+168%), significando que su precio subió unos 9 dólares/kg respecto al año anterior, siempre refiriendo a la exportación de productos derivados. Los principales mercados de destino corresponden a Corea del Sur y Estados Unidos.

El consumo interno de maqui es marginal y está vinculado principalmente a mermeladas, helados y otros brebajes de carácter popular (chicha de maqui). Sin embargo, sigue existiendo la **comercialización a baja escala**, realizada por particulares y recolectores en sectores rurales. Productos como hojas y frutos secos, mermeladas y enguindados tienden a ser vendidos directamente en ferias de carácter local por comunidades y/o familias dedicadas a la elaboración de nuevos productos en base a frutos nativos -tal como lo es la comunidad Lof Kumikir-; siendo baja la evidencia de empresas grandes dedicadas a comercializar el fruto en estos formatos.

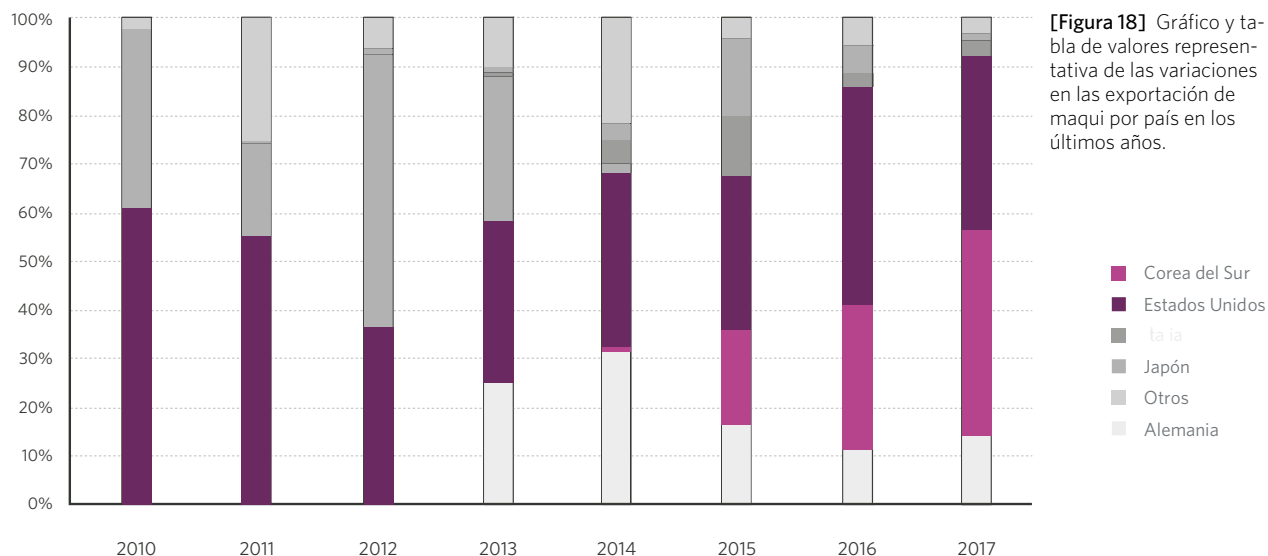
Los principales exportadores 2017

Según valor en USD
45,60% Corea del Sur
33,31% EE.UU

Por volumen (toneladas)
346 EE.UU
76 Corea del Sur

Fuente: Correa, C. El mercado del maqui en Suecia. (2017).

Participación Exportaciones por País de Destino



País destino	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Alemania	-	-	10	19.630	41.762	39.357	49.089	59.340
Corea del Sur	-	200	375	-	910	46.758	129.517	178.722
Estados Unidos	69.001	29.373	28.800	25.966	46.853	75.201	192.523	150.778
Francia	42.000	10.150	45.360	23.292	3.097	-	60	90
Italia	-	-	-	640	5.862	29.528	13.002	13.119
Japón	20	337	840	975	4.652	38.468	25.741	5.790
Otros	2.206	13.293	4.965	7.769	28.405	9.726	23.119	14.040
Total	113.227	53.353	80.350	78.271	131.539	239.037	433.050	421.878

Fuente: Elaboración en base a datos de Aduana.

Oferta de productos en base a maqui

[Imagen 23] - conjunto de imágenes. Productos en base a maqui comercializados actualmente.

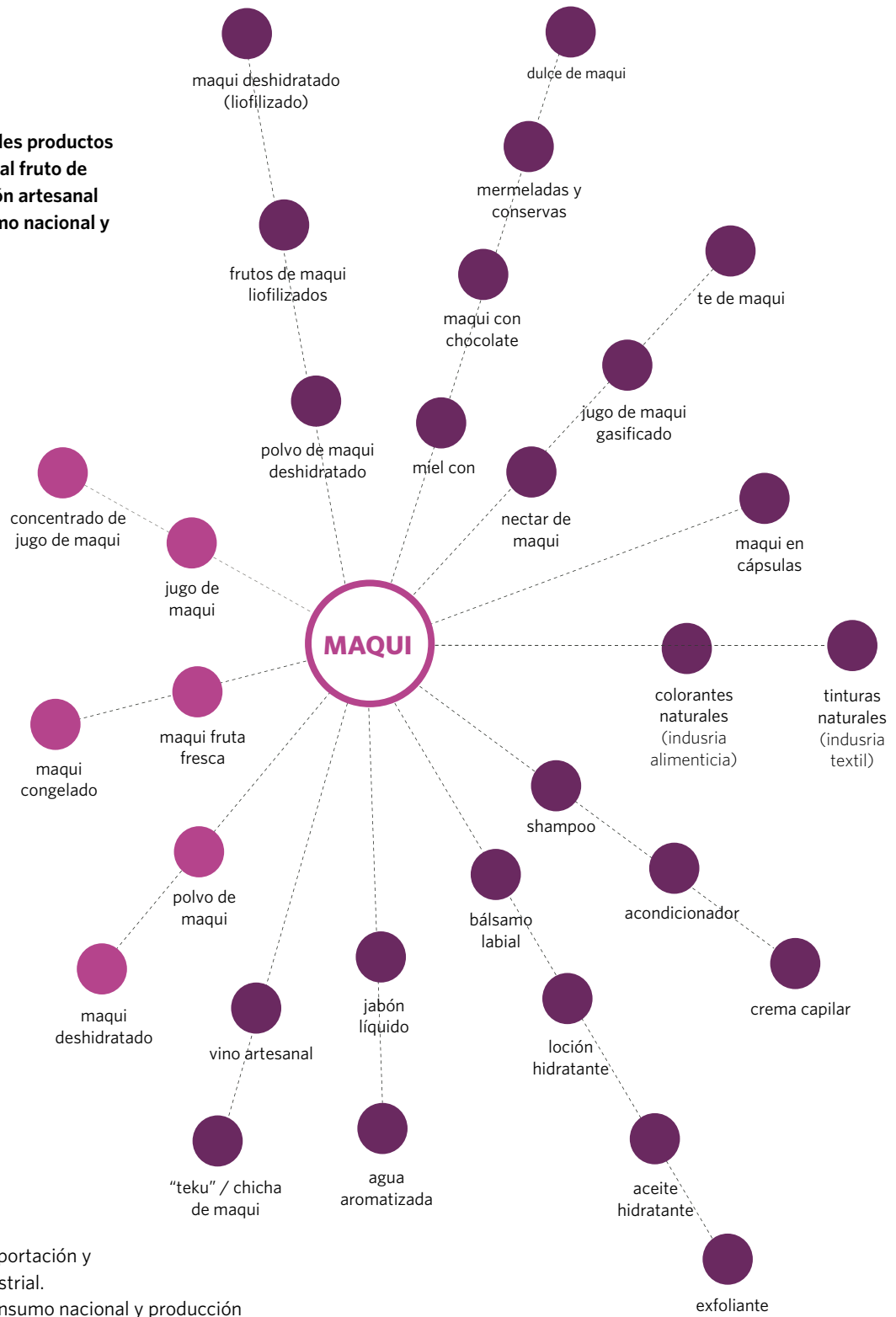


A pesar de la baja tecnicidad industrial del mercado del maqui, en Chile se han desarrollado una serie de productos en base a la fruta.

A nivel de industria nacional el maqui es utilizado para el desarrollo de productos convencionales como polvos liofilizados, extractos líquidos, congelados, jugos concentrados

y bebidas; existiendo también un grado de innovación en la producción de productos como miel, mostazas y snacks de frutos deshidratados con maqui; cosméticos y cápsulas sobre la base de bayas chilenas. A nivel internacional la demanda va dirigida directamente al maqui como insumo para la industria de alimentos funcionales y nutraceuticos (ODEPA, 2013), no siendo común su exportación como fruto fresco.

[Figura 19] Principales productos elaborados en base al fruto de maqui, de producción artesanal e industrial/ consumo nacional y exportación.



- Productos de exportación y producción industrial.
- Productos de consumo nacional y producción artesanal y/o industrias de menor escala.

[Imagen 24] Maqui vs Açai Berry.
Recuperado de <https://nutrineat.com/maqui-berry-vs-acai-berry>

Propuesta de diseño





Conclusiones preliminares

Tras la revisión de literatura, se ha logrado definir que **el maqui tiene un gran potencial desde un punto de vista nutricional y económico**. Sin embargo, a pesar del fuerte crecimiento de sus exportaciones en los últimos años, el maqui no ha tenido un desarrollo comercial esperable como otros berries producidos en el país. Su disponibilidad de tecnología, tanto para su producción como postproducción, se encuentra en primeras etapas de desarrollo, y **su preservación óptima no está al alcance de sus principales productores**. Como consecuencia, no se han aprovechado los grandes potenciales que tiene el maqui como fuente económica de forma proporcional a su gran variedad de beneficios y nutrientes.

Siendo Chile un gran actor en la industria alimentaria mundial, y considerando las condiciones privilegiadas que posee para cultivar especies y desarrollar alimentos funcionales, se observa una gran oportunidad para la producción y comercialización del maqui. Representando una posibilidad de diversificación de las exportaciones frutícolas tradicionales, destaca una **oportunidad de intervención para lograr una mejora tanto en el cultivo, cosecha y postcosecha del maqui con el objetivo de hacer el uso adecuado de sus extensas propiedades, gestionando los recursos naturales nacionales de una forma correcta. A su vez, se hace hincapié en la necesidad de desarrollar un método de preservación adecuado debido a la inmediatez requerida para evitar los las grandes cantidades de desperdicios de la fruta y permitir su consumo y uso correspondiente.**

Considerando la estacionalidad de producción del maqui y el período corto que comprende su cosecha, se requiere de un procesamiento capaz de transformar la fruta en productos semi-terminados o terminados aptos para el almacenamiento, sin alterar sus propiedades nutricionales y que esté al alcance de los principales productores actuales. De este modo se dispondrá de una materia prima de calidad, fuera de temporada, que hace posible el consumo de distintos productos con sus propiedades benéficas naturales, y a menor costo; no brindando únicamente beneficios económicos por las mejoras de productividad, generando externalidades positivas para los mismos productores.



dependencia a mano de obra + deficiencia instrumental

prácticas no sustentables atentan a la preservación de la especie nativa



pérdidas de propiedades funcionales de la fruta

altos costos económicos y energéticos para resultados de alta calidad



recursos limitados por comunidades rurales

alto potencial de desarrollo comercial/social

[Figura 20] Resumen oportunidades de diseño detectadas.

OPORTUNIDAD

preservación de alta calidad, a bajo costo, para el desarrollo de productos de maqui y/o bayas nativas con mayor valor agregado.

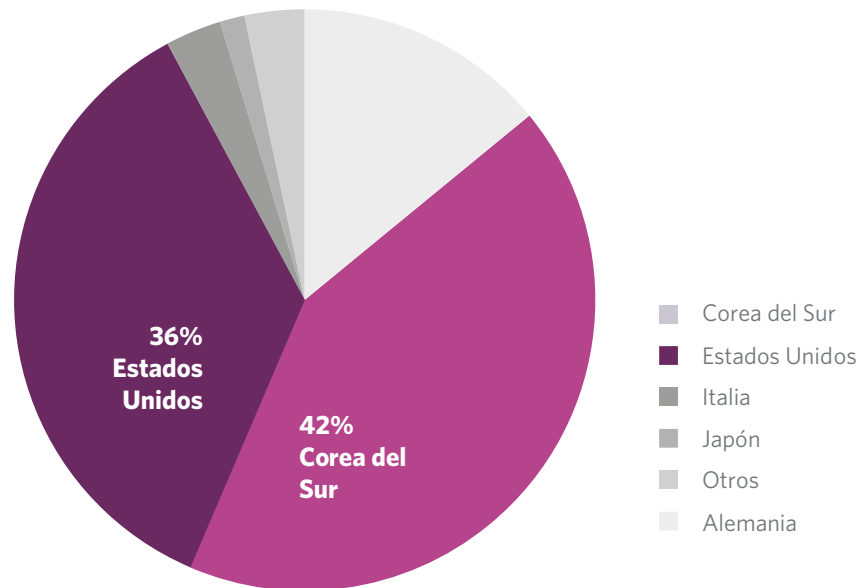
Oportunidad de diseño

La reciente incorporación del maqui al consumo masivo, y las condiciones favorables de Chile para posicionarse como líder mundial en alimentos saludables (Transforma, 2018); deja en claro la necesidad de un mejoramiento en la cadena productiva de estos elementos, específicamente del maqui. De este modo, **se propone trabajar y emprender entorno a *Aristotelia Chilensis*, de una forma sustentable y sin elevar exageradamente los costos para satisfacer las nuevas demandas del ser humano.**

En cuanto a su cosecha, en la actualidad existe una dependencia exclusiva de mano de obra no calificada para este trabajo, dado que el tratamiento del maqui es un rubro poco explotado, que se encuentra en una etapa temprana de evolución técnica. Por esto, se puede decir que existe una **deficiencia instrumental en relación a la cosecha de esta fruta.** En este contexto, la principal amenaza para la conservación del recurso es el desconocimiento acerca de su manejo, lo cual sumado a las prácticas no sustentables durante el proceso, atentan directamente con la preservación del bosque

nativo y el medio ambiente. Es por esto, que se detecta una necesidad de intervención en el proceso de cosecha y producción del maqui, con el objetivo de efectuar una **transición controlada entre su estado silvestre a su estado comercial.**

A pesar de la existencia de una gran variedad de sistemas de preservación, los utilizados actualmente en comunidades productoras de baja/mediana escala no son lo suficientemente eficientes en cuanto a calidad y rendimiento. Las alternativas ofrecidas en el mercado hacen uso de altos niveles de energía y/o se requiere de una gran inversión inicial para poder emplearlas. Considerando la tendencia a la elaboración de productos de alta calidad y la limitación de recursos por parte del usuario objetivo, se presenta la imposibilidad de masificación de estos métodos para mejorar la producción por medio de protocolos sustentables, económicos y sociales. De este modo, se detecta la oportunidad de implementar un mecanismo adecuado para la preservación del maqui obtenido a partir de recolección silvestre, brindando la posibilidad de generar productos en base a bayas nativas con mayor valor agregado.



Se propone la creación de un dispositivo de baja complejidad técnica para la preservación adecuada del maqui.

Por otro lado, el escenario en el que se vio enfrentada la cosecha del 2018 marcó un estado crítico en el mercado desarrollado en torno al maqui. **El cierre de exportaciones hacia Corea, principal importador de maqui en el mercado internacional, generó un sobre stock de acuerdo a la demanda proyectada.** El producto fue suspendido en la alimentación de dicho país al no cumplir con las normativas básicas del “Korean Food and Drug Administration” (KFDA) en cuanto a la composición de metales externos; generando una disminución drástica del precio de la fruta, alcanzando los \$800 versus los \$3100 obtenidos en la cosecha del 2017 (Boetsch, 2018).

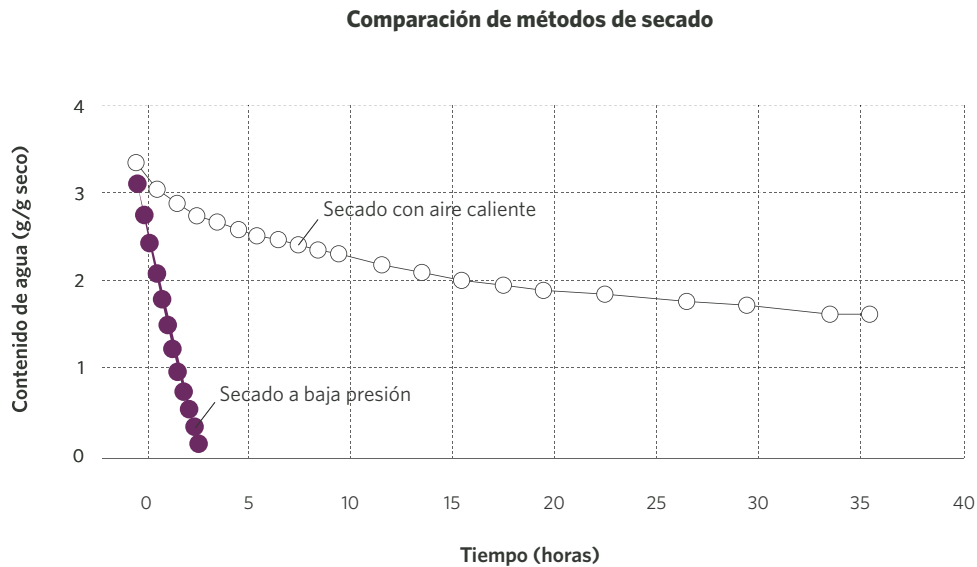
En base a los ajustes de mercado al que se vio enfrentado este producto incipiente, se torna importante **hacerse cargo del desperdicio por exceso de oferta de un producto con tales beneficios con el objetivo de evitar la desvalorización del maqui.** Junto con eso, considerando que la fruta se presenta única-

mente durante la temporada de verano, surge la necesidad de mantener este producto por un mayor rango de tiempo, y en lo posible, conservar sus propiedades altamente valoradas. De este modo, se hace **prioritario el desarrollo de un mecanismo de preservación para luego abordar temas de postcosecha.**

Con el objetivo de realizar una postcosecha eficiente, sustentable y a bajo costo -al no hacer uso de energía convencional externa-, la herramienta permitirá que **pequeños y medianos productores del maqui logren ampliar sus horizontes, preservar las propiedades del fruto y elaborar productos de calidad extrapolables a mercados externos.** A través de la deshidratación del fruto se permitirá la reducción de humedad, y por ende, la disminución de la actividad bacteriana y el deterioro del producto; brindando como beneficio agregado la reducción de su peso y volumen, traduciéndose en bajos costos de embalaje y manipulación (RATTI, 2008).

[Figura 21] Gráfico países líderes en importación de maqui, la influencia de Corea.

[Figura 22] Gráfico comparativo entre método de secado por aplicación de aire caliente y baja presión.



Diferencias detectadas en los distintos métodos de secado.

Existen grandes diferencias en cuanto a los cambios de bioaccesibilidad de compuestos y capacidad antioxidante en el fruto durante el procesamiento de secado por convección versus la liofilización (Guerrero, 2016). Isabel Lecaros, gerente operacional de Nativ for Life, afirma que los resultados de capacidad antioxidante y polifenoles totales arrojados del maqui en polvo son sumamente más altos que el arrojado por productos de maqui en estado líquido o deshidratados por otros medios.

Aprovechando ciertas acciones implementadas en el proceso de liofilización: modificaciones del cambio atmosférico, exposición a temperaturas más bajas que el resto de los procesos de deshidratado y el procesamiento previo de la fruta; se busca la **implementación de un método capaz de alterar las condiciones atmosféricas de un ambiente controlado, sin requerimiento energético convencional externo, que logre mejorar las condiciones de deshidratado actuales en una menor cantidad de tiempo.** De este modo se conseguirán productos con mayor perecibilidad y

calidad nutricional, en un tiempo acotado y a menor costo, en comparación con los métodos ofrecidos actualmente.

La implementación del dispositivo va dirigida a las diversas redes de emprendedores locales; mejorando la calidad de vida de dichas comunidades y fomentando nuevas habilidades técnicas y métodos de producción, de modo de posibilitar el desarrollo de nuevas oportunidades laborales para sus participantes.

El potencial como factor de desarrollo del maqui, su distribución de forma natural, y principalmente su estado actual de tecnificación, nos permite relevar el ámbito de acción a aquellos productores de baja escala que requieren de asistencia en el manejo de un recurso que se encuentra en un proceso de transición desde su estado silvestre al de cultivo de mayor envergadura. Por ende, los pequeños y medianos productores dedicados a la elaboración de productos a base de frutos del bosque nativo y/o cosechas de éste en cultivos iniciales a nivel nacional, son los principales participantes de la unidad de análisis del proyecto.

¿Es factible la reducción de humedad manteniendo las propiedades antioxidantes del maqui sin hacer uso de energía convencional?

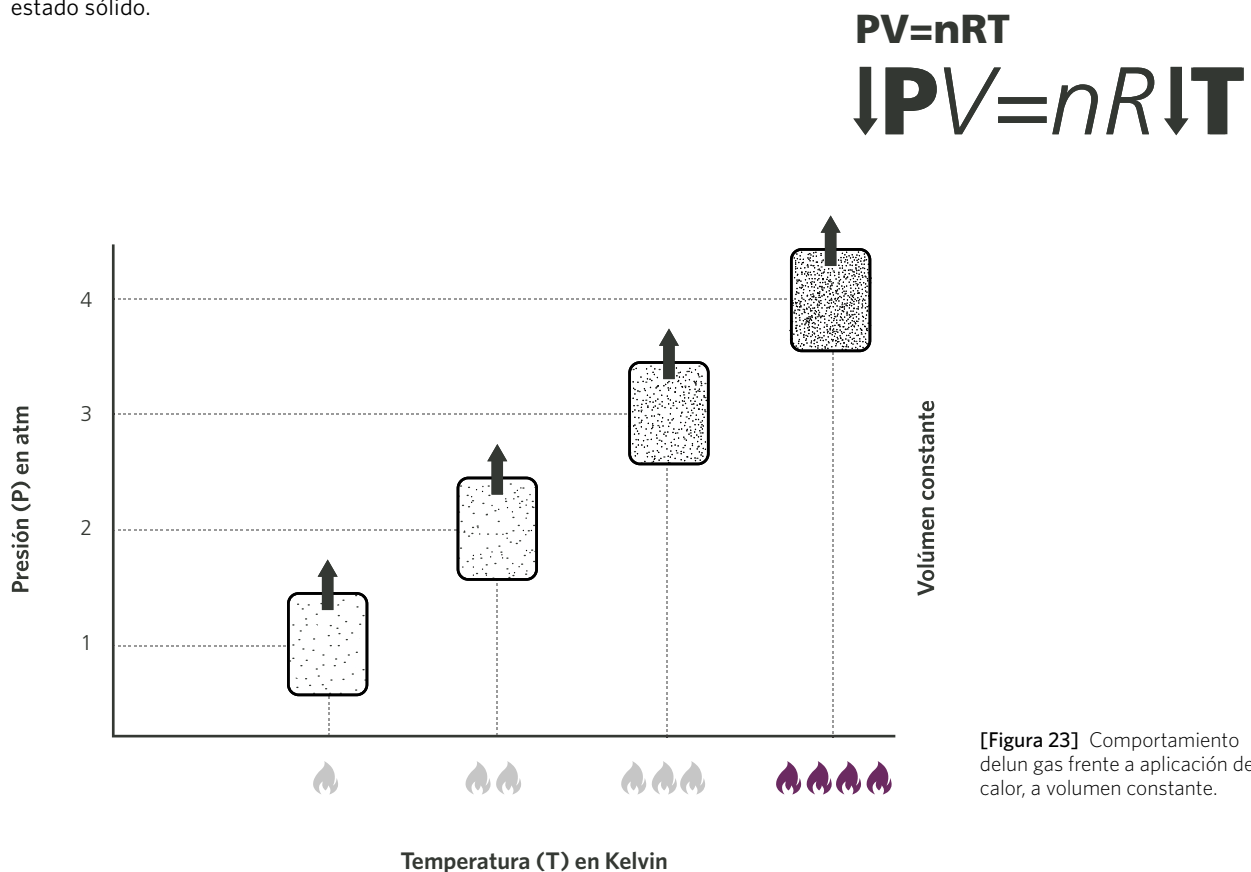
Considerando el secado por convección y la liofilización como puntos de partida, se busca resaltar lo mejor de cada uno de los métodos. Se plantea la **eliminación de un porcentaje significativo de agua interna de la fruta manteniendo la eficiencia de protección de propiedades bioactivas propias de la liofilización, y rescatando el bajo costo energético y económico propio del secado por convección**. Del mismo modo, se busca reducir los costos correspondientes a un secado de baja presión, mientras se disminuyen los largos tiempos requeridos del otro; proponiendo un método más rápido para asegurar calidad y estabilidad de los componentes.

A través del dispositivo se conseguiría brindarle mayor vida útil al maqui y/o bayas nativas, y al mismo tiempo, la creación de nuevos productos de consumo de alta calidad en base a ellos u otros alimentos valorados de forma local.

conceptualización teórica

Fue necesaria la abstracción del proceso de liofilización con el objetivo de diseñar un dispositivo que a pequeña escala, y sin uso de energía convencional, sea capaz de generar una deshidratación de la fruta de forma hipobárica. El sistema fue basado en el **comportamiento del aire según la ley de los gases ideales**, de ecuación $PV=nRT$, donde P es la presión absoluta (en atmósferas), V es el volumen (en litros), n son los moles de gas, R la constante universal de los gases ideales de valor $0,082 \text{ atm}\cdot\text{litro}/(\text{mol K})$ y T es la temperatura absoluta (en grados Kelvin).

A través de ésta se puede deducir que al disminuir la presión (P) dentro de un ambiente cerrado, manteniendo su volumen (V), y considerando n y R como factores constantes; la temperatura (T) disminuirá proporcionalmente a la baja de presión (P). De este modo, se permitirá mantener el fruto congelado dentro de un espacio determinado, por disminución en la presión de éste -sin uso de energía convencional externa-; permitiendo la sublimación del agua interna de la fruta por aplicación de calor, estando ésta en estado sólido.

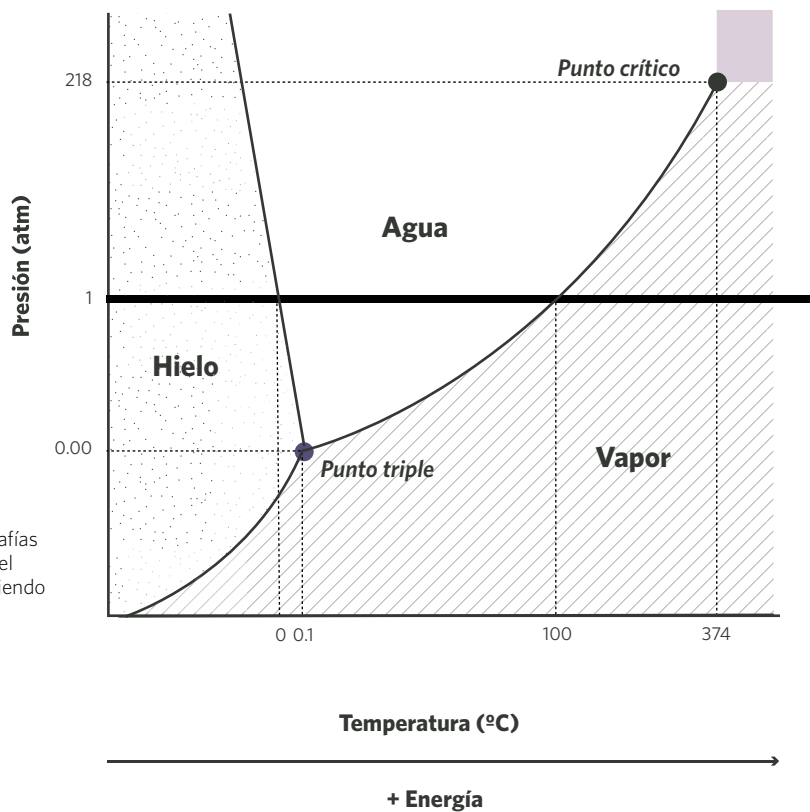


[Figura 23] Comportamiento del gas frente a aplicación de calor, a volumen constante.

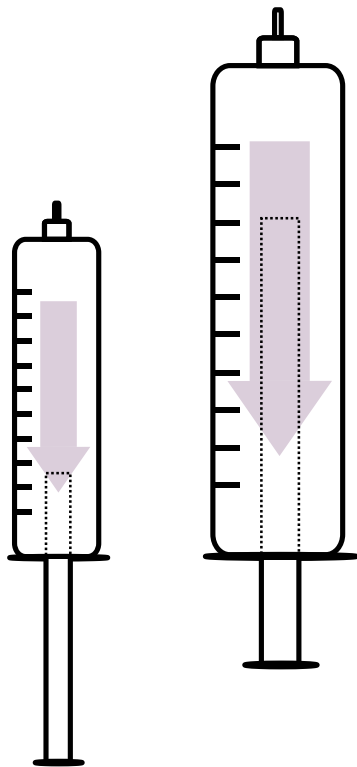
A menor presión, se requiere de menor temperatura para la evaporación del agua interior.

Es importante considerar que la fruta no debe ser expuesta a altas temperaturas con el objetivo de evitar el quiebre de sus enlaces nutricionales. Por otro lado, al encontrarnos en un ambiente de baja presión, se requerirá de menor temperatura para lograr la extracción del agua.

Se debe tener en cuenta que al generar vacío, aumenta la fuerza de compresión dentro de un recipiente cerrado. Por lo mismo, se debe hacer uso de un material lo suficientemente resistente para evitar su deformación y mantener su hermeticidad.



[Figura 24, 25, 26] Infografías explicativas sobre teoría del proyecto desarrollado haciendo uso de analogías.



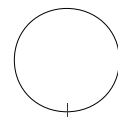
A mayor volumen se requiere de mayor fuerza para extraer el aire interior.

El diseño de un deshidratador de menor tamaño y capacidad asegura un **menor esfuerzo físico** para la generación de vacío.

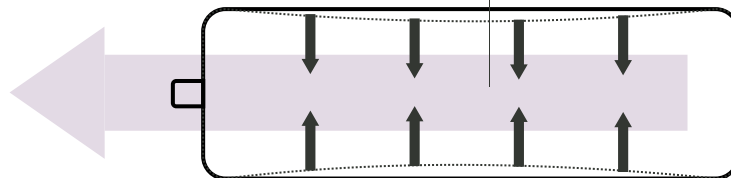
El volumen y capacidad del deshidratador es otro punto importante. Con el objetivo de disminuir los tiempos de secado y asegurar el requerimiento único de fuerza física para generar un ambiente de vacío, se decide el diseño de un dispositivo reducido. Se debe considerar que a medida que éste tenga un mayor volumen, se requiere una mayor cantidad de fuerza por parte del usuario para lograr el objetivo, excluyendo a algunas personas capacitadas para lograr la deshidratación.

Al generar vacío en un recipiente cerrado, aumenta la fuerza de compresión.

El material utilizado debe ser capaz de **evitar la elasticidad volumétrica**, además de evitar fugas de aire y no generar residuos ni contaminación.



La fruta debe ser perforada previamente para facilitar el desprendimiento del agua por medio del epicarpio.

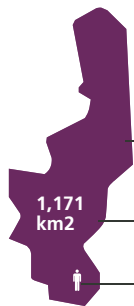


piwën



[Imagen 25]
Fotomontaje pñwén.





CURARREHUE _Provincia de Cautín.

- **Región de la Araucanía.** A 152 kilómetros de la capital regional de Temuco, a 39 kilómetros de Pucón.
- **Límites:** Norte - comuna de Melipeuco, Este y Sur - Republica Argentina, Oeste - comunas de Cunco, Pucón y Panguipulli.

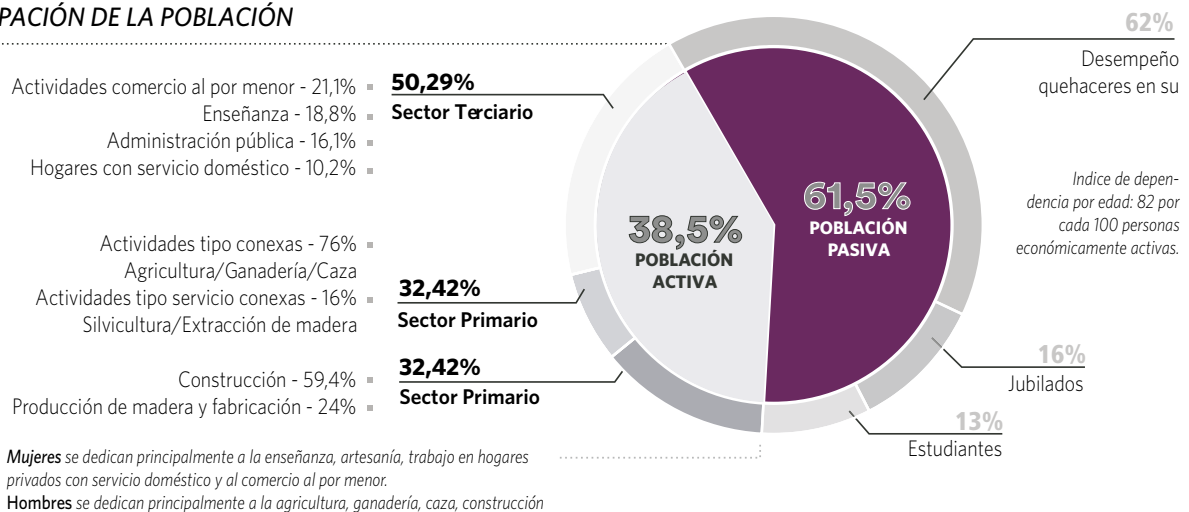
Población:



7.489 habitantes
72% reside zona rural
Densidad:
5,79 hab/km2.

ECONOMÍA LOCAL

OCUPACIÓN DE LA POBLACIÓN



El destinatario principal del proyecto corresponde a las comunidades habitantes de Curarrehue, comunidad ubicada en el sector cordillerano de la Región de la Araucanía, a una distancia de 152 kilómetros de la capital regional, Temuco y a 39 kilómetros de la ciudad de Pucón. Compuesto por aproximadamente 7.489 personas, es una comuna que destaca por su reconocimiento y valoración de su potencia natural y cultural. Se presenta como un territorio ambientalmente sustentable, con identidad cultural, que con su diversidad productiva mejora la calidad de vida de la comunidad urbana y rural (PLADECO, 2018).

Conformada por más de 200 familias mapuches, en la comuna se percibe enorgullecimiento por su pertenencia, demostrándose en el empoderamiento de las comunidades

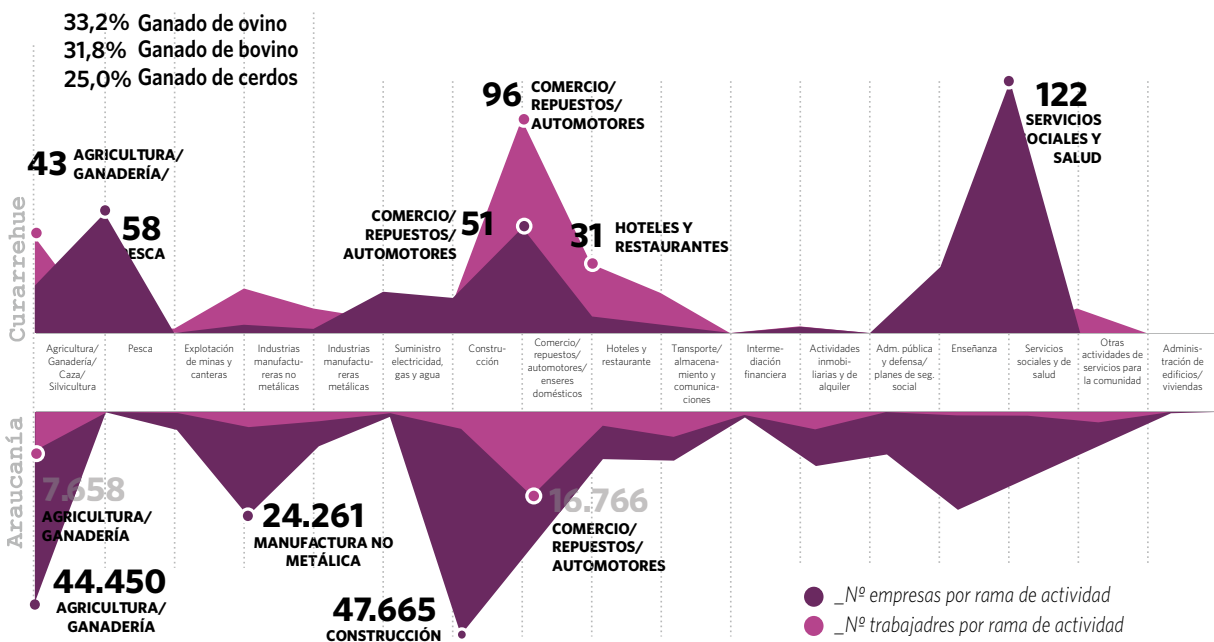
autóctonas en los espacios patrimoniales. Cuentan con 12 fortines, 8 lugares ceremoniales para la práctica del Nguilla-tún; y una aldea intercultural llamada Trawupeyum Ngunel-tual, donde se lleva a cabo el encuentro social y cultural de interacción de las distintas culturas.

La superficie de la comuna es de 1.171 km², donde el 72% de sus habitantes reside en área rural. Dentro de las actividades relacionadas al sector primario, el 76% corresponde a actividades como la agricultura, ganadería, caza y actividades de tipo conexas. En ellas se generan distintas organizaciones comunitarias de organización según área laboral, existiendo en la actualidad 69 comités de pequeños agricultores, siendo ésta una de las principales actividades desarrolladas en la comuna.

Según el censo de población y vivienda 2012, la población de origen mapuche corresponde al 50,27% de la población total.

La gran mayoría de los habitantes de Curarrehue conocen sus tierras y le dan valor, siendo de gran significancia para la población local. Las trabajan a modo de subsistencia, y sólo algunos han sido capaces de hacer uso de ella como un medio de emprendimiento a través del comercio de sus productos. Durante la época de cosecha (entre 2 a 3 semanas), todos los integrantes de la familia participan de ella, siendo el núcleo familiar la organización principal.

[Figura 27, 28, 29] Infografías resumen economía del usuario destinatario: Curarrehue.



En cuanto a la conservación de los productos conseguidos, no cuentan con los medios suficientes. Ante la ausencia de grandes industrias y tecnologías, hay una tendencia al empleo de técnicas ancestrales. Dentro de los principales métodos utilizados son la preparación de confites, helados, mermeladas, jugos (Donoso, 1978, citado por Poblete, P. 1997) y la producción de una especie de licor o chicha llamada "Tecu"; fermentando la fruta con el objetivo de brindar una mayor vida útil a sus cosechas.

Acostumbran a realizar el secado al sol, aprovechando la energía natural para la conservación de la fruta. De este modo, exponen sobre mesas y/o el techo de sus casas la fruta previamente tratada (cortada en orejones) o de forma natural. Las dejan durante todo el día, para recogerlas en la noche y volver a ponerlas en la mañana siguiente. Este método se caracteriza por ser un proceso lento, donde se requieren al menos 5 semanas y tiempo seco.

En el caso de Curarrehue, existe un gran riesgo de perder una parte considerable de su cosecha consecuencia de su clima, además de verse sumamente limitados a la temporada de verano. La localidad cuenta con un clima templado cálido de estación seca corta (menos de 4 meses), mostrando un aumento de las precipitaciones y un descenso de las temperaturas con respecto al nivel regional debido a su ubicación cordillerana. Su precipitación media anual supera los 2000 mm y la temperatura media anual es de 12°C; viéndose directamente perjudicados (PLADECO, 2018).

Es importante considerar que a través de este método de conservación, se pierde gran parte de las propiedades nutricionales de los alimentos, en especial vitaminas A y C. Del mismo modo, **al optar por la conservación de las frutas y verduras a través del secado solar, se debe tener en cuenta que los largos períodos de deshidratación no se ven influidos únicamente por el clima irregular, si no que también se debe lidiar con plagas** que se comen y/o atacan la fruta, como lo son los roedores, pájaros y/o insectos como la chaqueta amarilla que destaca en la localidad.



[Imagen 26] Pasta de ají con maqui. Recuperado de <https://www.delmontealacocina.com/pasta-aji-maqui/>

Los productores y/o habitantes comunes, cultivan y cosechan sus alimentos, para luego procesarlos en orden de conservarlos, y finalmente consumirlos o venderlos. Un problema considerable tanto en el caso de Curarrehue como en las comunidades en general, es que no cuentan con la posibilidad de cosechar todo lo que cultivan y/o les brinda la naturaleza. En el caso de la preservación es incluso más complicado. Al no contar con tecnologías y el clima adecuado, se ven obligados a conservar su fruta según sus métodos tradicionales, de otro modo, perder el resto de la fruta antes de poder consumirla.

Desarrollo de emprendimientos basados en el rescate de recursos naturales locales.

Caso de estudio: Comunidad mapuche Lof Kumikir

Al referirnos a la comercialización, existe una nueva **tendencia a nivel nacional que busca la fusión entre lo local con la elaboración de alimentos u otros productos de alta calidad**; poniendo en valor el patrimonio cultural y natural presente en distintas actividades nacionales. Un ejemplo de aquello es lo que se lleva a cabo en el proyecto “Del Monte a la Cocina”, donde resaltando los legados culinarios mapuches, se hace un uso tradicional de las especies comestibles en La Araucanía Andina a través de la innovación de recetas con especies poco exploradas en los alrededores de Villarrica. De este modo, el proyecto busca que la cocina indígena y campesina pueda ser revisitada sin perder su origen; acercando a las personas a la flora nativa mediante el reconocimiento de su aporte a la soberanía alimentaria local.

En la localidad de Curarrehue encontramos la comunidad mapuche “Lof Kumikir”. Una agrupación descendiente de familia mapuche, recolectora de frutos silvestres, “que durante generaciones ha construido su devenir histórico a través de la vinculación armónica y respetuosa con la naturaleza y el bosque nativo” (Caamaño, 2017). En la actualidad es apoyada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), con el objetivo de “generar un encadenamiento productivo sustentable para la elaboración de alimentos saludables en base a frutos provenientes del bosque nativo de la Araucanía” (Araucanía Noticias, 2017).

Se ha convertido en costumbre la **elaboración de productos terminados en base a elementos cosechados por la comunidad**, destacando las mermeladas, chicha y los distintos tipos de harina. Tal como lo es en el caso del maqui, para

lograr esta última es necesario secarlo para luego pasarla por el “chascador” que logra moler el grano. Para ello, secan la fruta luego de ser cosechada (finales de Enero o principios de Febrero dependiendo el año) en mesas cubiertas por papel craft sin tinta. Lo hacen dentro de la casa, para evitar las plagas y la exposición directa del sol, por lo que demoran aún más tiempo y no resulta ser un proceso eficiente, aún cuando se considera que el proceso es realizado en temporada de verano. Previamente perforado, el maqui puede demorar entre 6 y 7 días en ser secado (Kumikir, 2017).

En este último tiempo la **producción de snacks nutritivos con frutos locales** se ha convertido en una tendencia. En el caso de Lof Kumikir, al igual que en otras comunidades locales, se ha desarrollado la producción de barras energéticas que incluyen maqui, entre otras frutas con alto nivel de antioxidantes y propiedades positivas, deshidratadas. Tal como fue explicitado por Edith, líder del área gastronómica de la comunidad, **la deshidratación de la fruta pasa a ser un actor clave dentro de la calidad del producto**; siendo ésto necesario para la validación y clasificación libre de sellos que se encuentra en proceso actualmente.

Considerando que en cada temporada de cosecha se pierde aproximadamente un 50% del total recolectado, y se cosecha menos del 40% de lo que les es brindado por su tierra, se debe encontrar una forma para disminuir las pérdidas de alimentos dentro de las comunidades locales, mejorar el método de preservación de los alimentos; interviniendo en sus tecnologías y procesos de postcosecha para brindar mayores ingresos y un mejor aprovechamiento de la materia prima local.

formulación del proyecto

QUÉ

Deshidratador alimenticio hipobárico térmicamente asistido, que por medio de un mecanismo manual de vacío controlado junto al uso de material exotérmico, reutilizable e inocuo, permite la reducción de la humedad en un 16,5% por hora. Con un diseño especializado en berries, el dispositivo es capaz de mantener la calidad de la fruta a nivel nutricional y organoléptico a bajo costo, y sin requerir el consumo de energías convencionales.

POR QUÉ

El estado técnico en que se encuentra la industria del Maqui -a nivel de baja y mediana escala- es relegado principalmente en su manejo por parte de familias y pequeños productores. **La eficiencia y calidad de sus productos se ve directamente perjudicada por sus limitados accesos a maquinarias especializadas, y la insuficiencia de recursos necesarios para conseguir preservación adecuada del fruto;** reduciéndose drásticamente sus valores nutricionales mediante el empleo de los métodos convencionales de deshidratación a bajo costo.

PARA QUÉ

Facilitar la preservación de berries nativas en pequeñas y medianas comunidades productoras, permitiendo un **aprovechamiento eficiente del fruto sin alterar su composición de compuestos fenólicos y cualidades organolépticas** por medio de cambios atmosféricos controlados y adición de calor sin uso de fuentes de energías convencionales.

Objetivo general

A través del dispositivo se busca mejorar la eficiencia de postproducción de maqui a baja y mediana escala, alargando la vida útil del fruto a través de su preservación. Mediante la elaboración de nuevos productos alimenticios de alta calidad -tanto para su autoabastecimiento como para su comercialización-, se le brindará a las distintas comunidades rurales la oportunidad de insertarse en una economía que actualmente se encuentra en un estado de aumento potencial.

Objetivos específicos

[1] Creación de un deshidratador de baja tecnología, costo y mantención a través de la simplificación de los procesos de preservación existentes.

[2] Aumentar la eficiencia de postcosecha, generando mayor aprovechamiento de la materia prima nativa.

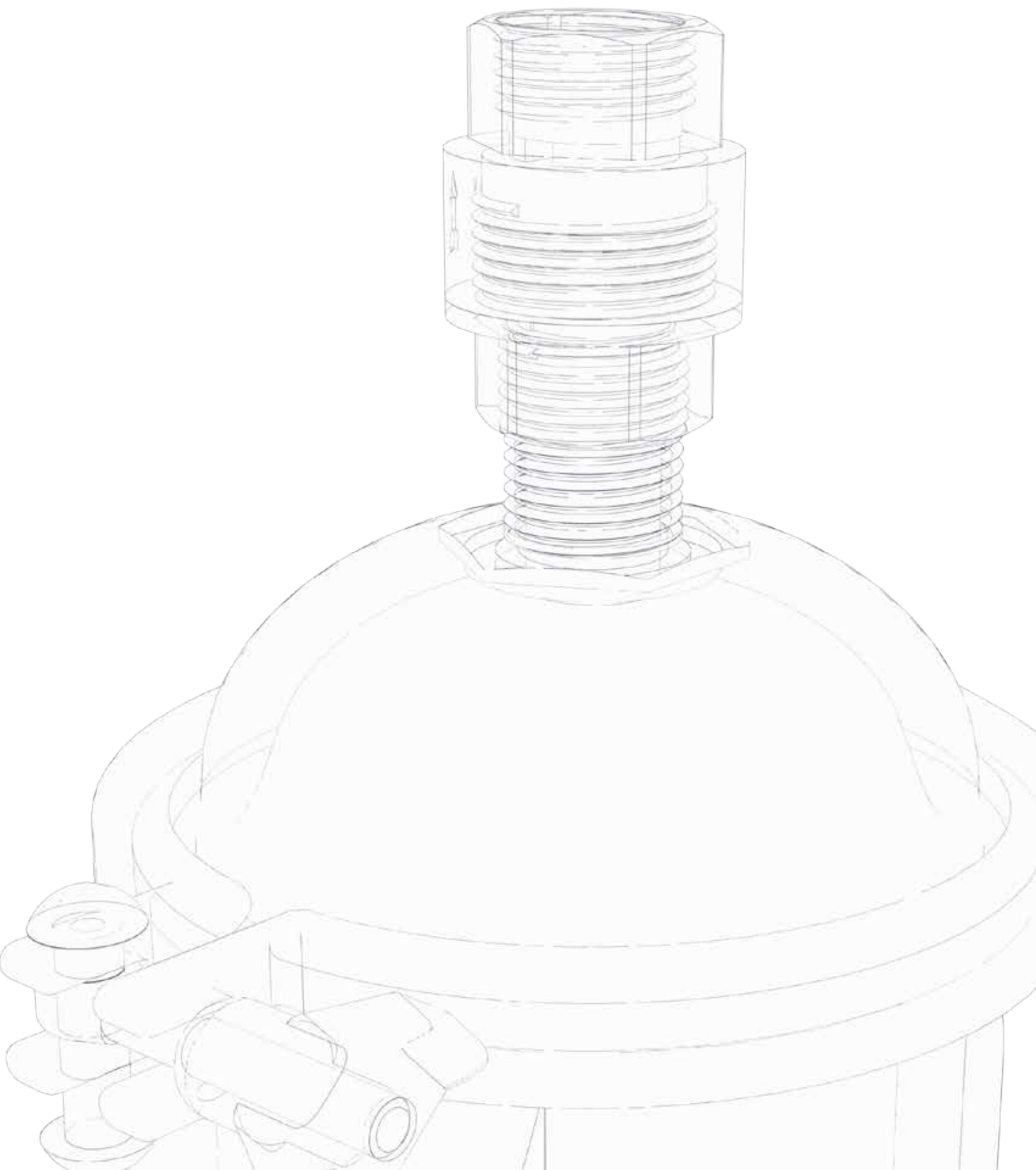
[3] Disminuir la pérdida de propiedades antioxidantes y compuestos bioactivos del maqui ante la exposición directa a altas temperaturas.

[4] Permitir la deshidratación de berries nativas bajo condiciones ambientales desfavorables (temporadas de bajas temperaturas o radiación solar, alta humedad, etc.).

[5] Reducir el tiempo y costo en el proceso de deshidratación.


[6] Potenciar el desarrollo de productos de alta calidad en comunidades rurales, generando materia prima benéfica y útil tanto para usuarios como posibles compradores.

[7] Implementar un mecanismo de bajo esfuerzo físico para lograr las condiciones adecuadas requeridas.



[Imagen 27]
Render piwën.

Requerimientos y decisiones de diseño



Hay ciertos requerimientos que deben ser considerados en el diseño del dispositivo para cumplir los objetivos del proyecto:

[1] Bajo costo energético y económico

Los métodos utilizados actualmente en las comunidades rurales corresponden a los procesos más sencillos y baratos, sin embargo, la falta de control de agentes externos -como el clima y plagas- provoca grandes niveles de pérdida tanto en cantidad de frutas como en la calidad de ellas. Es necesario el acceso a un método de preservación con alto beneficio y eficiencia, y a la vez, bajo costo de producción; convirtiéndolo en algo accesible para la comunidad.

Idealmente, el dispositivo debiera tener un bajo costo de inversión, larga duración de vida útil y una fácil mantención. El costo en cuanto a su ciclo de vida debe ser menor o igual a otras ofertas del mercado, aunque está en consideración la eficiencia en costo y beneficio.

Al contar con independencia energética, siendo únicamente el esfuerzo físico y la energía realizada consecuencia de éste, el dispositivo disminuye considerablemente su costo energético. El calor es conseguido por un material exotérmico, siendo éste un material reutilizable, suficiente para conseguir la temperatura requerida para el tratamiento de la fruta. **No existiendo una dependencia de fuentes de energías convencionales ni ser expuesto en climas particulares, el deshidratador se caracteriza por su autosuficiencia, permitiendo su funcionamiento en áreas ilimitadas.**



[Imagen 28] Fructificación del maqui.

[2] Preservación de calidad

Uno de los objetivos más importantes: mantener las propiedades nutricionales y funcionales propias de la fruta en su estado óptimo. A pesar que no se busca obtener resultados perfectos como ocurre en el caso de la liofilización, el objetivo está en aumentar la vida útil de la fruta significativamente mejor a lo obtenido en los métodos artesanales implementados actualmente. De esta forma, se pretende conseguir productos terminados de alta calidad con un alto valor agregado; siendo un resultado positivo tanto en nuevos productos de autoabastecimiento como de comercialización.

[3] Fácil manipulación e implementación

Con el objetivo de que el dispositivo conviva dentro de comunidades con un especial valor cultural, es importante que éste no interrumpa sus prácticas e interacciones; con el objetivo de que sea implementado como método de preservación principal tras su familiarización. **El deshidratador debe poder ser manipulado con facilidad y no requerir de gran esfuerzo físico para conseguir los resultados adecuados**, siendo incluso en la variedad de personas que pueden hacer uso de él.

El diseño debe ser intuitivo y no requerir de conocimientos técnicos avanzados. Debe generar confianza y conseguir productos de alta calidad sin que existan dificultades en su implementación ni posibilidades de fallas por error del usuario. Debe ser considerado que el dispositivo será empleado por una sola persona la mayoría de las veces, y debe tener un bajo peso considerando la fácil manipulación de éste tanto dentro como fuera del hogar.

Milvaques, A. (2015). Diseño higiénico en la industria alimentaria. 2 Junio 2018, de SEGURIDAD E HIGIENE ALIMENTARIA Sitio web: <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>



[Imagen 29] Render interior propuesta de deshidratador piwën.

Diseño e higiene

Los equipos pertenecientes a la industria alimentaria deben estar diseñados y contruidos de acuerdo a ciertos principios de diseño higiénico para garantizar la seguridad de los alimentos (Milvaques, 2015). Considerar esta variable en el diseño y construcción de estos productos es una buena estrategia preventiva adoptada, garantizando inocuidad de los productos y una mejor calidad en los resultados.

Con el objetivo de reducir o eliminar los riesgos de contaminación física, química o microbiológica para los alimentos, tanto de forma directa como indirecta; se establecen ciertos reglamentos como principios generales de diseño. Dentro de ellos destaca la facilidad de mantenimiento de limpieza y desinfección para contribuir del mismo modo a la conservación y mantenimiento del equipo.

En su construcción se deben tener en cuenta ciertos factores como materiales de construcción, hermetismo, accesibilidad, etc; evitando la acumulación de suciedad, el contacto con materiales tóxicos y el depósito de partículas en los productos alimenticios. Dentro de los principales requisitos de higiene encontramos:

(*) Los principios generales del diseño higiénico es principalmente establecido por la legislación europea, establecidos en la Directiva 98/37/EC y el Reglamento 852/2004/CE. Las más reconocidas internacionalmente son el European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG), A-3 Sanitary Standards Inc. (A-3 SSI) y la National Sanitation Foundation International (NSF).

Facilidad en la limpieza

El equipo se debe poder limpiar de forma adecuada, y sus superficies deben resistir el contacto con los productos químicos utilizados para ello. En el caso de hacer uso de tuberías, se debe:

- Evitar la existencia de soldaduras y rugosidades internas. En el caso de ser necesarias, deben ser continuas y sin imperfecciones.
- Hacer uso de material sanitario autorizado y resistente a los cambios de temperatura en las juntas de unión.
- Considerar una pendiente mínima de un 1% de tuberías, conducciones y válvulas para facilitar el escurrido y no presentar zonas muertas.

Superficie y forma

Se deben evitar las esquinas agudas en el diseño del dispositivo, teniendo preferentemente un radio igual o superior a 6 mm el radio; siendo el mínimo 3 mm. Sus superficies en contacto con el alimento deben tener una rugosidad media Ra igual o inferior a 0,8 μm ., sin imperfecciones como picaduras, repliegues y fisuras. Además, es importante evitar los escalones producto de falta de alineación de distintas superficies e imperfecciones en las juntas, donde puedan quedar retenidos restos de suciedad.

Drenaje

Se debe facilitar el drenado de los líquidos procedentes de los alimentos, su condensación o productos de limpieza. Se recomienda evitar las superficies horizontales sin pendiente, permitiendo de este modo que el líquido fluya alejándose de la zona en contacto con el alimento, y las formas convexas y redondeadas para facilitar la circulación de líquidos.

Accesibilidad y facilidad de desmontaje

Las distintas partes del equipo deben ser fáciles de desmontar -a manos o con herramientas sencillas-, para facilitar su limpieza y su posterior montaje.

Materiales

Cualquier material destinado a tener contacto con los alimentos de ser:

- Resistente a la corrosión,
- No tóxico,
- Mecánicamente estable,
- De fácil limpieza,
- Lo suficientemente inerte para evitar la proliferación de microorganismos y su transferencia los alimentos.

Evitando así:

- Presentar un peligro para la salud humana,
- Provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos, o
- Provocar una alteración de las características organolépticas de éstos.

No es recomendable el uso de ciertos metales. Dentro de los mayormente evitados es el acero galvanizado, por su fácil deterioro, el uso del plomo en soldaduras y el del cadmio y antimonio en la construcción de los dispositivos. Tampoco es recomendable la utilización de madera y otros materiales absorbentes; y/o el uso de componentes pintados en zonas de producción de alimentos, debido a que los revestimientos pueden estropearse y contaminar el producto.

Monomaterialidad: Polietileno de alta densidad (HDPE)



A pesar de que el dispositivo busca tener una larga vida útil, no siendo en ningún caso un producto desechable; es necesario considerar la facilitación de su reciclaje en caso de ser necesario. Se propone un diseño monomaterial, considerando que el HDPE es un material reciclable.

En la elección del material para el diseño del deshidratador hipobárico, se debe tener en cuenta la fuerza de compresión a la que será sometido el dispositivo al disminuir la presión en su interior, y la temperatura al que éste será expuesto, por lo que se requiere un **material de alta resistencia y que permita mantener un ambiente hermético.**

Al ser utilizado con productos alimenticios e implementado en comunidades rurales, se requiere de un material que no sea tóxico y con bajo costo de producción. Respondiendo a la ubicación, manipulación y usuario al que va dirigido, es necesario la utilización de un **material ligero y fácil de manipular.**

Se propone el uso de Polietileno de alta densidad (HDPE), destacando sus propiedades de:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción, y diversos impactos.
- Impermeabilidad, produciendo barreras al vapor de agua, gases y líquidos.
- Baja densidad en comparación con metales u otros materiales, convirtiéndolo en un material ligero.
- Baja reactividad (material inerte).
- No toxicidad.
- Posibilidad de agregar aditivos dependiendo de su uso final, como antioxidantes, antiestáticos, antibacteriales.
- Amplia variedad de procesamiento: inyección, extrusión, , soplado y rotomoldeo.
- Aplicación construcción de productos para uso alimenticio: cubetas, platos, vasos, envases de agua, jugos, leche; contenedores de fruta, etc.

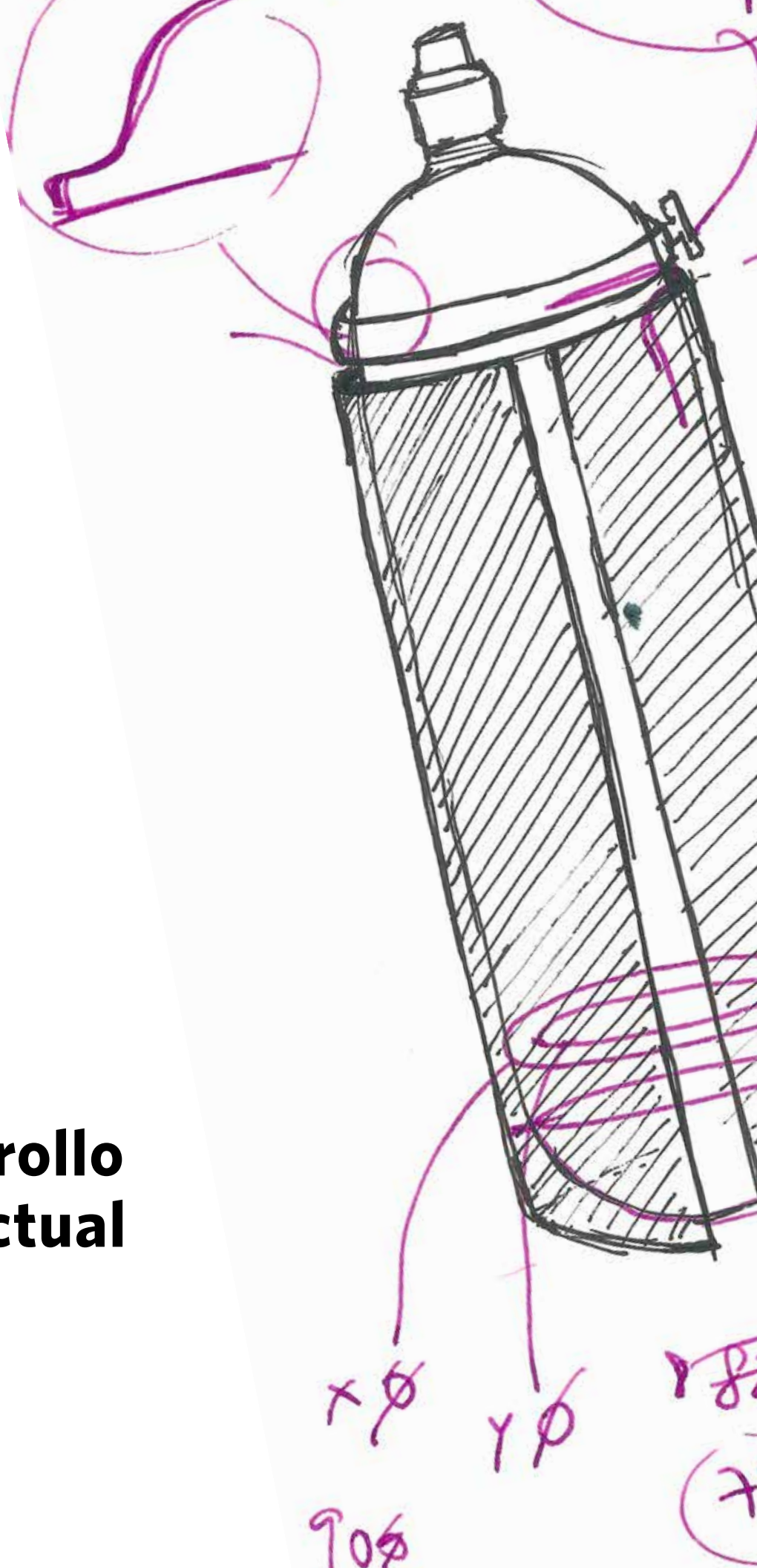


Se incorpora la geometría de una cápsula en el diseño del deshidratador al ser ésta la estructura ideal trabajando con vacío. Esto se debe a que las fuerzas -en este caso, de compresión- son recibidas de forma homogénea; y la densidad distinta que tiene en sus polos la ayuda a mantener la estructura inicial.

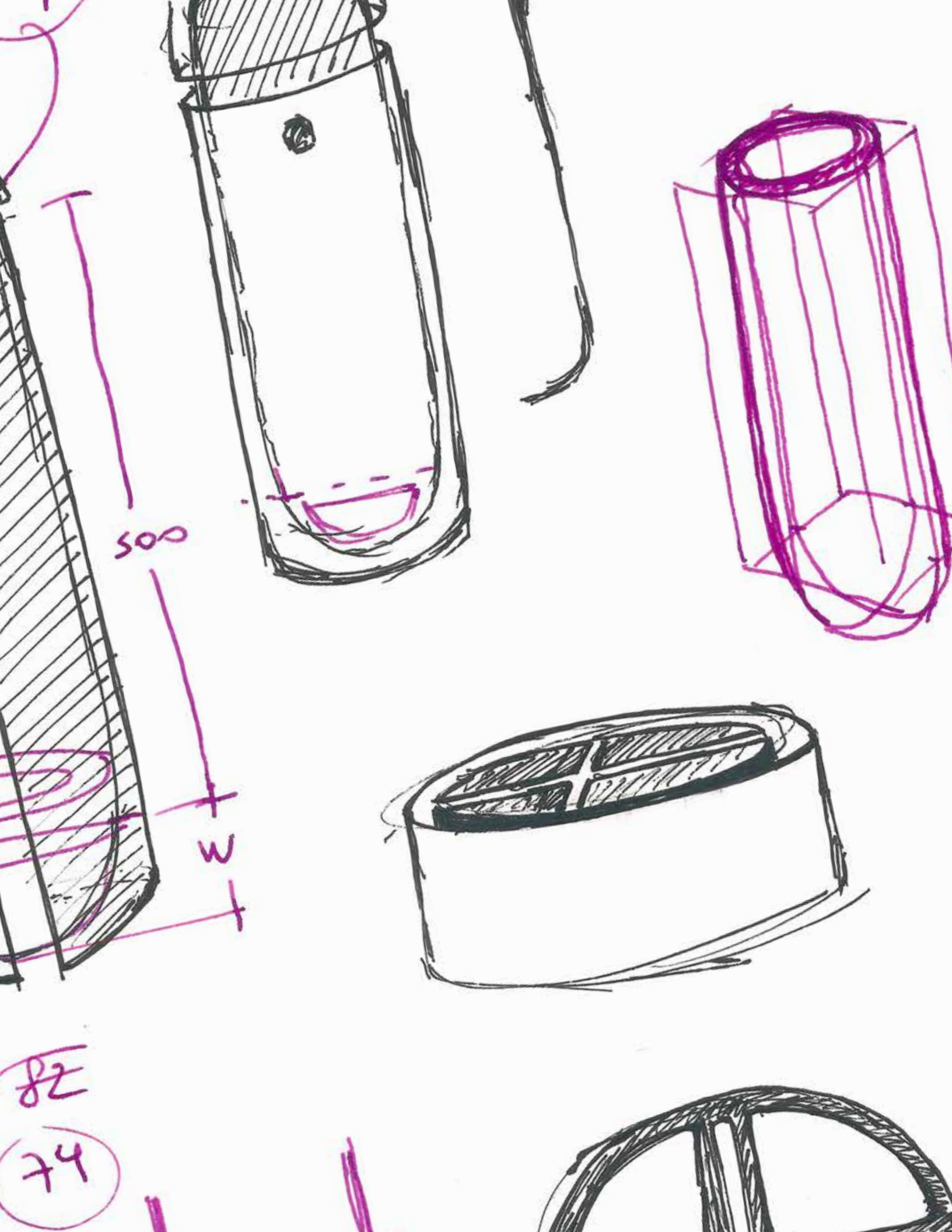
[Imagen 30] Render de partes principales deshidratador piwèn.

Es considerada la incorporación de una perforación de su parte externa para posibilitar que el dispositivo sea colgado dentro o fuera del hogar en desuso, evitando así la incomodidad del deshidratador en espacios reducidos.

[Imagen 31] Bosquejos proceso de diseño del dispositivo propuesto.



Desarrollo proyectual



500

W

82

74



comprensión del usuario/
contextualización/
comprensión de métodos
de preservación existentes/
analogía y simplificación de
conceptos destacados



rescate de interacciones claves
y oportunidad de diseño/
formulación de hipótesis



aplicación de teoría en
definición estructural del
dispositivo/ análisis de
resultados/ diseño del
dispositivo/ validación de
hipótesis

ÁREAS DE ESTUDIO



prototipo # 1

prototipo #2

prototipo #3

prototipo #4

TESTEOS PRINCIPALES
SOBRE EFECTIVIDAD DEL
DESHIDRATADOR



prototipo #6

fabricación de bombín
invertido permite la
reducción de presión a -0,6
atm con la acción de 15
bombeos



prototipo #5

prototipo final: fabricación
del deshidratador en HDPE

APLICACIÓN Y ANÁLISIS

[Figura 30] Infografía resumen proceso de desarrollo del proyecto presentado y especificación de sus distintas áreas y etapas.

Esquema resumen del desarrollo del proyecto y diseño del producto



Desarrollo de aspectos teóricos y prácticos para la creación y análisis del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se implementó una metodología de trabajo capaz de abarcar los aspectos de investigación tanto teóricos como prácticos, permitiendo el orden y análisis de información y resultados en cada fase de desarrollo del proyecto.

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DESARROLLO DE HIPÓTESIS INICIAL

En primer lugar se levantó la teoría. **El primer paso fue el levantamiento de información y la propuesta de una hipótesis inicial.** Para ello, fue necesaria la comprensión del usuario y contexto en que el proyecto sería implementado, el entendimiento en profundidad del funcionamiento de los distintos métodos de preservación utilizados actualmente y una abstracción y analogía para lograr la simplificación de los mayormente valorados.

DESARROLLO DE PROTOTIPOS, TESTEOS, RESULTADOS E ITERACIONES

En ella se busca aplicar la hipótesis anteriormente planteada en la creación de una serie de prototipos, generando una definición estructural del dispositivo para la posterior aplicación práctica en el diseño del deshidratador. Fueron generadas una serie de prototipos (y variaciones de ellos), con los que posteriormente fueron realizados una serie de testeos utilizados como validación para corroborar el diseño y los distintos principios aplicados desde la teoría.

Existen ciertos parámetros mínimos importantes que deben ser considerados en los testeos para comprobar la efectividad del diseño según el escenario en que será aplicado. Entre ellos se considera:

- Capacidad hermética del dispositivo
- Simplicidad de la interacción
- Esfuerzo requerido por parte del usuario
- Costos y beneficios en la eficiencia de los resultados: consideración de las variables de tiempo y calidad nutricional.

Se fabricaron una serie de prototipos para ser utilizado como pruebas de concepto, debido a que se propone un método de deshidratación basado en conceptos físicos y supuestos de comportamiento de la materia en distintas condiciones atmosféricas. Es importante destacar que el dispositivo debe conseguir la disminución de humedad de la fruta manteniendo sus propiedades nutricionales con un mínimo esfuerzo mecánico, sin emplear el uso de energía convencional, y de fácil uso por parte del usuario.

En base a una serie de iteraciones, testeos conceptuales y conclusiones de los distintos resultados obtenidos en los testeos realizados, fueron implementados una serie de variaciones en los prototipos: cambios de materiales, estructuras, dimensiones, ajustes de sellado y piezas, entre otros; con el fin de **conseguir la deshidratación necesaria y eficiente considerando los costos y beneficios del proceso y el usuario.**



[Imagen 32] Proceso de testeo.

Se propone la creación de una “cápsula de vacío”, hermética, de la cual pueda ser extraído el aire de forma mecánica; basado en la teoría de la reducción de presión atmosférica como catalizador de secado; y la asistencia de temperatura por material exotérmico como acelerador del proceso. Para ello, es necesaria la fabricación de una cámara que logre resistir el cambio de presión que implica el proceso, y un material reutilizable e inocuo que transmita el calor.

Diseño del dispositivo, prototipos y testeos.

Es importante considerar que la baja de presión atmosférica se debe mantener de forma constante, por lo que todas las uniones deben estar herméticamente selladas.

Si hay una filtración en las uniones, la presión conseguida no se mantendrá. Por otro lado, el dispositivo debe ser manipulado por el usuario sin exigir mucho esfuerzo de su parte. Únicamente su fuerza y movimiento deberán ser los generadores de la baja de presión, no requiriendo de una fuente de energía convencional para lograrlo.

(*) Se debe considerar que por escasez y difícil alcance del maqui -por estar fuera de temporada- se hacen las pruebas con su fruta más homologable: el arándano. Los testeos finales serán realizados con la fruta correspondiente, mantenida de forma congelada desde su cosecha.

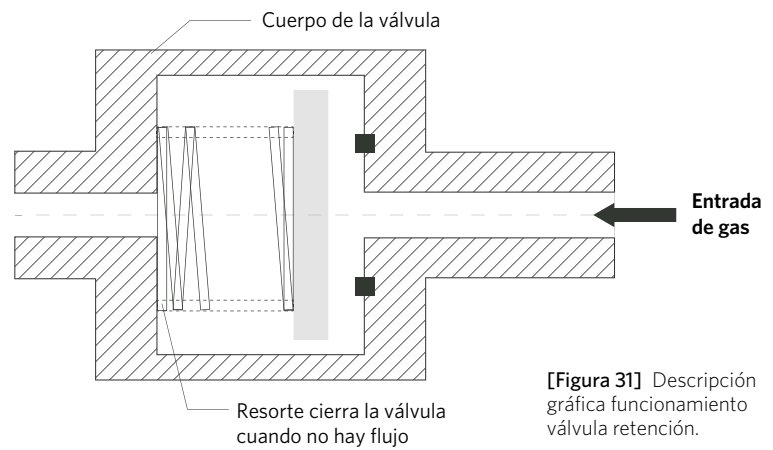
(*) Los pasos desarrollados serán presentados según temática y decisiones de diseño incorporadas en el diseño integral del deshidratador; mostrando los distintos prototipos y testeos de forma fraccionada para la mejor comprensión de cada área asistida.

Fabricación de prototipos

- Prototipo #1** - Dispositivo con piezas de PVC.
- Prototipo #2** - Fabricación en materiales duros (metales).
- Prototipo #3** - Dispositivo en dimensiones reales.
- Prototipo #4** - Dispositivo funcional - acero inoxidable.
- Prototipo #5** - Deshidratador hipobárico térmicamente asistido.
- Prototipo #6** - Bombín manual extractor de aire.
- Prototipo #7** - Procesador previo de fruta

Pruebas de funcionamiento

- Testeo #1** - Deshidratación de la fruta dentro de la zona de secado sin variación de presión atmosférica.
- Testeo #2** - Deshidratación por succión. Extracción del aire de un espacio determinado generando una baja de presión atmosférica para la deshidratación de la fruta.
- Testeo #3** - Pruebas de conceptos: Aplicación de calor y cambios en el peso de la fruta.
- Testeo #4** - Deshidratación de la fruta sin variación de presión atmosférica en dispositivo de dimensión real.
- Testeo #5** - Deshidratación de la fruta bajo condiciones de baja presión en dispositivo de dimensión real.
- Testeo #6** - Aplicación de calor en la deshidratación de la fruta en condiciones de baja presión atmosférica, alta temperatura y dimensiones reales.
- Testeo #7** - Comportamiento de material exotérmico dentro de un ambiente de vacío
- Testeo #8** - Diseño y eficiencia del deshidratador alimenticio hipobárico térmicamente asistido.



Sistema de succión y contención

Se busca comprobar la analogía del concepto aplicado, donde se plantea que existirá una "disminución de la presión atmosférica al extraer el aire de un recipiente hermético, sin alterar su volumen". Debiéndose extraer la mayor cantidad de aire en un área determinada para disminuir su presión en el interior, se decide hacer uso de una válvula de retención de gas (también conocida como válvula antirretorno o válvula check). Ésta es la encargada de cerrar el paso en un sentido del gas, dejando libre el paso en el sentido contrario. De esta manera, asegura que el aire extraído de la cámara central no vuelva al interior de ésta.



[Imagen 33]
Prototipo #1

Necesidad de fabricación en materiales resistentes para evitar la deformación por compresión.

La primera prueba fue realizada en el **[Prototipo #1 - Dispositivo con piezas de PVC]**. Se utiliza un tubo de PVC junto a una serie de fittings del mismo material para la fabricación de la primera "cápsula de vacío". En ella se incorpora una válvula antirretorno de acero inoxidable y en su extremo, un bombín extractor de aire, originalmente utilizado para sellar bolsas de vacío.

Bajo este experimento, se logra disminuir la presión atmosférica sin mucho esfuerzo físico, consiguiendo una presión de $-0,8$ atm. Sin embargo, surgen importantes problemas en cuanto al hermetismo del prototipo, existiendo una entrada de aire progresiva en el mismo instante en que se dejaba de "bombear". A pesar de múltiples intentos de sellado con aplicación de teflón en los hilos de las distintas piezas unidas, cintas adhesivas aislantes y silicona de baño en el exterior del prototipo, el filtro del aire no permitía generar vacío controlado dentro de "la cámara".

En base a esto, se detecta que el material utilizado (PVC) presenta ciertas deformaciones por compresión debido a la elasticidad del material, aumentando los espacios ubicados entre uniones y permitiendo así el paso del aire con facilidad.

–

Fue posible la prueba de concepto -disminuyó la presión atmosférica de la cápsula al extraer el aire de ella-, sin embargo, no fue posible obtener resultados en cuanto a cambios de la fruta, debido a la imposibilidad de mantener un ambiente con presión reducida estable por fallas de materiales y construcción.



[Imagen 34]
Prototipo #2



[Imagen 35]
Prototipo #2 previo a ser disminuidas sus piezas. Se encuentran destacadas las piezas extraídas.

Se hizo una segunda prueba para comprobar que la filtración era consecuencia de una mala elección de material, llevándose a cabo el **[Prototipo #2 - Fabricación en materiales duros (metales)]**. Considerando las fallas detectadas en el primer prototipo, se deciden aplicar ciertos rediseños. En primer lugar, **fue necesaria la utilización de materiales más rígidos y resistentes para una mejor contención de la fuerza de compresión**, siendo elegidos una serie de metales para su construcción: acero galvanizado, bronce y cobre.

Por otro lado, se da cuenta que **la probabilidad de entrada de aire aumenta a medida que exista una mayor cantidad de piezas y uniones**. Consecuencia de esto, se busca disminuir las piezas a una cantidad mínima, haciendo uso de fittings de metal. A esto le fue agregado una cañería de 1 pulgada de diámetro de x 24 cm de largo con capacidad máxima de 50 g de arándano. Ya conseguida la mantención de la baja de presión dentro del dispositivo en $-0,65 \text{ atm}$ sin filtro de aire, el prototipo estaba listo para realizar la prueba de concepto.

Se logró obtener los primeros resultados de testeos sobre la deshidratación de la fruta, y comprobar la capacidad de generar una disminución de presión de forma mantenida en un área determinada de forma completamente manual, es decir, sin hacer uso de energía convencional. Del mismo modo, queda comprobada la eficiencia en el uso de la válvula de retención.

Extracción de aire y disminución de presión dentro de un ambiente controlado.



[Imágenes 36 y 37]
Intento de testeos
con la utilización de
prototipo #3



En cuanto a la extracción de aire, fueron obtenidos ciertos resultados y observaciones bajo los primeros testeos de vacío:

En el [**Testeo #2 - Deshidratación por succión. Extracción del aire de un espacio determinado generando una baja de presión atmosférica para la deshidratación de la fruta**] se hizo uso de un bombín extractor de aire, utilizado para succionar las bolsas de vacío. Con éste se logra bajar la presión atmosférica dentro del espacio determinado, consiguiendo una presión correspondiente a $-0,6$ atm con la acción de 7 bombeos.

En el caso del [**Testeo #3 - Pruebas de conceptos: Aplicación de calor y cambios en el peso de la fruta**], se baja la presión atmosférica del recipiente hermético con este mismo instrumento, alcanzando los $-0,65$ atm con 12 bombeos.

Es importante destacar que luego de pasar los -0.6 atm se hace más difícil la succión por parte del bombín, requiriendo de una mayor cantidad de fuerza debido a la presión generada dentro de la estructura hermética.

Por otro lado, se debe considerar que al ser aplicadas las dimensiones reales del deshidratador, la extracción del aire se ve dificultada de la misma manera: aumentando la presión y resistencia. Esto se ve reflejado al hacer las pruebas de vacío haciendo uso del [**Prototipo #3 - Dispositivo en dimensiones reales**].

Disminución del esfuerzo físico por parte del usuario

[Imágenes 38 y 39]

Imágenes representativas de las distintas fuerzas ejercidas según el bombín utilizado.



Fuerza es distribuida en todo el cuerpo del usuario. Uso de ambas manos y piernas (sujeción) para conseguir un efecto más eficiente.



Consecuencia de ello se lleva a cabo el **[Prototipo #6 - Bombín manual extractor de aire]**. Con una capacidad de extracción superior conseguida a través del bombín para bolsas de vacío, el objetivo es disminuir el esfuerzo físico por parte del usuario tanto en cantidad como en el modo de ejercer la fuerza.

Se decide invertir un bombín de pie de bicicleta; y de este modo, extraer el aire al bombear. Para eso, fue necesario cambiar la dirección del pistón y extraer la válvula check contenida para evitar el flujo de aire en la dirección contraria a la necesaria. Junto a esto, se adaptó la manguera de entrada/salida de aire para que pueda ser acoplado rápidamente a la válvula de retención, y se aseguró que queden cavidades en su extremo superior que permitan salir el aire sin generar resistencia dentro del bombín.

Una vez realizada la inversión de la dirección del aire, fue necesario comprobar que éste efectivamente disminuyera el esfuerzo por parte del usuario. Es decir, se haya logrado reducir, tanto la cantidad de veces que se debe bombear, como la cantidad de fuerza necesaria que se debe aplicar. A partir de su testeo, se logra definir la necesidad de realizar 15 bombeos para conseguir -0.6 atm, sin mayor esfuerzo físico que el requerido para inflar una rueda de bicicleta.

Tanto el rediseño del prototipo como la incorporación del nuevo extractor de aire, deben ser capaces de corroborar la fuerza necesaria que se requiere para generar un ambiente de vacío dentro del espacio determinado del deshidratador sin hacer uso de energía convencional externa; y como consecuencia, permitir el análisis de los cambios presentados en la composición de la fruta por variaciones físicas.

Utilización de unión clamp para conseguir un dispositivo hermético y de fácil uso.

Dentro de las principales dificultades detectadas durante la etapa de testeos corresponde a la capacidad hermética del dispositivo. Ésto se ve perjudicado al ser necesaria una puerta de entrada y salida de fruta a procesar. En el caso del **[Prototipo #3]** se hizo uso de una tapa removible a través de un hilo construido de este mismo material. Sin embargo, sellar con teflón de gas (en grandes cantidades) cada vez que se debía cerrar, entorpece directamente la interacción del usuario con el dispositivo, además de no asegurar un buen resultado en caso de no saber manejarlo de forma adecuada.

La primera solución fue la incorporación de golillas de goma en su interior, evitando de este modo el paso del aire sin la necesidad de hacer uso del teflón. La fuerza requerida para poder sellar adecuadamente el dispositivo queda totalmente fuera de lo aceptado, siendo necesarias una serie de herramientas de escalas sumamente grandes e incómodas; quedando descartadas como solución.

De este modo, se decide realizar un rediseño en el sistema de cierre, aplicado en la construcción del **[Prototipo #4 - Dispositivo funcional - acero inoxidable]**. Se hace uso de una conexión clamp, abrazaderas de cierre rápida de uso sanitario, generalmente utilizadas en la industria de los alimentos. De este modo, se logra solucionar un sellado eficiente, sin filtros de aire, y sin requerir de grandes cantidades de fuerza para lograr el resultado esperado.



[Imagen 40] Prototipo #3. Sellado de prototipo mediante un hilo, su tapa respectiva y golilla de goma.



[Imagen 41] Incorporación de sellado mediante abrazadera clamp en el diseño del Prototipo #4.



[Imagen 42] Prototipo #3.



[Imagen 43] Prototipo #3.

A MAYOR VOLUMEN SE REQUIERE MÁS FUERZA

Con la construcción del **[Prototipo #3]** se pretende realizar las pruebas en un área similar al prototipo final, con el objetivo de estudiar el esfuerzo físico requerido en un área de trabajo de mayores dimensiones. Tal como fue explicado anteriormente, se debe tener en cuenta que al aumentar el área de control, habrá un mayor requerimiento físico por parte del usuario. Además, se deben considerar ciertas características en su diseño como lo es la disponibilidad de material en la industria, para ser viable su construcción e implementación. Por último, al ser posible el uso del dispositivo portable, permitiendo su uso dentro y fuera de una casa, y considerando la capacidad de ser manejado por un sólo usuario; se toma la decisión de generar un diseño de tamaño "reducido".

Aplicando las conclusiones obtenidas de los testeos anteriores, se reutiliza la parte superior del **[Prototipo #2]** (válvula check unida al vacuómetro), considerando que se encontraba con un funcionamiento adecuado, sin presencia de filtraciones. Fue agregado un tubo de acero galvanizado de 3 pulgadas x 35 cm, teniendo una capacidad para incorporar aproximadamente 500 g de maqui.

En su fabricación se da cuenta de ciertas observaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, al aumentar las dimensiones de la "cápsula" y mantener el material anteriormente utilizado, el peso del deshidratador lo convierte en un producto con un peso desmedido; siendo incluso peligroso para la manipulación por parte del usuario. Por otro lado, el sellado del dispositivo se ve sumamente dificultado a través del hilo que une la tapa con el tubo principal, debido a las dimensiones y cantidad de fuerza requerida. Consecuencia de ello, no se pudo hacer uso del prototipo para los testeos requeridos.

Considerando la necesidad de hacer un prototipo eficiente y que permita el verdadero estudio de los resultados de la fruta, nace la necesidad de la fabricación del **[Prototipo #4 - Dispositivo funcional - acero inoxidable]**. En él es incorporada una conexión clamp - como fue mencionado anteriormente -, y el uso de acero inoxidable por sus múltiples cualidades positivas en cuanto a la exposición y fabricación de alimentos. A pesar de brindar ciertas mejoras evidentes en cuanto al higiene y la disminución del peso del dispositivo, al utilizar este material se convierte en un producto sumamente costoso tanto por su fabricación como por el costo del material.



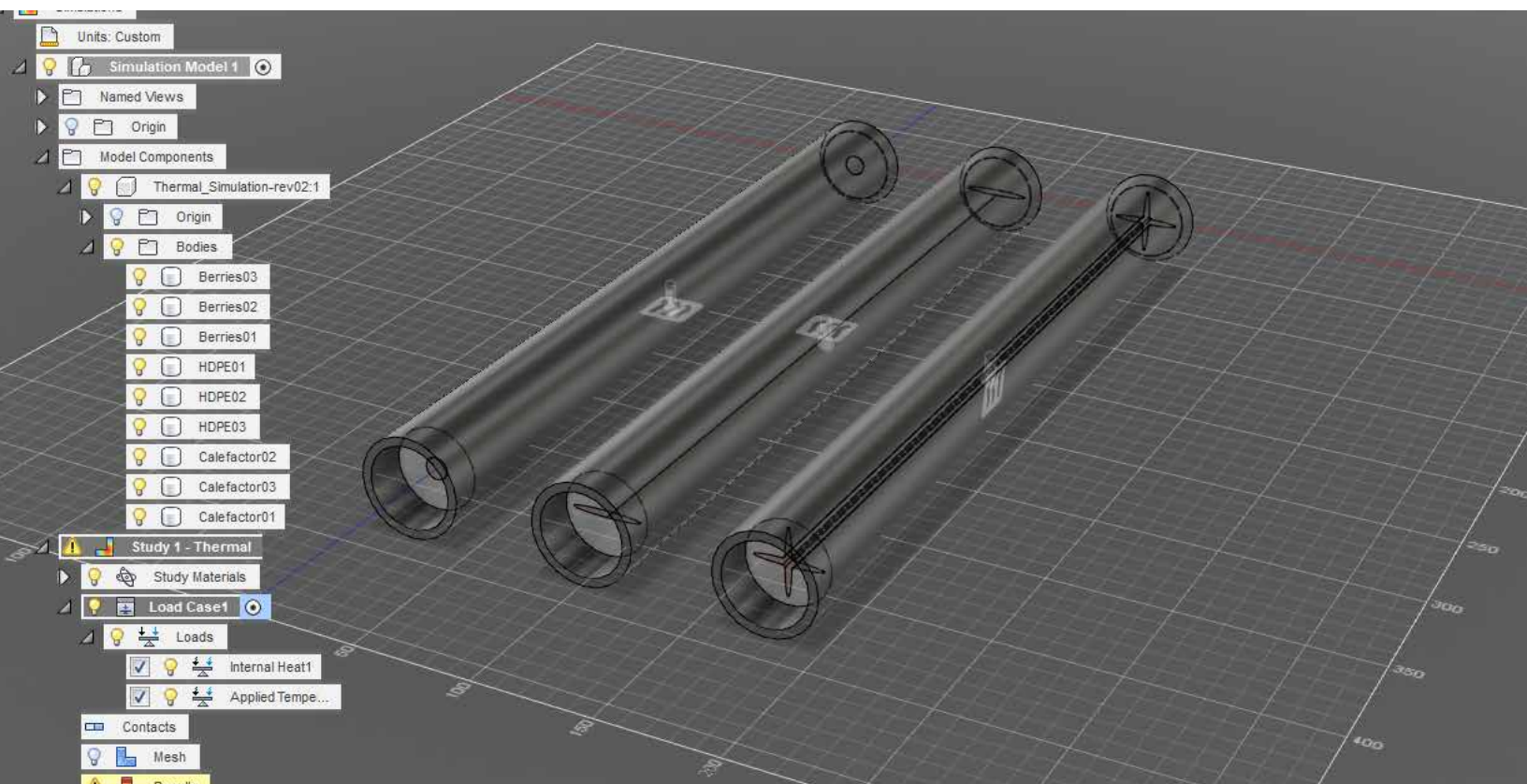
[Imagen 44] Diseño monomaterial de Polietileno de alta densidad (HDPE) con dimensiones de 66 cm de alto y 14 cm de ancho máximo.

Prototipo #5: HDPE Deshidratador hipobárico térmicamente asistido

Por otro lado, se da cuenta que al usar materiales metálicos se expone al deshidratador a una menor vida útil al ser éste un instrumento portable; exponiéndolo a golpes y deformaciones.

Con el objetivo de mantener la capacidad del deshidratador definida (500 g de fruta), disminuir su costo de producción y mejorar la experiencia del usuario, tanto en el uso, mantención y manipulación por parte del usuario, consecuencia del peso, funcionamiento y estética del producto; se hace uso de HDPE en la fabricación del **[Prototipo #5 - Deshidratador hipobárico térmicamente asistido]**. En éste logran ser establecidas sus dimensiones, funcionamiento e interacciones finales; definiendo sus partes y geometrías para la fabricación final del deshidratador.

Con el objetivo de **confirmar la teoría de aceleración del proceso de deshidratación a través de la aplicación de calor controlado**, se deciden hacer ciertas pruebas bajo la utilización del **[Prototipo #2]** y **[Prototipo #4]**. En ellas se hace uso de tres variables: tiempo, presión atmosférica y temperatura; estableciendo en el **[Testeo #1]** y **[Testeo #4]** un parámetro de comparación con el resto de los testeos.



[Imagen 45] Simulación térmica realizada en Fusion 360.

Sistema de complemento térmico

Testeos

[Prototipo #2]

[Testeo #1 - Deshidratación de la fruta dentro de la zona de secado sin variación de presión atmosférica].

Con el fin de conseguir un resultado base que permita verificar la efectividad de la deshidratación lograda en los próximos testeos, se realiza la primera prueba. Se incorporó 50 gr de arándano, sin previo tratamiento, dentro del prototipo. Además, se agregó papel absorbente con el objetivo de capturar la humedad, funcionando como "tapón". Con el objetivo de evitar filtración de aire, se cubrió el hilo exterior del tubo con teflón, el cual luego fue cerrado con la tapa del mismo material.

Se dejó la fruta dentro de la cámara de secado, completamente aislada del exterior, por 12 horas. Ésto logrará saber qué porcentaje de agua se evapora a presión atmosférica, sin estar en contacto con corrientes de aire, a temperatura ambiente (entre 19°C y 20°C).

Dentro de la zona de secado sin variación de presión

Duración: 12 horas

Presión: 0 atm (presión atmosférica normal)

Temperatura: ambiente natural (19°C y 20°C)

Peso inicial: 50 g

Peso final: 36 g

Es decir, el arándano deshidrata el 28% de su peso en un rango de 12 horas. Considerándolo dentro de un rango de 1 hora, deshidrata un 2,4% de su peso, equivaliendo a 1,2 gramos. Si se logra deshidratar en un porcentaje mayor a éste al exponerse a una deshidratación con una baja en la presión atmosférica, quedaría comprobada la teoría de que al disminuir la presión dentro de un ambiente hermético, se acelera la evaporación de agua y deshidratación de la fruta.

Con este resultado se logra generar un dato base y un parámetro de comparación para las próximas pruebas realizadas. En este primer testeo, se logra detectar que el papel absorbe grandes cantidades de humedad al ser retirado prácticamente mojado, y las paredes del tubo presentan rastros de humedad.

[Imagen 46]

Testeo #3 realizado en Prototipo #2



Dentro de la zona de secado, con presión de -0,6 atm y expuesto a temperatura ambiente.

Duración: 6 horas
Presión: -0.6 atm
Temperatura: ambiente natural (20.5°C)

Peso inicial: 50 g
Peso final: 34 g

[Testeo #2 - Deshidratación por succión. Extracción del aire de un espacio determinado generando una baja de presión atmosférica para la deshidratación de la fruta]

Se plantea que al disminuir la presión de un ambiente determinado se provoca un diferencial de vapor dentro de éste, generando la evaporación del agua y con eso, la deshidratación de la fruta. Para verificar esta hipótesis y el funcionamiento de la estructura del prototipo, se incorporan 50 gr de arándano, sin previo tratamiento, dentro de la cápsula de acero inoxidable. En este es incorporado papel absorbente para capturar la humedad liberada. Se cubre el hilo exterior del tubo con teflón para evitar filtraciones de aire, y es cerrado con su tapa del mismo material.

Bajo las condiciones de una presión atmosférica reducida (-0,6 atm) de forma mantenida debido al hermetismo del dispositivo; se dejó la fruta dentro de la cámara de secado, completamente aislada, durante 6 horas. Las condiciones del experimento correspondían a una baja presión atmosférica a temperatura ambiente (20.5°C)

La variación en el peso de la fruta es superior al testeo sin alteración de la presión, en la mitad de tiempo. De esta forma, se logra comprobar que al generar un diferencial de presión dentro de un ambiente controlado, se logra evaporar parte del agua interna de la fruta más rápido que al no alterar el ambiente. El arándano deshidrató el 32% de su peso en un rango de 6 horas. Considerándolo dentro del rango de una hora, la fruta se deshidrató en un 5,3%; equivalente a 2,65 g cada 60 minutos.

Con este resultado se logra definir y afirmar el proceso de evaporación/ deshidratación de fruta que se busca aplicar durante esta investigación. En primer lugar se deberá extraer el aire de la cámara central, por consecuencia, baja la presión atmosférica con cada extracción; para luego dar paso a la evaporación de la fruta, aumentando la humedad en el ambiente cerrado.

Al haber más humedad, cada vez será más difícil evaporar el agua perteneciente a la fruta, por lo que se debe considerar la condensación de ésta.

Al retirar la fruta se detectan las paredes del tubo con una humedad mayor al ejercicio anterior, y el papel absorbente completamente mojado.

Dentro de la zona de secado, con presión de -0,65 atm y expuesto a 34°C - 35°C de temperatura.

Duración: 3 horas
Presión: -0.65 atm
Temperatura: 34°C - 35°C.

Peso inicial: 50 g
Peso final: 36 g

[Testeo #3 - Pruebas de conceptos: Aplicación de calor y cambios en el peso de la fruta]

Se realizó una segunda prueba, donde se mantuvo la estructura y se realizó una pequeña alteración en la condición atmosférica con respecto a la anterior. El principal cambio es la aplicación de calor externo para verificar el aumento en el porcentaje de deshidratación. A través de este ejercicio se busca comprobar la hipótesis que indica que al aumentar la temperatura de un ambiente específico con baja presión atmosférica, la evaporación del agua ocurrirá de forma más rápida.

Dentro de la zona de secado, con presión de -0,65 atm y expuesto a 34°C - 35°C de temperatura.

Duración: 3 horas
Presión: -0.65 atm
Temperatura: 34°C - 35°C.

Peso inicial: 50 g
Peso final: 36 g

[Imagen 47]

Testeo #3 realizado en Prototipo #2



Luego de incorporar la fruta, se baja la presión atmosférica, alcanzando los -0,65 atm. El prototipo fue expuesto a una pieza previamente calefaccionada y con una fuente de calor permanente. Debido a la falta de hermetismo de ella, se generaron variaciones entre los 34°C y 35.2°C. Sin embargo, la presión atmosférica se mantuvo estable durante las 3 horas a las que se vio expuesto el fruto. Esto se debe a que las filtraciones habían sido eliminadas por completo.

A una baja presión constante y expuesto a altas temperaturas durante 3 horas, el arándano en capaz de deshidratarse en un 28%. Es decir, en un 9,3% por hora, correspondiente a 4,6 g cada 60 minutos.

Con esto **se logra comprobar tanto la teoría de la aceleración de deshidratación tanto por disminución de presión como por aumento de temperatura;** consiguiendo un grado de deshidratación similar al ejercicio anterior (diferencia de 2 gramos) con la disminución del tiempo a la mitad y cuadruplicando la eficiencia de deshidratado bajo condiciones normales (sin variación de presión y expuesto a temperatura ambiente). Sin embargo, el resultado no es satisfactorio.

Testeos [Prototipo #4]



Haciendo uso de la estructura generada en el **[Prototipo #4 - Dispositivo funcional - acero inoxidable]** y considerando los resultados obtenidos en los testeos previamente realizados, el deshidratador es sometido a las mismas pruebas de funcionamiento considerando las mismas variables de los testeos anteriores: tiempo, presión atmosférica y temperatura.

Siendo previamente confirmadas las teorías de aceleración del proceso de deshidratación a través de la aplicación de calor y baja presión de forma controlada, se busca estudiar el resultado de ellas en las dimensiones reales del dispositivo. Son incorporadas ciertas observaciones detectadas en los testeos anteriores, como una mejora en el uso de papel absorbente y el tratamiento previo de la fruta.

[Imagen 48]
Prototipo #4

Es verificado que con una reducción de presión de forma controlada, sumado a la exposición de la fruta a un aumento de temperatura (entre los 35°C y 38°C), la fruta es capaz de deshidratarse de forma más eficiente y sin la exposición de ésta a condiciones que la hagan perder sus propiedades funcionales.

[Testeo #4 - Deshidratación de la fruta sin variación de presión atmosférica en dispositivo de dimensión real]

Dentro de la zona de secado sin variación de presión

Duración: 6 horas

Presión: 0 atm

Temperatura: 18°C

(*) Fruta procesada previamente:

Peso inicial: 100 g

Peso final: 88 g

En el proceso de 8 horas en condiciones ambientales naturales, la fruta redujo 12 g de su peso; se desprendió el 12% de su humedad. Se define la deshidratación de 2 g (2%) cada 60 minutos como parámetro de comparación para el resto de los testeos.

[Testeo #5 - Deshidratación de la fruta bajo condiciones de baja presión en dispositivo de dimensión real]

Dentro de la zona de secado, con presión de -0.6 atm y expuesto a temperatura ambiente.

Duración: 6 horas

Presión: 0 atm

Temperatura: 19°C

(*) Fruta procesada previamente:

Peso inicial: 100 g

Peso final: 49 g

A partir de este testeo se reafirma la teoría de una aceleración de evaporación de agua interna de la fruta al alterar la presión dentro de un ambiente controlado. En un rango de 6 horas, se desprende el 51% de la humedad de los arándanos, correspondiendo a un porcentaje de 8,5% de deshidratación cada 60 minutos.

[Testeo #6 - Aplicación de calor en la deshidratación de la fruta en condiciones de baja presión atmosférica, alta temperatura y dimensiones reales]

Del mismo modo a como fue realizado anteriormente, se realizó el mismo procedimiento: En este caso, se incorporaron 100 g de arándanos previamente perforados en una estructura interior tipo "canasto", donde posteriormente era agregado 28 g de papel absorbente en su parte inferior y todo su alrededor, envolviendo la fruta. Una vez preparado, se introduce la malla dentro del deshidratador, se disminuyó la presión atmosférica a través del uso del bombín y el dispositivo fue incorporado en un ambiente previamente temperado.

Dentro de la zona de secado, con presión de -0.6 atm y expuesto a 34°C - 35°C de temperatura.

Duración: 6 horas

Presión: -0.6 atm

Temperatura: 34°C - 35°C

(*) Fruta procesada previamente:

Peso inicial: 100 g

Peso final: 33 g

En un rango de 6 horas, se desprende el 67% de la humedad de los arándanos, correspondiendo a un porcentaje de 11,1% de deshidratación cada 60 minutos, y requiriendo de 9 horas para lograr una deshidratación completa de la fruta.

A partir de este testeo se confirma el funcionamiento del deshidratador, reafirmando la teoría de una aceleración de la evaporación del agua interna de la fruta al alterar la presión dentro de un ambiente controlado y exponerlo a un aumento de temperatura.



[Imagen 49]
Incorporación de compartimiento interno dentro de la cápsula de vacío.



[Imagen 50]
Cerrado de la cápsula con su tapa y válvulas correspondientes.



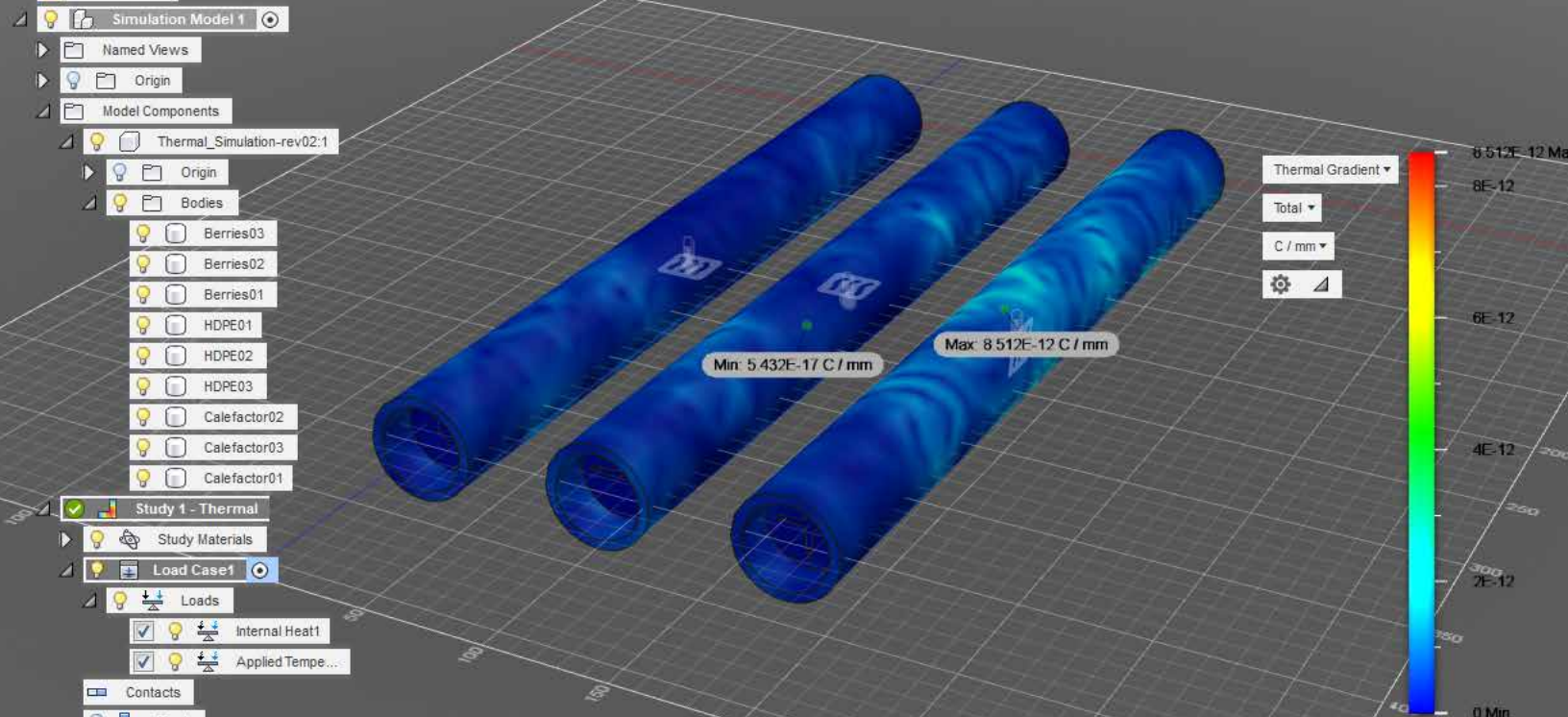
[Imagen 51]
Primera fase de sellado: sujeción de la abrazadera clamp a mano directamente.



[Imagen 52]
Ejerción de una mayor fuerza para lograr el hermetismo necesario dentro de la cápsula.



[Imagen 53]
Resultado de papel absorbente tras el Testeo #6.

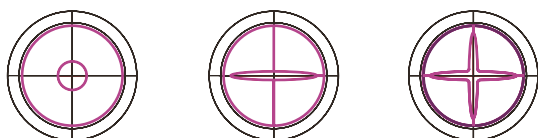


[Imagen 54]
Demostración de efectividad por simulación térmica.

Autosuficiencia del dispositivo por medio de material exotérmico.

Se decide la incorporación de un material exotérmico, reutilizable e inocuo, con el objetivo de hacer del deshidratador un dispositivo autosuficiente; capaz de aportar calor para acelerar el proceso sin consumir energías convencionales.

El **acetato de sodio**, también llamado etanoato de sodio (NaOAc), es una sal sódica de ácido acético. Es un producto químico económico producido en cantidades industriales para una amplia gama de usos, entre ellas las bolsas térmicas autoactivables o guateros de mano. Éstas contienen una solución saturada de acetato sódico de trihidratados (CH_3COONa), que al cristalizar liberan calor, siendo éste un **proceso exotérmico** comúnmente conocido como “Hielo caliente”.



[Figura 33] Diagrama de las geometrías testeadas para comprobar la eficiencia del material exotérmico.

Sus cristales se funden a $58,4^\circ\text{C}$, disolviéndose en su agua de cristalización. Cuando se calientan más allá del punto de fusión (100°C) y posteriormente se deja enfriar, la solución acuosa se convierte en sobresaturada. Ésta es capaz de enfriarse a temperatura ambiente sin formar cristales, al accionar una pieza metálica, que al doblarla actúa como punto de nucleación. De este modo, se saca del equilibrio al sistema y por ende, permite que la solución vuelva a cristalizar en acetato sódico sólido trihidratado en un proceso de formación de enlaces de la cristalización exotérmica.

Una solución hiper-saturada de acetato de sodio en agua posee cierto calor latente de aproximadamente $264\text{-}289\text{ kJ/kg}$, que puede ser aprovechado para calentar, aplicado tanto como calor local como pudiendo ser transportadas en su estado “activado” o “latente” (en disolución) y cristalizadas cuando se quieren usar.

A diferencia, y ventaja, de otros tipos de paquetes de calor que dependen de reacciones químicas irreversibles, éstos pueden ser reutilizados fácilmente sumergiendo el paquete en agua hirviendo durante unos minutos, hasta que los cristales se disuelven completamente, y permitiendo que el paquete se enfríe lentamente hasta alcanzar la temperatura ambiente (Díaz, 2012).

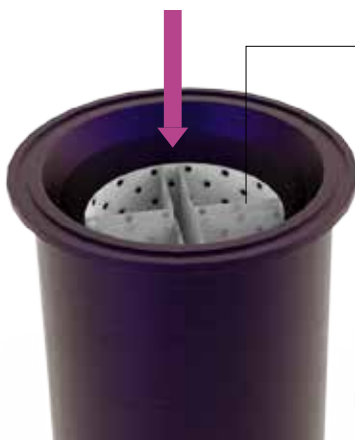
Con el objetivo de definir el área y forma adecuada para hacer eficiente la incorporación del material exotérmico dentro del dispositivo, se hizo una simulación térmica digital. Se probaron tres modelos distintos donde se incorporaba el material en forma de cilindro, elipse y cruz de acetato de sodio en contacto directo con un líquido (equivalente a la fruta) contenido en un tubo de HDPE.

A través del programa "Fusión 360" se logró comprobar que la menor transferencia térmica correspondía al primer modelo, con el contenedor cilíndrico en el centro. En el caso de la versión elíptica, duplicó al primero; y la versión en cruz consiguió casi cuadruplicarlo. De este modo, se define la versión "de estrella" como la forma adecuada y eficiente en transmisión de calor.

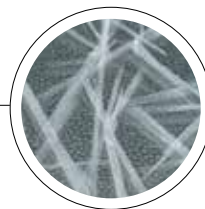
Con el objetivo de comprender la reacción y duración del material dentro de un ambiente de vacío se realiza el **[Testeo #7 - Comportamiento de material exotérmico dentro de un ambiente de vacío]**. Para ello se fabrican las bolsas de calor según las dimensiones del dispositivo con una estructura de plástico PVC. El líquido incorporado es una solución concentrada, de 75 g de acetato de sodio en 100 ml de agua, con la propiedad de mantenerse sobreenfriada.

En éste se logra demostrar la hipótesis de un aumento de duración del calor generado dentro del deshidratador consecuencia de su condición de vacío. Éste dura 100 minutos aproximadamente versus los 10 minutos en condiciones ambientales normales; aportando la temperatura necesaria dentro de la cámara al activar su botón de nucleación.

Bolsas de ácido acético se incorporan en cavidades establecidas de la malla interior, expulsando su calor sin tener contacto directo con la fruta.



[Imagen 55]
Render interior.



EFFECTO DE CRISTALIZACIÓN PROVOCADO AL ACCIONAR EL BOTÓN DE NUCLEACIÓN

[Imagen 56] Cristalización acetato de sodio.

A pesar de ser un compuesto barato, el acetato de sodio puede ser preparado de una manera simple y accesible. Para ello se requiere únicamente 750 g de ácido acético (vinagre) con 8% de concentración y 84 g de bicarbonato de sodio para hacer 82 g de acetato de sodio en solución, produciéndose una reacción efervescente puesto que libera dióxido de carbono según las reacciones.

El "sobreenfriamiento" es un estado inestable en el que una sustancia se encuentra en una fase o estado físico (líquido en este caso) que corresponde a una temperatura mayor (superior a 54°C). Debería solidificar al bajar de 54°C y sin embargo, permanece líquido.

Uno de los puntos fundamentales para lograr una deshidratación adecuada de la fruta es la condensación de la humedad generada en el interior del dispositivo.

Dentro de las principales observaciones rescatadas de los testeos anteriores corresponde al aumento de ésta al disminuir la presión atmosférica, y aún más, al aplicar calor dentro del espacio cerrado. Ésto es apreciado por la variación de peso final de los papeles absorbentes utilizados, incluyendo muchas veces algunas manchas de color morado correspondiente al líquido eliminado y posteriormente absorbido de forma directa.

Tras la realización de los primeros testeos, se detectó que las paredes del deshidratador se encontraban empapadas por la humedad interna, aumentando su concentración de forma progresiva; lo que obliga a considerar la aplicación del papel absorbente con mayor área de contacto. Para ello, el papel será fijado alrededor de una malla estructural contenedora de la fruta, incorporado a lo largo de todo el dispositivo. De esta forma es posible el aislamiento de la fruta del contacto directo con las paredes; evitando la adhesión del agua y posterior incorporación de la misma a la fruta.

Se hicieron una serie de testeos con variación de presión y temperatura, donde se incluye una mayor cantidad de papel absorbente al considerar mayores áreas de contacto.

Condensación: Papel absorbente y su aplicación



[Imagen 57]
Resultado de papel
absorbente tras
Testeo #3.

[Testeo #4 - Deshidratación de la fruta sin variación de presión atmosférica en dispositivo de dimensión real]

Dentro de la zona de secado sin variación de presión

Duración: 6 horas
Presión: 0 atm
Temperatura: 18°C

Papel absorbente:
Peso inicial: 28 g
Peso final: 36 g

[Testeo #5 - Deshidratación de la fruta bajo condiciones de baja presión en dispositivo de dimensión real]

Dentro de la zona de secado, con presión de -0.6 atm y expuesto a temperatura ambiente.

Duración: 6 horas
Presión: -0.6 atm
Temperatura: 19°C

Papel absorbente:
Peso inicial: 28 g
Peso final: 52 g

[Testeo #6 - Aplicación de calor en la deshidratación de la fruta en condiciones de baja presión atmosférica, alta temperatura y dimensiones reales]

Dentro de la zona de secado, con presión de -0.6 atm y expuesto a 34°C - 35°C de temperatura.

Duración: 6 horas
Presión: 0 atm
Temperatura: 34°C - 35°C

Papel absorbente:
Peso inicial: 28 g
Peso final: 63 g

Los testeos obtuvieron resultados positivos al reafirmar el aumento de humedad capturada a medida que fueron aplicadas las variaciones de condiciones: disminución de presión y aumento de temperatura. Por otro lado, **fue comprobada la eficiencia de la implementación del papel absorbente rodeando la estructura interna.** Éste al ser desprendido luego del testeo, se encontraba totalmente húmedo al lograr condensar el agua liberada, y las paredes no mostraban rastro de humedad.



[Imagen 58]

Incorporación de papel absorbente en compartimiento interno del dispositivo. (*)Al ser incorporado únicamente 100 g en la realización del testeo, se cubrió el área necesaria que tendría contacto con el papel.



Compartimiento de la fruta

Con el objetivo de **facilitar la manipulación de la fruta y potenciar el higiene del dispositivo**, se decide construir un compartimiento específico donde ésta es depositada para luego ser incorporada dentro de la cámara. Con dimensiones de 6 cm de diámetro y 50 cm de largo, el "contenedor" tiene un **espacio determinado en su parte baja donde se debe agregar el papel absorbente**, además del que debe ser fijado a su alrededor; aislando así la fruta de las paredes internas de la cámara principal.

Éste incluye las **cavidades correspondientes para incorporar el material exotérmico en su centro**, dejándolo estable y permitiendo una mayor transferencia calórica. Sus perforaciones permiten el paso de la humedad y su material facilita un lavado adecuado tras ser usado.

[Imagen 59]
Render compartimiento interior.

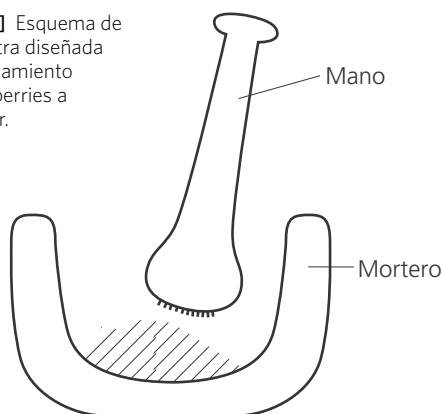


[Imagen 60]
Perforación
previa del maqui.

A través del testeo 4, 5 y 6 queda comprobado una deshidratación más eficiente al tratar la fruta antes de ser incorporada en el deshidratador.

Tratamiento previo de la fruta

[Figura 33] Esquema de herramienta diseñada para el tratamiento previo de berries a deshidratar.



Por los resultados obtenidos en los testeos realizados con el **[Prototipo #2]** se logra observar un mayor grado de deshidratación en aquellas frutas que se encontraban con su mesocarpio "dañado" en comparación con las sometidas en buen estado (sin grietas, perforaciones, etc). Esto comprueba la teoría planteada por expertos, y no incorporada previamente, donde **se recomienda procesar previamente la fruta**. De esta forma, se decide incorporar la fruta previamente "perforada" en los siguientes testeos.

Para ello se lleva a cabo el **[Prototipo #7 - Procesador previo de fruta]** considerando que este debiese ser un producto sencillo, intuitivo e idealmente, familiarizado con el usuario. Se hace uso de un mortero de madera de pequeñas dimensiones -con el objetivo de no perder el control de la fruta por su tamaño reducido- que posee ciertos elementos punzantes en su "mano". Con él se permitirá perforar el mesocarpio de la fruta con el fin de facilitar la salida del agua en el proceso de sublimación.

Para comprobar su eficiencia se hace el ejercicio de perforar la fruta en antes de los testeos correspondientes, mostrando comodidad, eficiencia y facilidad en su uso.

[Imagen 61] El maqui en mano de sus verdaderos productores. Obtenido de <https://www.biobiochile.cl/noticias/2016/04/27/el-maqui-sera-el-protagonista-del-segundo-episodio-de-super-alimentos.shtml>



Resultados y observaciones



Resultados y observaciones

Con el objetivo de comprobar la funcionalidad y eficiencia del deshidratador, se hace un testeo integral incorporando cada uno de los elementos considerados. Éste es realizado en un prototipo funcional, que cumple con todos los requisitos, construido en materiales extrapolables, en este caso, acero inoxidable. De este modo, se consiguen los resultados finales del deshidratador hipobárico térmicamente asistido y las observaciones correspondientes a cada uno de los puntos desarrollados:

- Sistema de succión y contención, considerando el **hermetismo y eficiencia**,
- **Esfuerzo físico** por parte del usuario,
- Estructura, principalmente en cuanto a decisión de **dimensiones y funcionalidad**,
- **Incorporación del complemento exotérmico** y el efecto que éste genera en la fruta dentro de un ambiente de vacío,
- **Diseño del compartimiento interior** donde es depositada la fruta y ubicación de material exotérmico previamente testeado,
- Eficiencia en la condensación de humedad, comprobando el **material absorbente y su disposición** incorporada en el compartimiento anterior, y
- El tratamiento previo de la fruta al utilizar la nueva **herramienta para su perforación** generada.



[Testeo #8]

[Imagen 62] Testeo #8. Aplicación de todos las áreas desarrolladas a modo de prototipo: bombín extractor de aire, cámara de vacío, malla interna, herramienta procesador previo de la fruta y bolsas de material exotérmico.

Para ello se lleva a cabo el **[Testeo #8 - Diseño y eficiencia del deshidratador alimenticio hipobárico térmicamente asistido]** integrando simultáneamente todos los puntos anteriormente desarrollados en el proyecto. Es decir, se incorporó 100 g de maqui previamente procesado (en la herramienta fabricada) dentro del deshidratador generado en el **[prototipo #4]**, en condiciones de vacío, y asistencia térmica interna generada por las bolsas activadas de acetato de sodio.

Dentro de la zona de secado, con presión de x atm y expuesto a 34°C - 35°C de temperatura.

Duración: 4 horas

Presión: -0.6 atm

Temperatura externa:

(*) Fruta procesada previamente:

Peso inicial: 100 g

Peso final: 34 g

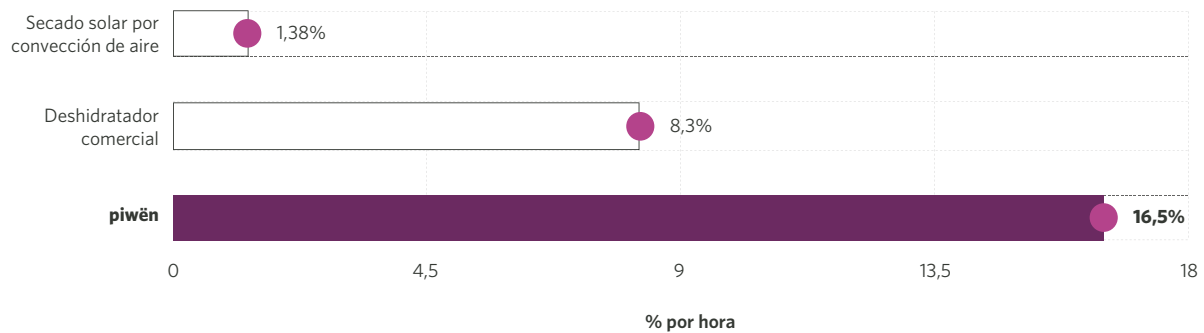
A partir de este experimento se detecta la deshidratación de una parte importante de la fruta, correspondiendo al **66% de su humedad en 4 horas**. Es decir, el dispositivo consigue un efecto de **16,5% de deshidratación cada 60 minutos**, requiriendo de 6 horas para conseguir la deshidratación completa de la fruta (99%).

De este modo, fue posible comprobar la efectividad de la serie de áreas tratadas durante el proyecto, haciendo énfasis en las iteraciones: tratamiento previo de la fruta y condensación de humedad dentro de un ambiente hermético. Por otro lado, los resultados positivos consecuencia del uso de un material exotérmico, lo convierte en un dispositivo completamente **auto-sustentable que no requiere uso de energías convencionales**.

Des este modo, se logra comprobar tanto la teoría de la **aceleración de deshidratación por disminución de presión y aumento de temperatura, siendo ésto posible a través de un mecanismo manual, a bajo costo, y bajo esfuerzo del usuario**.

[Figura 34] Gráfico comparativo entre resultado obtenido con el deshidratador propuesto y otros métodos de preservación.

% de deshidratación por hora de los distintos métodos de preservación



Conclusiones generales

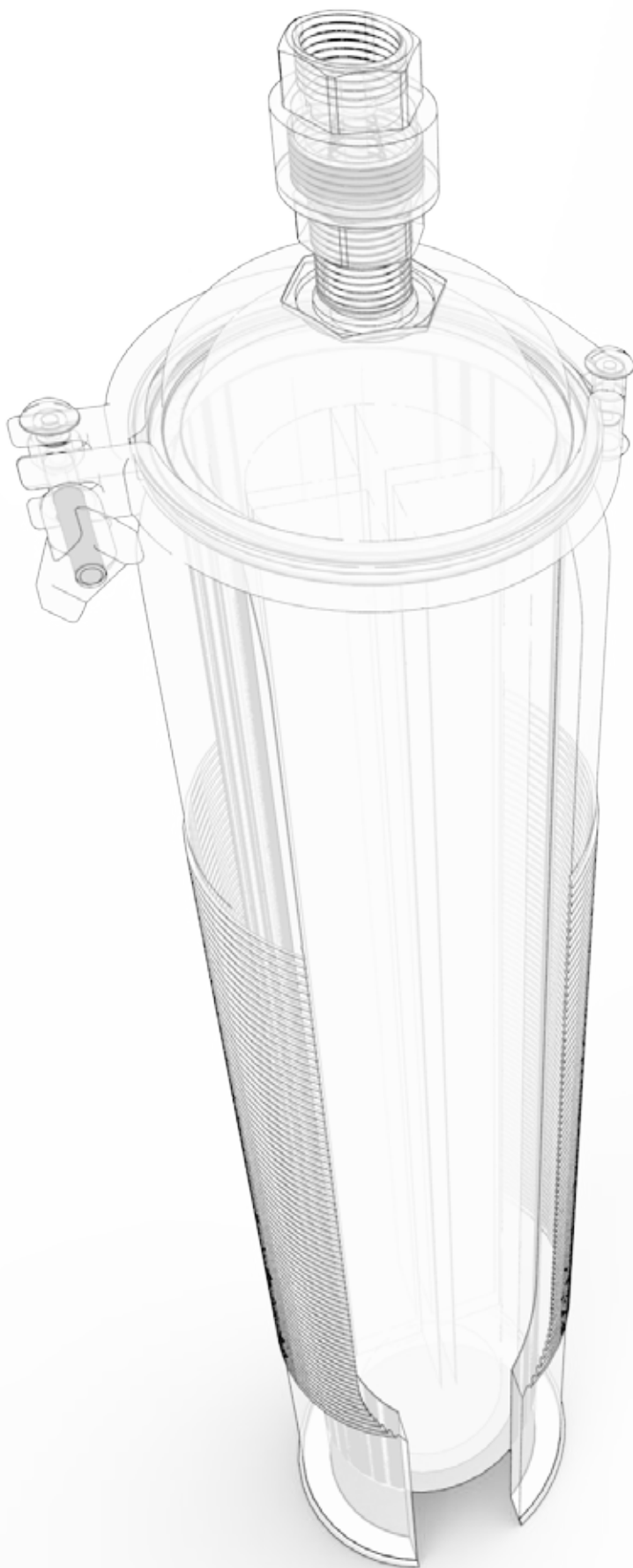
Logrando generar una diferencia de humedad al aplicar cambios de presión y temperatura, se logra evaporar el agua en un 66% en un rango de 4 horas (16,5% de deshidratación por hora). De este modo, se responde la pregunta de investigación planteada, siendo **factible generar una reducción de humedad en la fruta a partir de un deshidratador mecánico de baja presión con temperatura controlada autosustentable, a bajo costo económico y energético**; siempre y cuando éste cumpla con las condiciones de hermetismo correspondientes.

Generar una deshidratación considerable de la fruta a partir de cambios de presión ambientales y la aplicación de un calor sumamente controlado puede ser uno de los métodos más complejos, aún mayor cuando se desafía a evitar el uso de energía convencional y hacer de éste un dispositivo totalmente independiente. Sin embargo, puede ser considerado uno de los tratamientos más efectivos en la extracción de su humedad, al mantener las propiedades nutricionales al proteger los enlaces intracelulares del producto.

[Imagen 63] Resultado de 100 g de arándano deshidratado en el dispositivo durante el [Testeo 6].



[Imagen 64]
Render piwën



**Concepto
de diseño y
resolución
formal**

PREPARACIÓN PREVIA



Se recomienda la utilización de 28 g de papel absorbente (7 rollos de dos cuadrados prepicados y envolverlo en 3 cuadrados prepicados doblados por la mitad)



La fruta debe estar congelada previamente



PROCESO DE DESHIDRATACIÓN



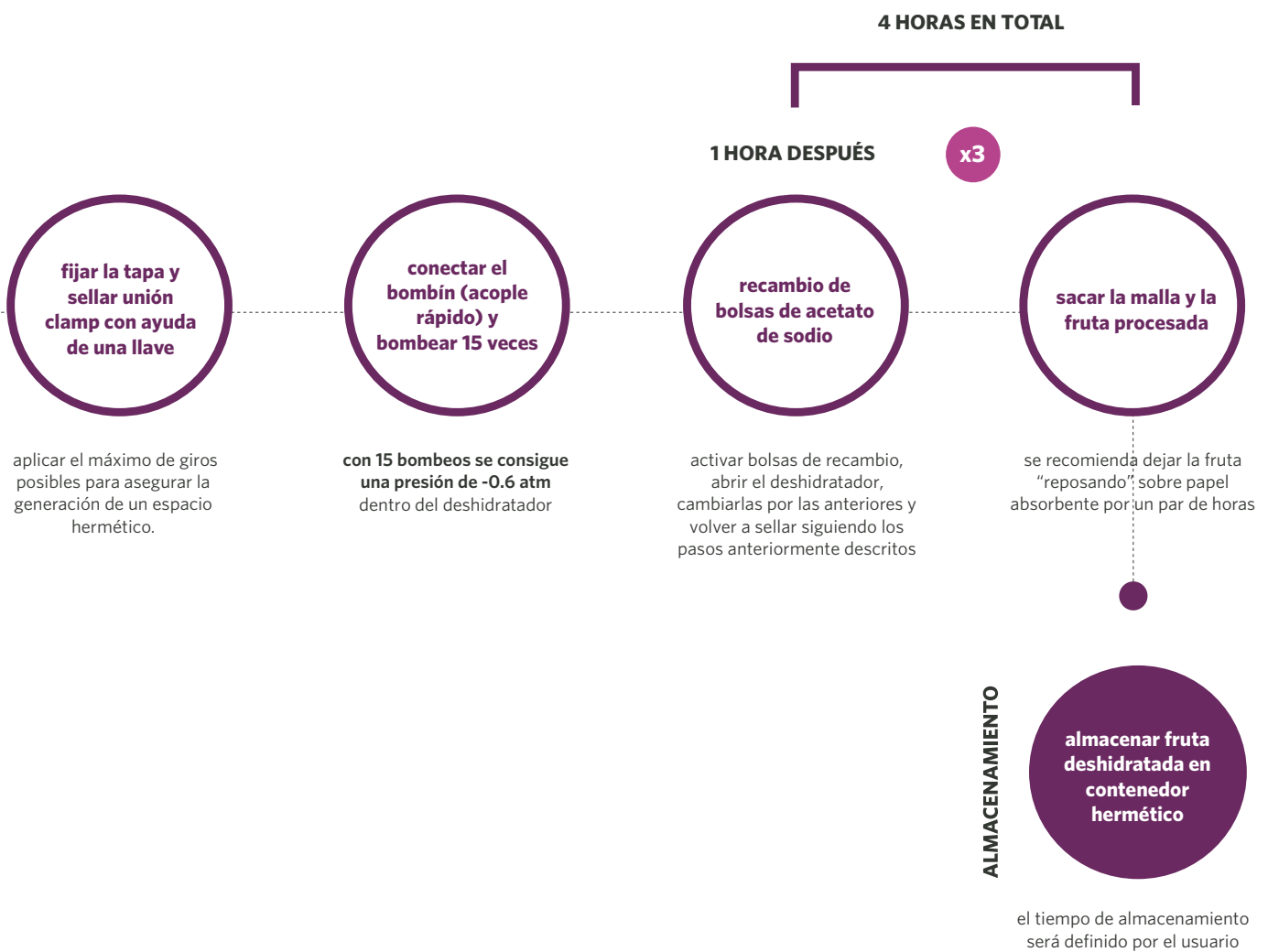
contenedor va cargado previamente con el papel absorbente, 500 g de fruta y las bolsas de material de acetato de sodio activadas.

Interacciones de uso

Una de las principales consideraciones en el diseño del dispositivo es que éste sea pueda ser utilizado sin la necesidad de un instructivo ni una capacitación extensa previa. Para ello, sus pasos deben ser lo suficientemente reducidos, simples e intuitivos.

Los pasos a seguir para un adecuado funcionamiento son:

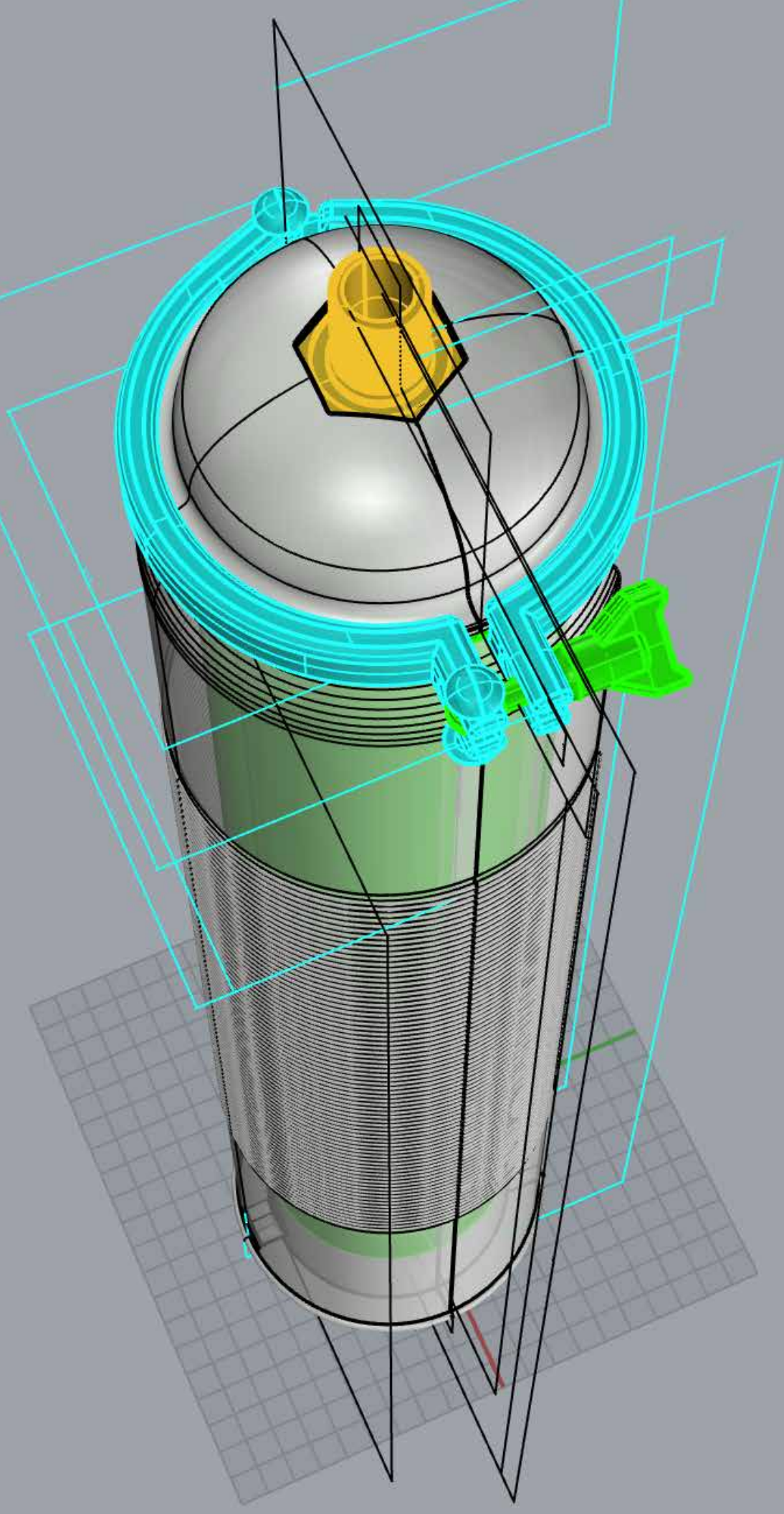
[Figura 35] Conjunto de diagramas dan cuenta de las etapas e interacciones necesarias para hacer uso del deshidratador.



Documentación de producción

[Imagen 65]

Diseño 3D del dispositivo,
Rhinoceros.



Materiales y fabricación

Al ser requerida cierta resistencia del dispositivo para mantener su geometría bajo condiciones de vacío, su fabricación es llevada a cabo por inyección en un polímero de alta densidad (HDPE). De este modo, serán adoptadas ciertas ventajas de dicho método, como lo es la capacidad de producción en serie, su alta resistencia al impacto, facilidad de procesamiento y reciclado, y su bajo costo.

Será requerido llevar a cabo el proceso básico de moldeo por inyección: la fundición del polímero y luego, su inyección en un molde de alta presión, donde el material es enfriado, solidificado y liberado al abrirse las dos mitades del molde; dando como resultado un producto plástico con una forma fija y predeterminada.

[Figura 36]
Vista explotada partes que componen dispositivo.

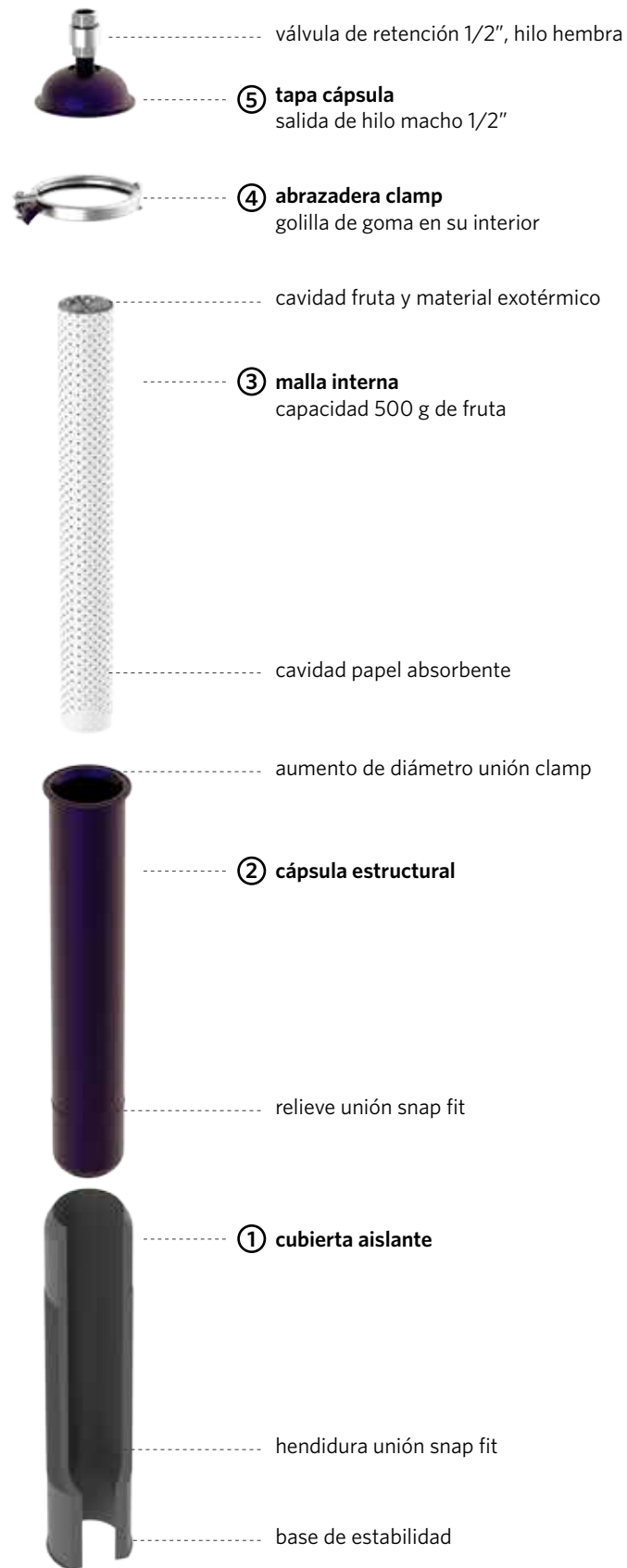
[1] es unido a [2] por el sistema de **snap fit** incorporado en su parte baja.

[2] y [5] son unidos mediante unión clamp [4]. Para ello fue diseñado un aumento en el diámetro en sus extremos libres, lo cual junto a uno golilla permite un cerrado hermético de forma sencilla.

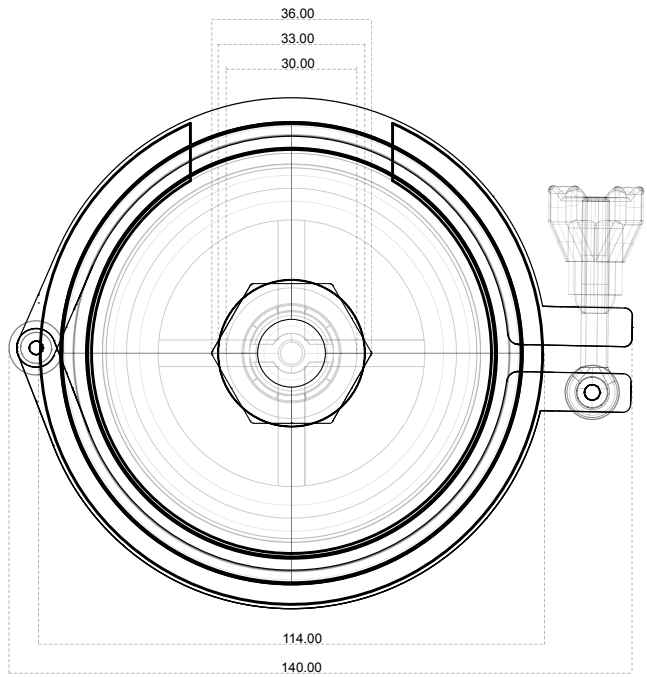
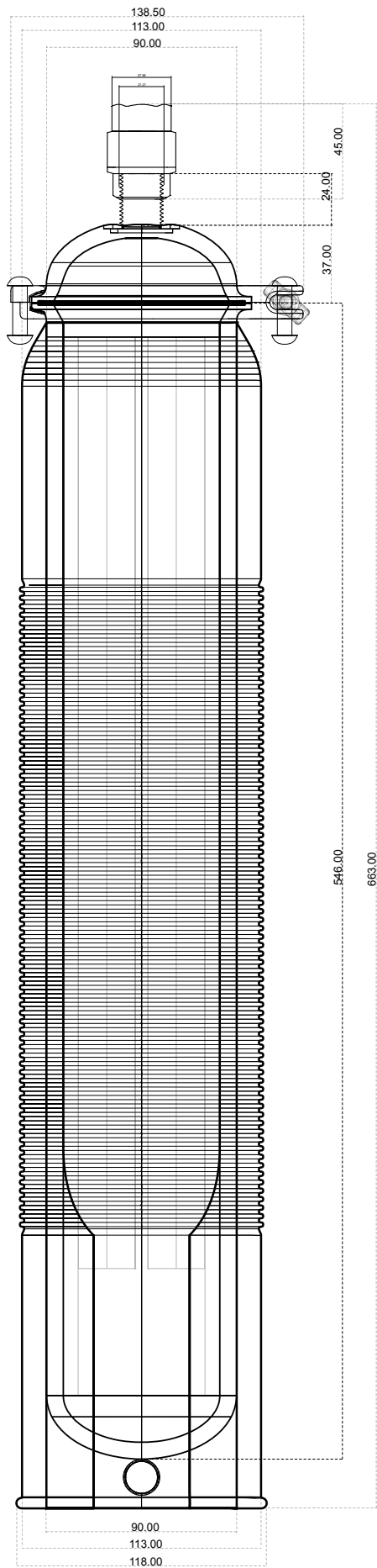
[3] es introducido en [2] una vez incorporado el material necesario.

Producción individual de cada una de sus partes para facilitar su eficiencia mecánica y su posible desarmado.

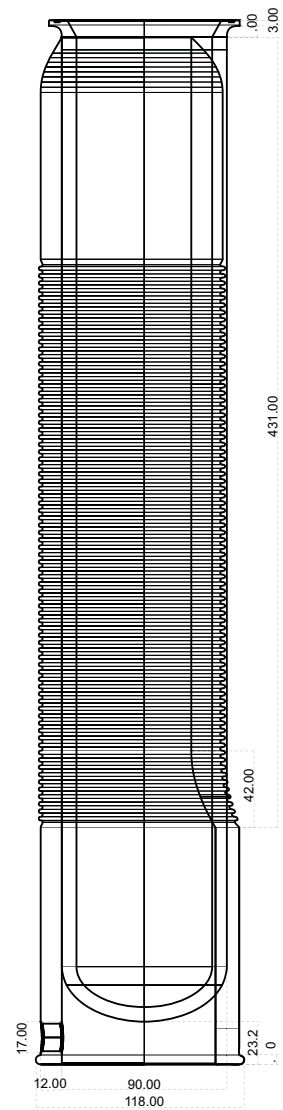
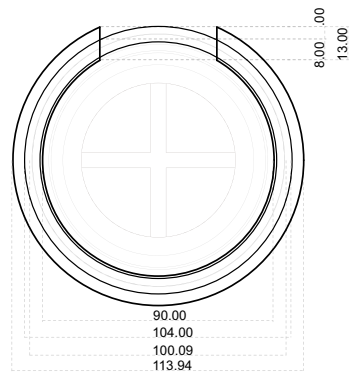
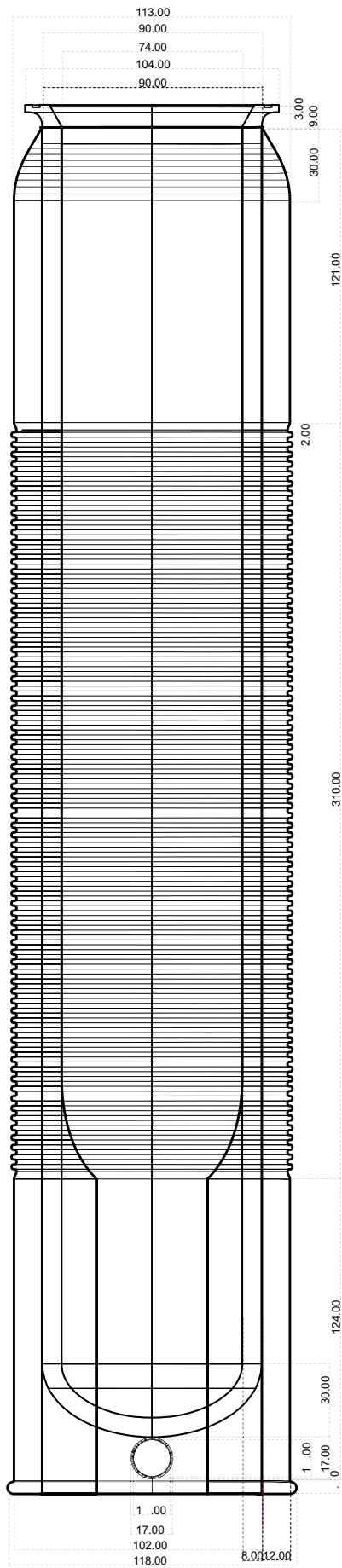




[Figura 37]
Partes en extrusión.



Nombre DESHIDRATADOR HIPOBÁRICO TERMICAMENTE ASISTIDO, PIWEN		
Número de dibujo P-1	Dibujado por Magdalena Álamos	Fecha 14/07/2018
Rhino file name Piwen_general	Observaciones Proyecto de título, Diseño UC	



Nombre
DESHIDRATADOR HIPOBÁRICO TERMICAMENTE ASISTIDO, PIWEN

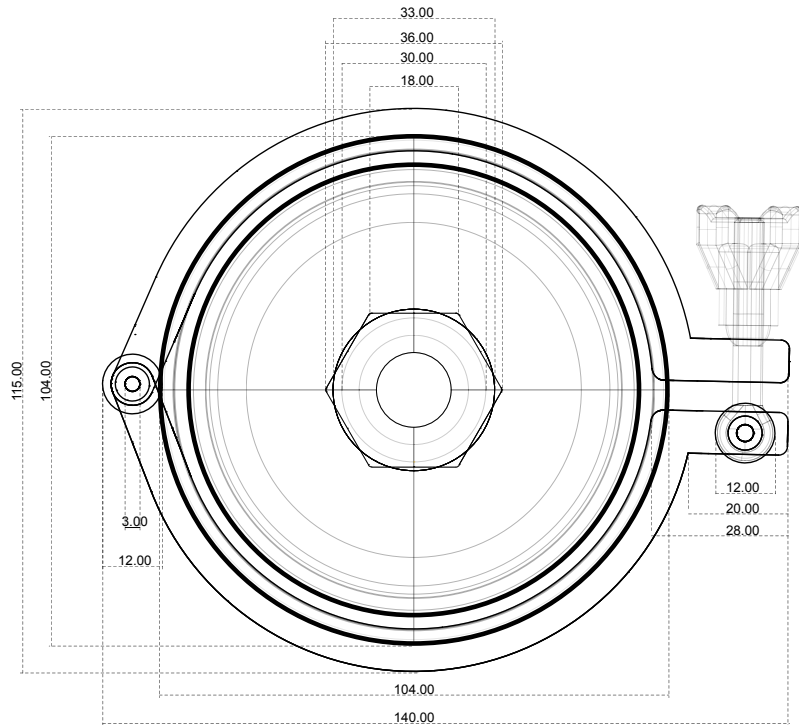
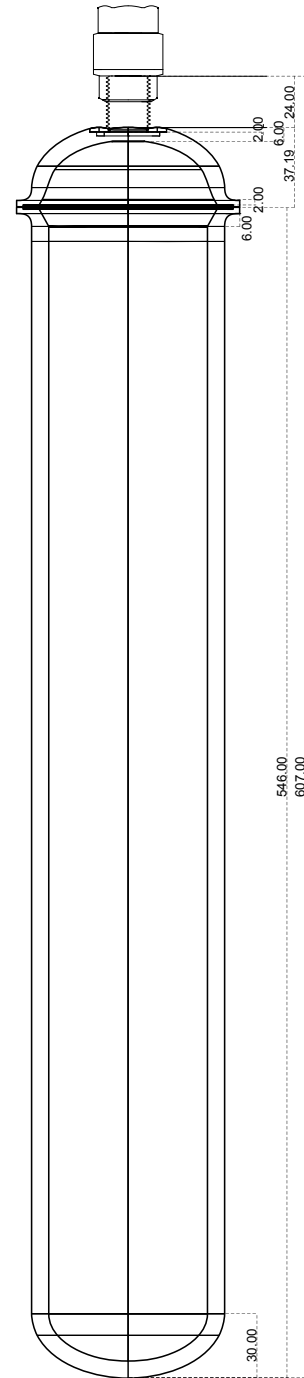
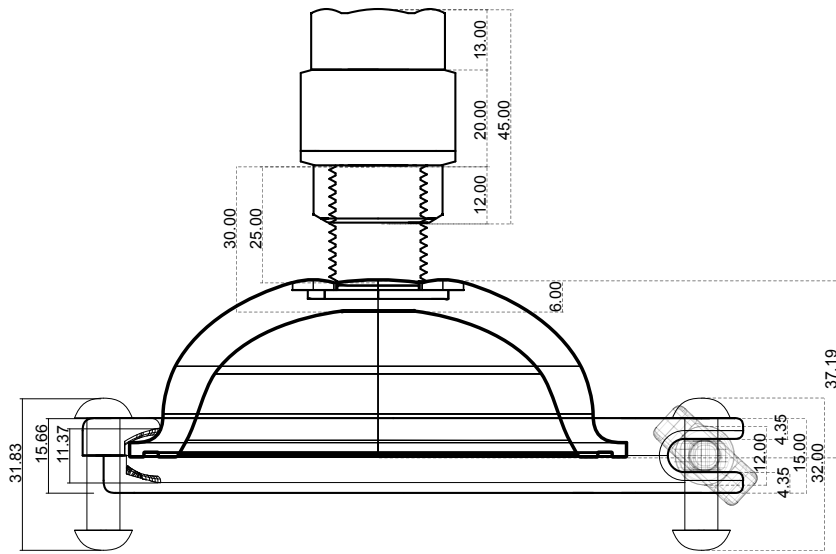
Número de dibujo
P-2

Dibujado por
Magdalena Álamos

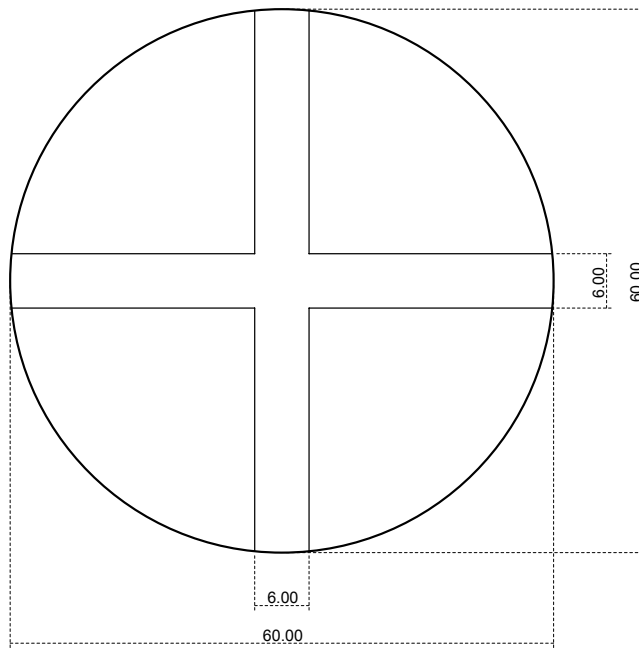
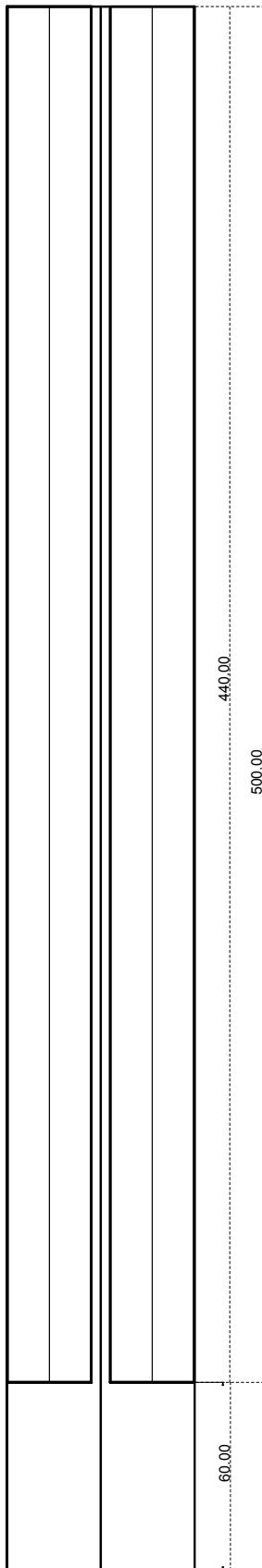
Fecha
14/07/2018

Rhino file name
Pwen_cápsula-cubierta

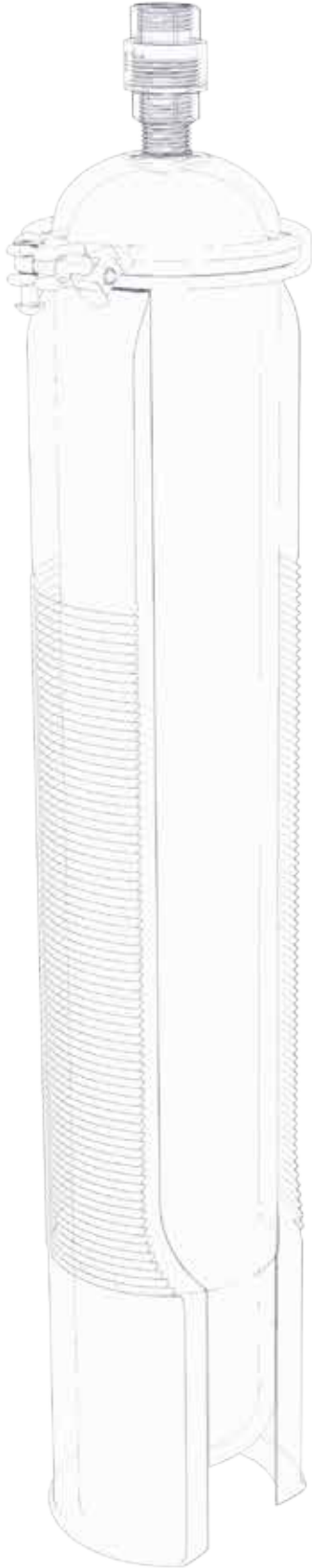
Observaciones
Proyecto de título, Diseño UC



Nombre DESHIDRATADOR HIPOBÁRICO TERMICAMENTE ASISTIDO, PIWEN		
Número de dibujo P-4	Dibujado por Magdalena Álamos	Fecha 14/07/2018
Rhino file name Piwen_tapa cápsula	Observaciones Proyecto de título, Diseño UC	



Nombre DESHIDRATADOR HIPOBÁRICO TERMICAMENTE ASISTIDO, PIWEN		
Número de dibujo P-3	Dibujado por Magdalena Álamos	Fecha 14/07/2018
Rhino file name Piwen_compartimiento int	Observaciones Proyecto de título, Diseño UC	



Estimación de costos por unidad

Dentro de los requisitos que debía cumplir el diseño del deshidratador es que éste tenga un **bajo costo de producción**. En esto debe estar considerada la fácil y accesible mantención de sus partes, dando la posibilidad a los usuarios a adaptarlas según sus necesidades y arreglarlas de forma independiente.

Siendo un instrumento de trabajo idealmente distribuido en comunidades rurales, y compitiendo con otras opciones de deshidratación, el deshidratador debe ser más accesible que los otros productos con los que compete en el mercado.

Su fabricación e instalación como producto terminado tiene un costo unitario aproximado de US\$ 5 (+IVA) sin incluir el cierre clamp. Este último tiene un costo de US\$7 por 100 piezas aproximadamente; logrando las expectativas esperadas por las necesidades y poder adquisitivo del destinatario.

[Imagen 66]
Render piwën

[Imagen 67] Maqui en temporada de cosecha
Registro personal, 2017.

proyecciones



[Imagen 68] Desperdicio de hoja de maqui por métodos de cosecha actual y falta de preservación de ella. Registro personal, 2017.

proyecciones

Extrapolación: aplicación de deshidratador en berries nativas y hojas de maqui

Al encontrarnos en un escenario donde el desarrollo de productos en base a especies nativas es detectado como una oportunidad de desarrollo para el sector productivo nacional, y consiguiendo una mejor conservación de las propiedades antioxidantes y nutritivas del maqui de una forma eficiente -reducción de tiempo y costos-; se propone la implementación del dispositivo para la preservación adecuada de berries nativas, y su potencial aplicación para la deshidratación de hojas de Aristotelia Chilensis.

La temporada de cosecha de los berries comienza en el mes de octubre y termina en el mes de mayo, dependiendo de cada fruta y su variedad (Ser Agro, 2010). Los períodos correspondientes a cada una de ellas -maqui, murtilla, calafate, entre otros- es corto y limitado. En este sentido, se plantea **contrarrestar la estacionalidad de dichas bayas nativas; no discriminando el uso del dispositivo para distintas frutas y hortalizas de tamaño reducido según preferencia durante todo el año.**

Considerando del mismo modo las características benéficas de la hoja del maqui, se propone el uso del dispositivo para conservar sus propiedades del mismo modo en que se emplea la fruta. De este modo, se permitirá un mayor uso y la comercialización del producto.



Plan de implementación

Al encontrarnos desarrollando un proyecto para ser implementado en comunidades rurales, con bajo poder de desarrollo y adquisición, se debe tener en cuenta la metodología de implementación para hacer de éste un proyecto viable.

Entre los años 2003 y 2013 se asignaron un total de 14431 proyectos vinculados a la producción, procesamiento y agregación de valor de berries; demostrando el interés por parte de las distintas instituciones al desarrollo de proyecto en el sector. Los proyectos de investigación, desarrollo e innovación apoyados por fondos públicos fueron cofinanciados en un 42% por CONICYT, 38% por CORFO y 15% por FIA (RCONSULTING, 2013).

Con la misión de fomentar una cultura de innovación en el sector agrario, agroalimentario y forestal, la **Fundación para la Innovación Agraria (FIA)** puede ser una institución de gran pertinencia. Su misión es promover y articular las iniciativas de innovación que contribuyan a mejorar la competitividad de una agricultura más inclusiva y sustentable a nivel nacional, y por ende, las condiciones de vida de los agricultores.

Actualmente, el proyecto se encuentra en estado de postulación, junto a otros académicos UC, a un **Fondo CORFO Línea 2: Validación de la Innovación Social**.

Bajo el nombre de “Dispositivo de secado hipobárico, energéticamente autosustentable, para la preservación y desarrollo de productos alimenticios sostenibles en región de Araucanía: Implementación y validación de modelo de emprendimientos basados en productos deshidratados por dispositivo de secado hipobárico y plataforma de comercialización online”, se busca un co-financiamiento para permitir la implementación del proyecto; respondiendo al objetivo de resolver un problema social y/o medioambiental de manera sustentable que se exige.

Se espera que a través de esto se pueda dar inicio a un proyecto de mayor escala, utilizando del deshidratador como una herramienta de desarrollo de nuevas posibilidades de conservación y producción en base al aprovechamiento de su entorno local; involucrando activamente y beneficiando a los integrantes de comunidades rurales.



[Imagen 69]
Cultivo de maqui experimental.
Registro personal, 2017.

“Que tu alimento sea tu medicina, y que tu medicina sea tu alimento”

Hipócrates

La industria de los alimentos está experimentando una vuelta a sus orígenes. Hace más de dos mil años, fue Hipócrates quien promovía el consumo de productos naturales para nuestro bienestar a través de su frase: “Que tu alimento sea tu medicina, y que tu medicina sea tu alimento”. No es casualidad que muchas tribus indígenas, y posteriormente comunidades rurales, hagan uso de distintas plantas y frutos como método de sanación o prevención de enfermedades.

Actualmente, los consumidores están cada vez más conscientes de su auto cuidado y buscan en el mercado aquellos productos que contribuyan a su salud y bienestar. Existe un retorno progresivo a sus antepasados en cuanto a intereses y prácticas alimentarias, demandando productos que sean nutritivos y que además, ofrezcan beneficios fisiológicos para la salud; dibujando un **horizonte de oportunidades para quienes los manejan.**

No es una novedad que el mercado del maqui está en alza, por ende, no podemos pasar por alto que su proceso productivo no se realiza de manera eficiente ni sustentable. Considerando que en el corto plazo se podría producir un problema de productividad, y como consecuencia, de alguna manera, acabarse esta suerte de “boom del maqui”; se deben tomar medidas necesarias tanto para el cuidado de la planta, la eficiencia de su cosecha y el aprovechamiento de su fruto.

Cumpliendo la premisa de la explotación poco sustentable de la especie, es necesario trabajar en cuenta a su cosecha; con el objetivo de generar una valoración y cuidado de ésta y su fruto. Por otro lado, debemos ser capaces de **valorar los innumerables recursos que nos son brindados por la naturaleza, y de este modo, acortar la brecha entre recolección y consumo, evitando las pérdidas o mal uso de sus infinitas propiedades.**

Debemos aprender a detectar estos problemas a tiempo, interesarnos en generar cambios, y tener en cuenta que grandes problemas pueden ser solucionados a través de pequeños diseños; generando cambios tanto a nivel de personas como comunidades, aportando en el desarrollo de un mejor escenario de producción y valoración de su entorno.

referencias

Libros, revistas, tesis e investigaciones

Admin. (2016). *El maqui se consolida como cultivo*. 20 mayo 2018, de Isofrut Sitio web: <http://isofrut.icc-crisis.com/?p=610>

Aguilera, M. y Valdebenito, G. (2013). *Información tecnológica de productos forestales no madereros en el bosque nativo en Chile - Antecedentes silvícolas Aristotelia Chilensis (Mol.) Stuntz*. CONAF-INFOR.

Alonso, J. (2015). *MAQUI (Aristotelia chilensis): Un nutraceutico chileno de relevancia medicinal*. Sociedad de Farmacología de Chile.

Alvear, L. (2012). *El maqui avanza para convertirse en cultivo*. Revista del campo, 14 y 15.

Alvear, L. (2016). *El maqui se consolida como cultivo*. Revista del campo.

Benedetti, S. (2012). *Información tecnológica de productos forestales no madereros en el bosque nativo en Chile - Monografía de MAQUI Aristotelia chilensis (Mol.) Stuntz*. CONAF-INFOR.

Benedetti, S., Molina, J., Pavez, C. y Valdebenito, G. (2015). *Modelo de negocios sustentables de recolección, procesamiento y comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile*. Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Cattan, M. (2007). *Equipamiento para la recolección de rosa mosqueta silvestre*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Estudio sobre nuevos procesos industriales que permitan ampliar las alternativas de uso para los berries en Chile. (2013). (Informe final). ODEPA, Ministerio de Agricultura de Chile.

Genskowsky, E. (2015). *Caracterización de liofilizado de maqui (Aristotelia chilensis (Molina) Stutz) y su incorporación a una matriz alimentaria tipo película comestible*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Herrera, G. (2016). *Maqui: el tímido "súper fruto" chileno de exportación en Maule*. Nos Magazine, 39, 30-34. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2017). *Preparación de expedientes técnicos*

para la presentación y solicitud de autorización de alimentos nuevos o tradicionales de terceros países para exportar a la Unión Europea. Santiago de Chile.

Oliveros, C., Ramírez, C., Buenaventura-Aranzazu, J. y Sanz-Urbe, J. (2005). *Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual del café*. Cenicafé.

Perspectivas para los berries en el mercado internacional (2013). (Reporte 1). Agrimundo, ODEPA.

PRODAO. (s.f). *"Alternativas de Aplicación del Proceso de Liofilización en Frutas y Hortalizas compatible con la Normativa Orgánica"*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina.

RCONSULTING S.A.. (2013). *Estudios sobre nuevos procesos industriales que permiten ampliar las alternativas de uso para los berries en Chile*. Santiago de Chile: Agrimundo.

Samarotto, M. (2016). *Chile saludable, oportunidades y desafíos de innovación*. (Volumen 3). Área alimentos y Biotecnología de Fundación Chile. Fundación Chile y Gkf Adimark.

Torres, V. (2007). *Evaluación de las actividades analgésicas, antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas de las hojas de Aristotelia Chilensis y de sus potenciales efectos tóxicos*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Medios audiovisuales

Mas Maqui Súper Fruta. (18 febrero 2016). *Video +Maqui 2016*. [archivo de video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vV301dKrMBA>

Mas Maqui Súper Fruta. (4 marzo 2016). *Maqui 2016*. [archivo de video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=WN-Zp6E14xc>

MEGA Oficial. (28 abril 2016). *Maqui, el poderoso antioxidante que previene la resistencia a la insulina - Súper Alimentos* [archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=mXe4Xcyu_zA

Wild Chile. [Chilevisión]. (17 octubre 2017). *Chile es mar*. [archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=WyKT-bAo_5IO&feature=youtu.be&t=6m49s

Fuentes orales

Seminarios

Espinoza, C., Fernandez, M., Fischer, S. y Peña, K. (Octubre 2017). *Evaluación de métodos silvícolas para la producción de frutos de maqui, en algunas zonas ubicadas en las regiones de O'Higgins y del Maule*. Documento presentado en seminario de cierre del Proyecto Evaluación de Métodos Silvícolas para la producción de Maqui. Santiago, Chile.

Entrevistas

A. Hernández (comunicación personal, 10 de abril, 2018).

D. Saieg (comunicación personal, 24 de octubre, 2017). A. Boetsch (comunicación personal, 19 de Junio, 2018)

E. Kumikir (comunicación personal, 6 de octubre, 2017).

M. Manriquez (comunicación personal, 24 de Marzo, 2018).

M. Tapia (comunicación personal, 10 de noviembre, 2017).

Web

Alvear, L. (2016). *El maqui se consolida como cultivo*. 6 noviembre 2017, de El Mercurio Sitio web: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=277885>

Araucanía Noticias. (2017). *Recolectores de Curarrehue apuestan por la asociatividad para la producción de alimentos saludables*. 2 mayo 2018, de Araucanía Noticias Sitio web: <https://www.araucanianoticias.cl/2017/recolectores-de-curarrehue-apuestan-por-la-asociatividad-para-la-produccion-de-alimentos-saludables/0320109799>

Berries of Chile. (2010). n/a.. 19 de Mayo del 2018, de Ser Agro Sitio web: <http://seragro.cl/?a=1343>

- Campagnola Ibérica de Suministros Agrícolas, S.L. (s.f). *Vareadores y vibradores manuales*. Recuperado de <https://www.in-terempresas.net/Vitivinicola/FeriaVirtual/Producto-Cabezal-cosechador-de-aceitunas-Campagnola-Elektra-40917.html>
- Cocina Solar. (2017). *Deshidratador solar y secado solar de alimentos*. 12 Junio 2018, de Cocina con el Sol Sitio web: <https://gastro-nomiasolar.com/deshidratador-solar-secado-alimentos/>
- Cruz, B. & Smith, P.. (2011). *Comercio de frutas y hortalizas procesadas*. 20 abril 2018, de ODEPA Sitio web: <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/4187.pdf>
- Díaz, R. (2012). *Acetato de Sodio: Fórmula, Preparación, Propiedades, Riesgos y Usos*. 11 de Junio del 2018, de Lifeder Sitio web: <https://www.lifeder.com/acetato-de-sodio/>
- El boom de los berries chilenos. (2010). n/a. 1 Junio 2018, de This Is Chile Sitio web: <https://www.thisischile.cl/el-boom-de-los-berries-chilenos/>
- Espinoza, J.. (2011). *Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila*. 2 mayo 2018, de Universidad de Chile Sitio web: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-espinoza_jl/pdfAmont/qf-espinoza_jl.pdf
- Ezidri. (2018). *Cómo deshidratar alimentos*. 15 mayo 2018, de Ezidri Sitio web: <http://www.deshidratadordealimentos.cl/como-deshidratar-alimentos/>
- Facchinetti, D.. (2014). *"Assisted" olive harvesting*. 4 octubre 2017, de Mondo Macchina Sitio web: <https://www.mondomacchina.it/en/assisted-olive-harvesting-c739>
- FIA. (s.f). *¿Quiénes somos?*. 16 noviembre 2017, de FIA Sitio web: <http://www.fia.cl/sobre-fia/quienes-somos/>
- Fundación Chile. (2015). *Chile potencia de antioxidantes*. Recuperado de <https://fch.cl/chile-potencia-de-antioxidantes/>
- Garcés, M. (2012). *Situación actual de la cosecha mecanizada de arándanos en Chile*. Recuperado de <http://www.asoex.cl/seminario-arandanos-mayo-2012/finish/29-seminario-arandanos-ma-yo/207-situacion-actual-de-la-cosecha-mecanizada-de-arandanos-para-procesados-en-chile.html>
- Guerrero, M. (2016). *Bioaccesibilidad de Antocianinas, Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante en Maqui (Aristotelia chilensis [Mol] Stuntz), Secado por Convección y Liofilización*. 15 Mayo 2018, de Universidad Austral de Chile Sitio web: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/fag934b/doc/fag934b.pdf>
- Guía del usuario. *Olivion P230 T220-300*. (s.f). Recuperado de <http://pellenc.com/agri/products/peine-vibrador-olivion/?lang=es>
- Maqui y sus beneficios. (s.f). 25 octubre 2017, de Natural Maqui Sitio web: <http://www.naturalmaqui.cl/es/maqui-y-sus-beneficios/>
- Milvaques, A. (2015). *Diseño higiénico en la industria alimentaria*. 2 Junio 2018, de SEGURIDAD E HIGIENE ALIMENTARIA Sitio web: <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>
- Pellenc SA. (s.f). *Herramienta para cosechar aceitunas*. Recuperado de <http://pellenc.com/agri/products/peine-vibrador-olivion/?lang=es>
- Pino, V.. (2017). *Productores de maqui de Aysén afinan conocimientos con gira tecnológica*. 12 noviembre 2017, de INDAP Sitio web: <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2017/07/10/productores-de-maqui-de-ays%C3%A9n-afinan-conocimientos-con-gira-tecnol%C3%B3gica-por-santiago-y-el-maule>
- PLADECO. (2018). *(Actualización plan de desarrollo comunal, Curarrehue 2018-2022)*. 31 De Mayo del 2018, de Municipalidad de Curarrehue Sitio web: <http://www.curarrehue.cl/pladeco.pdf>
- Prensa FIA. (2017). *Recolectores de Curarrehue elaborarán barra energética de frutos nativos con apoyo de FIA*. 20 de Mayo del 2018, de INDAP Sitio web: <http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2017/03/27/recolectores-de-curarrehue-elaborar%C3%A1n-barra-energ%C3%A9tica-de-frutos-nativos-con-el-apoyode-fia>
- Quintanilla, P., Vía Orgánica, AC. (2016). *Alimentos Deshidratados al Sol*. 24 mayo 2018, de Vía Orgánica Sitio web: <https://viaorganica.org/alimentos-deshidratados-al-sol/>
- Redagícola. (2017). *Maqui camino a su consagración como súper fruta*. 23 septiembre 2017, de Redagícola Sitio web: <http://www.redagricola.com/maqui-camino-consagracion-super-fruta/>
- Revista de Campo. (2012). *Berries: Liofilización y deshidratación osmótica*. 25 mayo 2018, de Agro Meat Sitio web: <http://www.agromeat.com/90836/berries-liofilizacion-y-deshidratacion-osmotica>
- Sector Alimentos. 30 Abril 2018, de Chile Transforma Sitio web: <http://www.chiletransforma.cl/sector-alimentos/>
- Torti, F. (2017). *Avances en cosecha mecanizada de Maqui cultivado*. Recuperado de http://organizamoseventosagricolas.cl/wp-content/uploads/2017/10/Felipe-Torti_SURFRUT_Chile.pdf
- Transforma. (s.f). *Sector alimento*. 13 octubre 2017, de Transforma Sitio web: <http://www.chiletransforma.cl/sector-alimentos/>
- Universidad de Talca . (2014). *Crean una nueva especie de maqui para producción comercial*. 10 mayo 2018, de Universidad de Talca (Chile) Sitio web: <http://www.utalca.cl/link.cgi//SalaPrensa/Investigacion/8327>
- Vicedecanato de Actividades Científicas, Culturales y de Prácticas Externas. *Secado por liofilización*. 5 mayo 2018, de Universidad de Granada Sitio web: <http://fciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/SecadoPorLiofilizacion.pdf>
- Vogel, H. (2015). *El desafío de domesticar un berry silvestre*. Recuperado de: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/descargas/ferias-eventos/SEMINARIO-BERRIES/berries/Hermine%20Vogel>
- Vogel, H. (2015). *El desafío de una Producción Sustentable de Frutos de Maqui (Aristotelia chilensis), avances en la investigación y domesticación*. Recuperado de <http://www.inia.cl/recursosgeneticos/presentaciones/9.pdf>

anexos

Propiedades Polietileno de alta densidad (HDPE)

Propiedades físicas

Absorción de agua - en 24 horas (%)	<0,01
Densidad (g/cm ³)	0,95
Índice de oxígeno límite (%)	17
Índice refractivo	1,54
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia a los Ultra-violetas	Mala

Propiedades mecánicas

Coefficiente de fricción	0,29
Dureza-Rockwell	D60-73 - Shore
Módulo de tracción (GPa)	0,5 - 1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a la tracción (MPa)	15-40
Resistencia al impacto Izod (J m ⁻¹)	20-210

Propiedades térmicas

Calor específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	1900
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	100-200
Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,45-0,52
Temperatura de Deflección en Caliente - 0.45MPa (C)	75
Temperatura de Deflección en Caliente - 1.8MPa (C)	46
Temperatura Máxima de Utilización (C)	55-120

Resistencia química

Ácidos -concentrados	Buena-Aceptable
Ácidos - diluidos	Buena
Alcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y aceites	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable

Propiedades Polietileno de alta densidad (HDPE)

Propiedades para Polietileno - Alta Densidad Película

Property		Value
Permeabilidad al Agua @25C	x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹	10
Permeabilidad al Agua @38C	x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹	40
Permeabilidad al Dióxido de Carbono @25C	x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹	0,3/2
Permeabilidad al Hidrógeno @25C	x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹	2
Permeabilidad al Nitrógeno @25C	x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹	0,1
Permeabilidad al Oxígeno @25C		0,3

Propiedades para Polietileno - Alta Densidad Tubo

Property		Value
Material		Tubo orientado biaxialmente
Módulo de tracción - Longitudinal	GPa	1-1,2
Módulo de tracción - Transversal	GPa	0,8 - hoop
Resistencia a la tracción - Longitudinal	MPa	70-100
Resistencia a la tracción - Transversal	MPa	35-40 - hoop
Resistencia al impacto relativo		2-3

[Anexo 1]

Portada. Imagen: Maqui en temporada de cosecha.
Registro personal, 2017.

[Anexo 2]

Propiedades del material a utilizar: HDPE

Agradecimientos

A todos los que aportaron de alguna u otra forma en este proyecto. Jano, por la incondicionalidad, ayuda hasta en los más mínimos detalles, los mejores consejos durante este proceso y la confianza de siempre poder contar contigo. Familia, por la paciencia y el apoyo. Mamá y Ani por aguantarme (y a mi desorden) durante todo este año. Papá, por cada uno de los consejos, ideas y soldadas. Y a todos los que me ayudaron a concentrarme y focalizarme en las cosas que realmente eran importantes y no tratar de controlarlo todo (S).