

## INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN

Nombre del proyecto	Sprouting life
Código del proyecto	PYT- 2016 - 0494
Nº de informe	1
Período informado	01/12/2016 hasta el 31/10/2018
Fecha de entrega	21/11/2018



## I. RESUMEN EJECUTIVO

Para lograr los objetivos planteados, se diseñó e implementó un tambor rotatorio a nivel escala de laboratorio con el fin de evaluar los requerimientos en mecanismos, obtener rendimientos del producto y principalmente visualizar el efecto del cobre ante microorganismos patógenos que pueden desarrollarse durante la etapa de germinación del producto propuesto.

La evaluación de los efectos del cobre sobre el crecimiento de microorganismos patógenos se ejecutó realizando pruebas de germinación a nivel de laboratorio con semillas de alfalfa inoculadas con *Echerichia coli*, una vez finalizado el periodo de germinación se tomó muestras del producto germinado y se realizaron ensayos microbiológicos para determinar presencia del microorganismo inoculado. De igual forma, se evaluó la migración de cobre en producto germinado y al agua de irrigación

Ante esto, obtuvimos que la implementación de la lámina de cobre al interior del tambor rotatorio tuvo los efectos esperados en cuando a la inhibición del crecimiento de microorganismos, logrando así un producto inocuo para el consumo humano, cabe destacar que la frecuencia y tiempo de irrigación del sistema es un factor muy importante.

Obtenidos estos resultados a nivel de laboratorio, se diseñó y construyó un tambor de germinación rotatorio a nivel industrial con una capacidad máxima de producción de 200 kg., y con los sistemas de agua, eléctrico, mecánicos y automatización, establecidos en unos contenedores dispuestos según el diseño de planta planteado para la iniciativa.

## II. TEXTO PRINCIPAL

### 1. PROPUESTA DEL PROYECTO

Sprouting life busca aportar a las nuevas tendencias de hábitos alimenticios, en donde los consumidores requieren de alimentos de preparación rápida y fácil, pero que cumpla con las condiciones de ser inocuo y con un buen aporte nutritivo.

Apuntando a lo anterior, se busca aumentar el consumo de semillas germinadas en forma fresca, pero con la seguridad de entregar un producto inofensivo para el consumidor y sin alterar sus propiedades nutricionales ni organolépticas que los enmarca como un “alimento saludable”.

Considerando los antecedentes que señalan a la semilla de alfalfa (*Medicago sativa*) como el vehículo principal para la transmisión de bacterias patógenas al producto germinado. Se buscó la forma de apalar la presencia de estos microorganismos, tanto en la semilla como en el producto germinado, a través de la incorporación una lámina de cobre como parte de la superficie del equipamiento del proceso de germinación, el cual es conocido por su actividad antimicrobiana y que cumplirá con la función de actuar como elemento sanitizante por contacto.

Para validar nuestro planteamiento, la metodología utilizada en este proyecto se basó en la recopilación de diferentes papers, materia teórica, consultas y/o asesorías a profesionales expertos en cada área; como por ejemplo: área de diseño, automatización, microbiológica y comercial; que posteriormente llevó a tomar la decisión de cómo abordar el proyecto a nivel piloto para finalmente escalar a un diseño industrial, siendo este último un modelo comercial y funcional para germinación de este tipo de semillas de bajo diámetro.

Como justificación al diseño propuesto, un tambor rotatorio evita la compactación o aglomeración de la cama de semilla, favoreciendo la aireación de esta y obteniendo así un mayor porcentaje de germinación, lo que conlleva a una disminución de semillas en descomposición.

En primera instancia se diseñó y construyó un equipo de germinación a nivel de laboratorio con el fin de evaluar los mecanismos necesarios para su funcionamiento y obtener los primeros indicios de cómo actúa la implementación de la lámina de cobre ante la presencia de microorganismos patógenos en el producto germinado.

Los resultados obtenidos, evidencian que la implementación de la lámina de cobre al interior del tambor de germinación entregó los resultados esperados, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en el producto germinado, logrando un producto con las características deseadas.

En base a los resultados obtenidos con el germinador rotatorio de laboratorio se diseñó y construyó el equipo germinador a nivel industrial, el que consta de un tambor rotatorio con una lámina de cobre en su interior y acondicionado con un sistema mecánico que permite la rotación del tambor, sistema de climatización que permite controlar y mantener constante la temperatura de germinación, un sistema de automatización que permite el control y monitoreo del proceso de germinación y un sistema de aspersión de agua con una frecuencia determinada, todo esto instalado al interior de un contenedor.

Entre los impactos esperados, destacamos que la elaboración de este súper alimento es de bajo costo, el uso de contenedores como material industrial reciclado para la construcción de la planta productiva, el valor comercial del producto final es estable durante todo el año, ya que no interfieren las condiciones climáticas en el proceso productivo.

## 2. CUMPLIMIENTOS DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

### OBJETIVO GENERAL

*Vender semillas germinadas garantizando su inocuidad durante la producción, mediante la implementación de láminas de cobre como elemento sanitizante en el interior de un equipo germinador rotatorio.*

El proyecto se concretó hasta la construcción del equipo germinador rotatorio, y a través de las pruebas de laboratorio y análisis microbiológicos se logró validar que la implementación de la lámina de cobre en el interior del equipo como elemento sanitizante es efectivo, logrando eliminar la carga microbiana inicial, disminuyendo los riesgos de proliferación de agentes patógenos y a su vez establecer una mayor vida útil del producto terminado.

No se han generado venta del producto obtenido por falta de recursos para la puesta en marcha de la producción, porque falta la documentación requerida para la comercialización del producto terminado. Trabajo que se está ejecutando actualmente y se espera terminar en Enero 2019.

## OJETIVOS ESPECIFICOS

- *Construir un tambor rotatorio germinador con cobre a escala industrial*

El tambor rotatorio germinador con cobre industrial fue construido en base a los antecedentes obtenidos del diseño de mini tambores rotatorios a nivel de laboratorio y considerando la disponibilidades de materiales en el mercado, el que a través de pruebas de germinación nos permitió establecer condiciones de humedad, luminosidad y temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo del producto, así como también la optimización de los sistemas eléctricos, mecánicos, climáticos y de irrigación de agua.

El equipo industrial consta de un tambor de agua, dispuesto de forma horizontal con cinco compartimentos donde se debe incorporar las semillas previamente hidratadas y sanitizadas, un sistema de agua que permite la hidratación de la semilla durante el proceso de germinación con una frecuencia de riego de 20 minutos cada 2 horas de funcionamiento, un sistema mecánico que permite el giro constante del germinador a una velocidad  $\leq 1$  r.p.m., un sistema eléctrico constituido por un interruptor diferencial que permite el funcionamiento eléctrico del equipo, y un sistema de control y monitoreo de las condiciones de funcionamiento del equipo.

- *Validación de productos con pruebas de laboratorio*

La validación del producto se concretó mediante análisis microbiológico realizado en las dependencias del Laboratorio de Microbiología y Micología de la Universidad de Concepción, y análisis químico realizado por el Laboratorio de Diagnóstico Nutricional de Suelo y Plantas de INIA Quilamapu.

Con los análisis microbiológicos se comprobó que la implementación de lámina de cobre en la superficie del equipo logró eliminar la carga de microorganismos patógenos presente en las muestras, mientras que a través de un análisis químico foliar se logró determinar la ausencia de cobre en el producto germinado y en agua de hidratación.

- *Posicionar nuestros productos en el mercado local.*

Considerando que no se han concretado ventas del producto, no se ha logrado el posicionamiento del producto a nivel local, pero si se logró evidenciar el nivel de aceptabilidad del producto a través de una sesión de evaluación sensorial del producto.

Entre los impactos obtenidos con el proyecto destacamos los siguientes:

En Chile, no hay registros de la implementación de este tipo de maquinarias, por lo que el equipo es pionero para la investigación de metodologías que aseguren la inocuidad alimentaria para semillas germinadas en nuestro país. El diseño es de fácil operación, permite cumplir las normas alimentarias chilenas y aprovechar de buena manera los componentes preexistentes.

El uso de contenedores, para el diseño de planta es otro impacto e innovación agraria, reutilizando materiales industriales sin uso.

El bajo costo de este super-alimento permite llegar a todos los consumidores, y de esta forma proveer de alimentación saludable al consumidor final, destacando el aporte nutricional y su fácil digestibilidad, generando un nuevo nicho de mercado y comercialización. El rápido crecimiento de estos brotes (4 a 10 días), permite el abastecimiento continuo de este producto saludable.

Considerando las condiciones climáticas no tienen incidencia en la producción, el valor comercial se mantiene estable, quedando sujeto a la disponibilidad de las materias primas.

### 3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

#### - ***Diseño y materialización de germinador rotatorio de escala laboratorio.***

La materialización de la cámara de germinación y germinador rotatorio a escala de laboratorio se dio lugar en el Laboratorio de Mecanización y fue instalado en el Laboratorio de Bioprocesos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción.

#### - ***Construcción de cámara de germinación***

La cámara de germinación consta de un gabinete con dimensiones interiores de 112 cm de largo, 53 cm de ancho y 163 cm de alto, al cual se aisló térmicamente con fibra de vidrio y recubierto con terciado. Su interior fue pintado con esmalte resistente a UV y hongos.

Además, se instaló un sistema de recambio de aire constituido por un extractor axial en la parte superior izquierda trasera y una entrada de aire en la zona inferior del frontis del equipo (Figura 1.)



Figura 1. Cámara de germinación construida para instalación de germinador rotatorio.

- ***Construcción de germinador rotatorio***

Luego de evaluar distintos diseños se decidió por un modelo definitivo, donde el gabinete construido fue instalado de forma horizontal y en su interior se instalaron 3 contenedores elaborados de cañerías de PVC hidráulico de 300 mm de diámetro y un espesor de pared de 7 mm (Figura 2.), cada uno con cuatro divisiones iguales en su interior elaboradas de placas plásticas PE-MHW de calidad alimentaria donde serán colocadas las semillas (Figura 3.) y en el centro se posicionó el sistema de aspersión que permite la irrigación de las semillas a través de boquillas de nebulización.

Los tres contenedores están unidos por un eje que permite el giro del tambor rotatorio y colocador sobre un soporte con rodamientos de cojinetes (Figura 4.)



Figura 2. Cañería de PVC hidráulico de 300 mm diámetro interno y espesor de pared de 7 mm utilizada para construcción de mini tambor rotatorio de germinación.

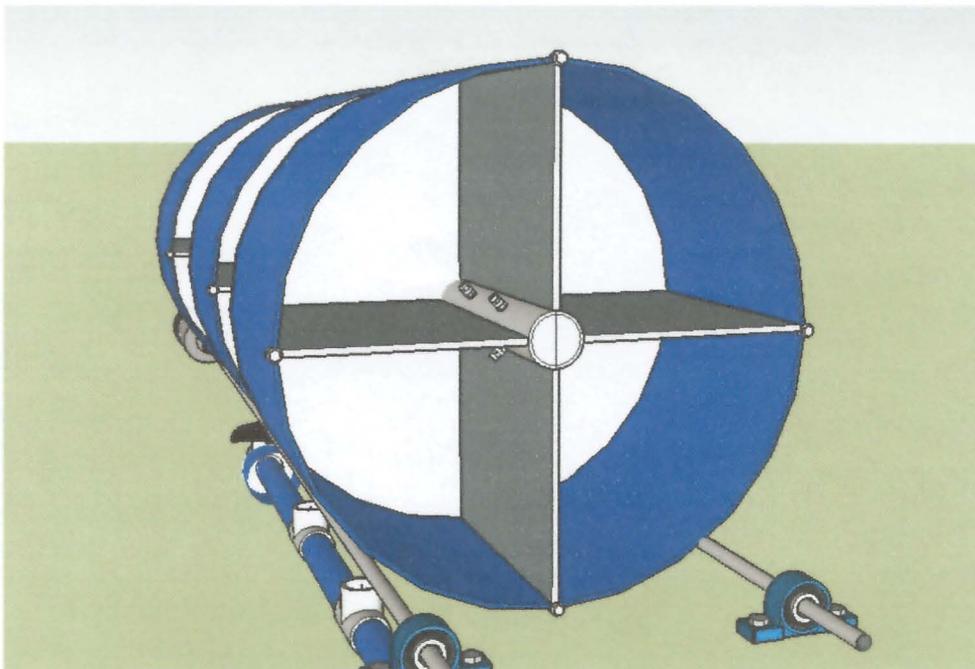


Figura 3. Vista frontal de tambores donde se visualiza división del tambor y el sistema de aspersión en el centro

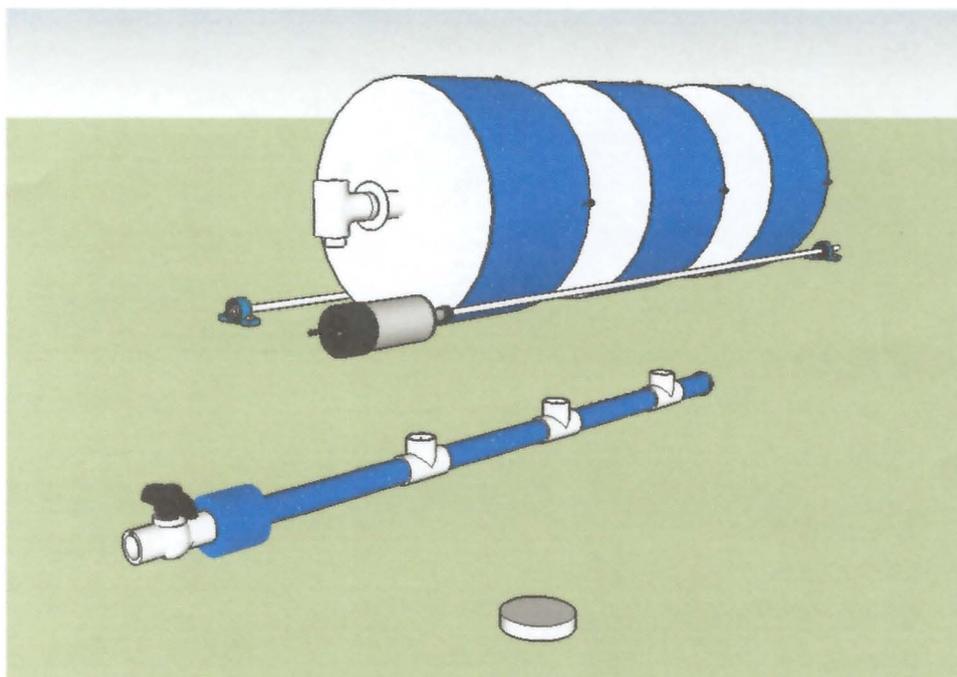


Figura 4. Vista posterior de tambores donde se visualiza el sistema motriz y soporte.

Dada las condiciones de germinación, la construcción del equipo requirió de la instalación de 5 sistemas detallados a continuación:

- Sistema de agua:

El agua será incorporada al sistema directamente desde el grifo mediante mangueras, cañerías y conectores, y pasa por 4 filtros (malla, algodón, carbono y UV), para asegurar que el agua de irrigación sea estéril.

La presión del sistema está dada por el flujo de agua y el tiempo de irrigación por la apertura de la válvula solenoide.

Posteriormente la línea de agua es distribuida en cada tambor por medio de cañerías.

La irrigación de las semillas en el interior de los tambores se realiza por medio de boquillas de nebulización.

Los tambores irrigan con agua y giran al mismo tiempo por medio de juntas rotativas.

El agua es recolectada en un contenedor y desechada por medio de una bomba de agua.

- Sistema mecánico

Un motor DC 12V con caja reductora de 10 rpm es acoplado a un eje, que se monta sobre un soporte con rodamientos de cojinetes. Este eje encargado de transmitir el giro hacia el tambor rotatorio. Otro eje de soporte es dispuesto a similar altura que el eje motriz. El soporte estructural es realizado en cañerías de fierro y luego protegido con pintura resistente al agua.

- Sistema eléctrico

Cables de amperaje adecuado son usados para conectar un interruptor diferencial (ID), switch on/off, sistema iluminación led y otros aparatos a corriente de 220 V en AC y 12 V, 24 V en DC.

- Sistema de climatización:

Un extractor introduce aire desde el interior de la cámara a un sistema de tuberías y lo calienta y distribuye homogéneamente sobre los tres tambores. Otro extractor renueva el aire cada 15 minutos al interior de la cámara.

El controlador REX-C100 se encarga de encender y apagar los tres calefactores y el extractor que introduce aire al sistema de tuberías antes mencionado. El controlador obtiene valores de temperatura mediante una termocúpula tipo K situada al interior de uno de los contenedores de semillas.

Si la temperatura es distinta a 30°C, el controlador se encarga de encender o apagar los calefactores según sea necesario. En simultáneo a los calefactores, se activa el ventilador que ingresa aire al germinador.

- Sistema de automatización:

Un sistema de control, monitoreo y registro de datos para un germinador de semillas es establecido.

Componentes del sistema:

- Microcontrolador arduino UNO.
- Shield para arduino UNO con socket para tarjeta SD.
- Driver (puente H) MONSTER MOTO SHIELD.
- Sonda para medir temperatura modelo DS18B20.
- Controlador REX-C100 con sonda para medir temperatura tipo K.

El microcontrolador controla los siguientes aparatos:

- 3 calefactores, 220V AC
- Un ventilador incorporador de aire, 24V DC
- Un ventilador extractor de aire, 24V DC
- Una válvula solenoide, 24V DC
- Una bomba, 12V DC
- Un motor, 12V DC

Un microcontrolador arduino UNO se encarga de registrar en una tarjeta SD la temperatura (al interior del mismo contenedor en que está instalada la termocupla) mediante el sensor de temperatura DS18B20. El registro de temperatura se hace con fecha y hora cada 1 minuto en un archivo de extensión "csv".

El microcontrolador también controla la apertura y cierre de una válvula solenoide que permite regar las semillas. El tiempo durante el que se riega es fijo (no se podrá modificar mientras el sistema esté operando), al igual que el tiempo de receso (de no riego).

El agua sobrante del riego aplicado a las semillas es capturada en un depósito en la parte inferior del germinador. El agua acumulada es extraída mediante una bomba que se acciona por el microcontrolador. La señal para la activación de la bomba es definida por el usuario.

Por último, el microcontrolador acciona el motor encargado de hacer girar los contenedores de semillas. Se regula el voltaje de salida para dejarlo fijo en un valor que haga girar los contenedores a una velocidad de cercana a 1 RPM o hasta que el motor no presente detención. No se garantiza alcanzar la velocidad de 1 RPM.

#### - ***Pruebas en tambores rotatorios***

Las pruebas del germinador se concretaron con un lote de 10 kg de semillas de alfalfa corriente (variedad Q31) sin tratamiento previo de peletizado obtenidas desde la empresa Semillas Generación 2000 Ltda, Km 7, camino a Yungay, Chillán Viejo, Ñuble, Chile.

Se utilizó 500 gramos de semillas las que fueron sanitizadas con 2000 ppm de hipoclorito de calcio en agitación constante según procedimiento recomendado por la FDA, y posteriormente sometidas a un proceso de hidratación previa a la germinación mediante inmersión en 4,5 L de agua potable durante 3 horas.

Transcurrido el tiempo de hidratación, se realizó un drenaje del exceso de agua y un lavado con agua del grifo.

Del proceso anterior se obtuvo un total de 1,2 kg de semilla hidratada, la que fue distribuida de forma homogénea sobre los cuatro compartimientos del germinados previamente sanitizado con 200 ppm de cloro.

Se estableció una temperatura de germinación de 30 °C, velocidad giratoria de 3 r.p.m, una frecuencia de riego de 200 mL de agua durante 75 segundos, aplicada cada 20 minutos. Se inició el riego a las 2 horas de iniciado el proceso de germinación. El exceso de agua es drenado a una bandeja de recolección ubicada en la parte inferior de los tambores de germinación. El tiempo de germinación duró 4 días.

De esta prueba obtuvimos antecedente para disminuir la velocidad giratoria de los tambores de germinación, ya que con la velocidad considerada inicialmente se registró una aglomeración al interior de los compartimientos (Figura 5).

De igual forma, se realizaron ajustes de sellado en los compartimientos, puesto que se detectó una migración de semillas al interior del tambor.

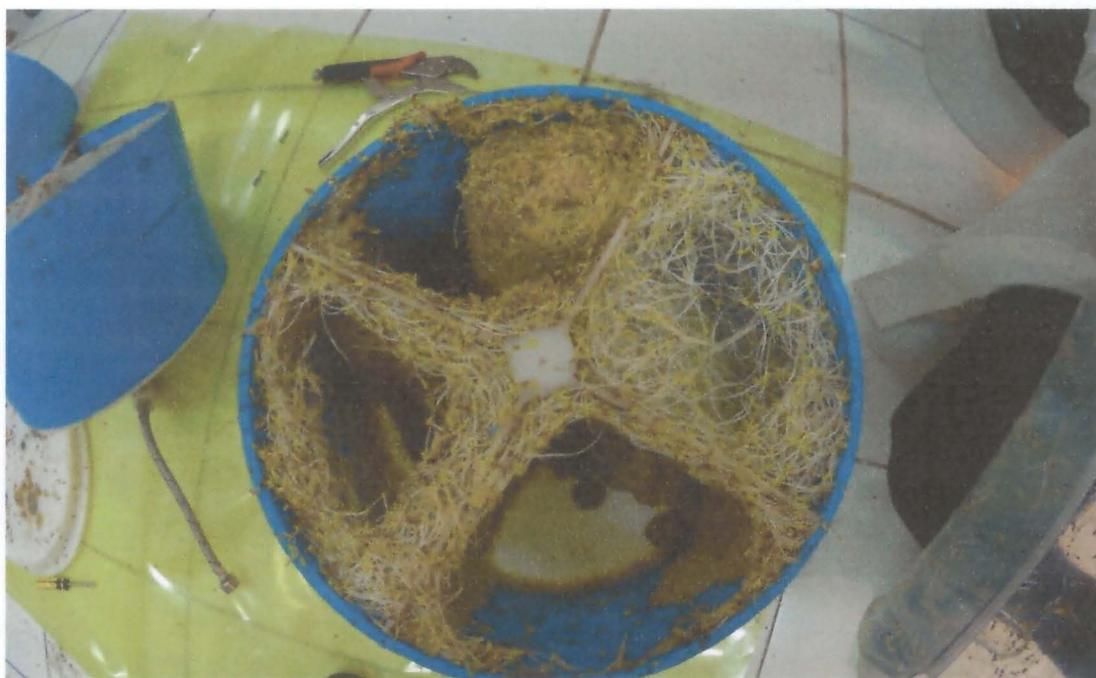


Figura 5. Evidencia de aglomeración y migración de semillas al interior del tambor.

### - **Análisis microbiológicos**

Una vez realizados los ajustes necesarios, se concretaron pruebas para validar la incorporación de cobre en el proceso de germinación y cómo influye en el crecimiento de microorganismos patógenos.

Para ello, se realizaron dos pruebas. En la primera, se germinó semilla inoculada con cepa de *E. coli* en los tambores sin lámina de cobre, y se realizó una segunda prueba con semilla inoculada con cepa de *E. coli* germinada en los tambores con una lámina de cobre en su interior.

La semilla de alfalfa se hidrató en las mismas condiciones de la prueba inicial. Una vez hidratadas y lavadas, las semillas fueron inoculadas con  $10^4$  UFC\* $g^{-1}$  cepa de *E. coli* obtenidas desde el Laboratorio de Microbiología y Micología de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción.

Posteriormente las semillas fueron distribuidas en los tres tambores de germinación, acondicionadas a 30°C y con una velocidad de giro ajustada a 1 r.p.m.

Transcurrido el tiempo de germinación, se obtuvieron muestras del producto germinado y agua de irrigación de ambas pruebas y se derivaron al Laboratorio de Microbiología y Micología para realizar pruebas de recuento de colonias de *E.coli*.

### - **Análisis químicos foliar y de agua**

De las mismas pruebas descritas anteriormente, se obtuvo muestras de producto germinado y del agua de irrigación, y se derivaron al Laboratorio de Suelos y Foliar del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) para realizar el análisis químico para determinar presencia de cobre en ambas muestras.

- ***Diseño y construcción de germinador rotatorio industrial***

Concretadas las pruebas de funcionamiento del equipo a nivel laboratorio, se realizó un escalamiento del equipo industrial en cual posee las siguientes características:

<b>Alto del equipo (m)</b>	<b>2,10</b>
<b>Diámetro del tambor (m)</b>	<b>1.66</b>
<b>Profundidad del tambor (m)</b>	<b>1.40</b>
<b>Material de construcción</b>	PE-HMW calidad alimentaria, en su interior un recubrimiento con lámina de cobre de espesor 0,2 mm.
<b>Temperatura de germinación</b>	<b>26°C</b>
<b>Velocidad de giro de tambor</b>	<b>≤1 rpm</b>
<b>Frecuencia de riego</b>	<b>20min cada 2 hr</b>
<b>Capacidad de producción</b>	<b>Máx. 200kg</b>

- ***Pruebas de tambor rotatorio durante la germinación de semillas***

En la primera prueba de germinación en el equipo industrial se hidrató 25 kg de semilla de alfalfa en 22,5L de agua de durante 12 horas.

De esta prueba se obtuvo un total aproximado de 155 kg de producto germinado con un porcentaje de germinación de un 92%.

El producto presentó un color y olor característico y acorde a lo esperado, pero con un menor porcentaje de germinación, es por esto que se evaluó la procedencia de la semilla y se contactó a un proveedor certificado de semilla orgánica que garantiza un porcentaje de germinación sobre 96 %.

- **Pruebas de evaluación sensorial a producto terminado**

Se realizó una evaluación sensorial de satisfacción con la ayuda de una prueba de escala hedónica facial del producto terminado.

Esta evaluación se llevó a cabo con la ayuda del Centro de Eventos Di-vino, y para ello se requirió la presencia de panelistas no entrenados a los que se les solicitó valorar la satisfacción general que les produce el producto a través de la siguiente prueba:

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Pruebe el producto presentado y manque con un X la carita que mejor describa su opinión.

				
Me disgusta mucho	Me disgusta	Indiferente	Me gusta	Me gusta mucho

Comentarios:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**¡Muchas gracias!**

- **Inscripción de marcas**

La inscripción de la marca Hidro brote fue realizada con éxito en INAPI (“registro de marcas”) N° de solicitud 1299892, con fecha 07 septiembre de 2018.

-  
- **Pruebas de Salmonella en producto germinado**

Dada la complejidad del método para realizar los análisis de presencia o ausencia de Salmonella, estas pruebas se realizarán una vez dado el inicio de la producción para la comercialización del producto.

- **Inscripciones de patentes industriales**

La inscripción de la patente industrial, aún se encuentra en proceso de desarrollo, ya que faltan algunos documentos para su presentación. Se cuenta actualmente con el diseño industrial.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Descripción de las actividades ejecutadas durante el proyecto.

Actividad	Tareas desarrolladas	Fecha de ejecución
<b>Pruebas de germinación de equipo piloto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño y construcción de mini equipo de germinación.</li> <li>- Ensayos de funcionamiento de mini germinador</li> <li>- Pruebas de germinación utilizando lámina de cobre en el interior de los tambores de germinación</li> <li>- Análisis microbiológicos y químicos de muestras obtenidas de pruebas de producto terminado y agua de irrigación.</li> </ul>	Mayo de 2017
<b>Diseño de equipo industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escalamiento de equipo de laboratorio a equipo industrial</li> </ul>	Agosto de 2017
<b>Construcción del equipo de germinación industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación de parámetros de funcionamiento del equipo</li> <li>- Evaluación de materiales para la construcción del equipo</li> <li>- Contratación de personal responsable de la construcción del equipo</li> <li>- Pruebas de funcionamiento del equipo</li> <li>-</li> </ul>	Mayo de 2018

<b>Pruebas de germinación en equipo industrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contacto con proveedor de semillas certificadas para la germinación de productos para consumo humano</li> <li>- Ejecución de pruebas de germinación en equipo</li> </ul>	Julio de 2018
<b>Realizar un piloto de producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de procedimiento de elaboración del producto, identificando cada una de las etapas y los parámetros de funcionamiento</li> </ul>	Agosto de 2018
<b>Pruebas de análisis microbiológico de <i>Echerichia coli</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con el procedimiento de producción estandarizado, se obtiene muestras de producto germinado y de agua de irrigación del equipo para analizar presencia de <i>Echerichia coli</i></li> </ul>	Septiembre de 2018
<b>Pruebas de análisis químico de absorción atómica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con el procedimiento de producción estandarizado, se obtiene muestras de producto germinado y de agua de irrigación del equipo para determinar la presencia o ausencia de cobre en las muestras.</li> </ul>	Octubre de 2018
<b>Análisis de evaluación sensorial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación y preparación de prueba de evaluación sensorial</li> <li>- Conformar panel de evaluación</li> <li>- Analizar resultados obtenidos de las pruebas</li> </ul>	Octubre de 2018
<b>Realización de video informativo de la tecnología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrar instalaciones de germinador industrial</li> <li>- Evidenciar funcionamiento del equipo</li> <li>-</li> </ul>	Octubre de 2018
<b>Difusión vía redes sociales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción de página web</li> <li>- Diseño y desarrollo de material de difusión</li> <li>-</li> </ul>	Octubre de 2018
<b>Formalización ante Ministerio de Salud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No ejecutado</li> </ul>	No ejecutado

## 5. RESULTADOS DEL PROYECTO

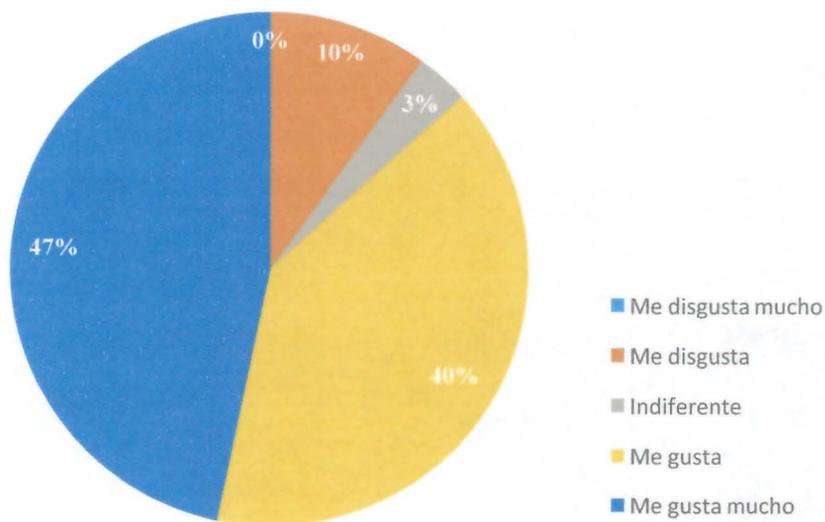
- Mediante aspersión de inoculó  $10^4$  UFC\* $g^{-1}$  a la semilla hidratada previa a la germinación, está arrojado un resultado de 0 UFC\* $g^{-1}$  transcurrido los 4 días de germinación, todo esto gracias a la efectividad de las láminas de cobre y la frecuencia de irrigación presente en el tambor rotatorio de germinación. Permitiendo así, demostrar la eficiencia de la reducción de microorganismos patógenos presentes.
- Al realizar la prueba de análisis foliar para determinar cobre presente en el producto germinado, se obtuvo como resultado 0 mgCu/gr muestra, es decir, no hay incidencia de cobre en el producto final.
- Aplicación industrial, reduciendo costos de cosecha.
- La Inocuidad en el producto terminado queda evidenciado a través de las pruebas anteriormente realizadas, obteniéndose un producto final inocuo, sin presencia de carga microbiana ni residuos de cobre dañinos para el organismo.
- La calidad comercial inalterable se puede asegurar, dada la aplicación de las láminas de cobre presentes en el interior del tambor rotatorio de germinación. Además es importante considerar el primer lavado realizado con hipoclorito de calcio, el que permite reducir la posible carga microbiana inicial. De igual forma, al final del proceso se realiza un segundo lavado para asegurar y alargar la vida útil del producto final.
- Aceptación de la tecnología por parte de los consumidores

Se realizó un Test de aceptabilidad a 30 panelista no entrenados, donde degustaron brotes de alfalfa preparadas con aceite de oliva extra virgen y un toque de limón, los resultados de este test fueron los siguientes:

**Tabla 2.** Resultados de Test de Aceptabilidad de semillas de alfalfa germinados.

<b>Criterio</b>	<b>N° Panelistas</b>
<b>Me disgusta mucho</b>	0
<b>Me disgusta</b>	3
<b>Indiferente</b>	1
<b>Me gusta</b>	12
<b>Me gusta mucho</b>	14
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

### TEST DE ACEPTABILIDAD



**Gráfico 1.** Porcentaje de aceptabilidad, según panelistas no entrenados.

Del total de los panelistas, el 87% de ellos presentaron una aceptabilidad importante ante el producto.

El 10% de los encuestados les disgusta el producto, en donde los principales comentarios hacen referencia a su preferencia por productos cárnicos, en vez de productos de tipo vegetal.

El 3% les es de su agrado el producto, pero no lo compraría.

- Construcción de equipo germinador rotatorio piloto

A través de las figuras 6, 7, 8 y 9 es posible visualizar construcción de equipo germinador rotatorio para semilla de alfalfa.



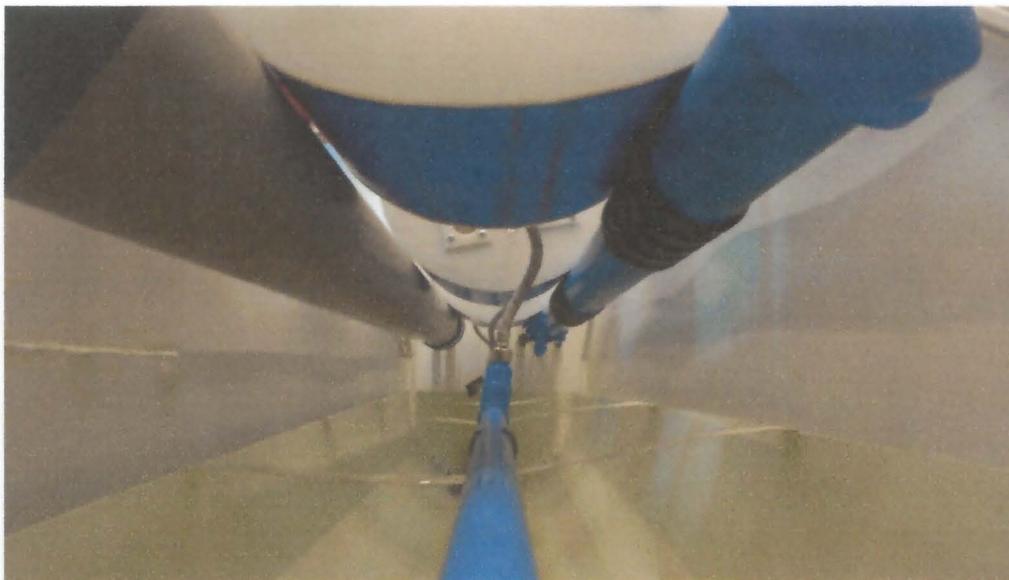
**Figura 6.** Vista frontal de germinador para semillas de alfalfa terminado.



**Figura 7.** Sistema de extracción y calefacción de aire interior. Termocuplas de registro y control de temperatura, instaladas en tambores N° 2 y N° 3.



**Figura 8.** Motor encargado de la rotación del rodillo motriz.



**Figura 9.** Bandeja recolectora de agua de riego, rodillo motriz y mangueras.

- Construcción de equipo germinador rotatorio industrial



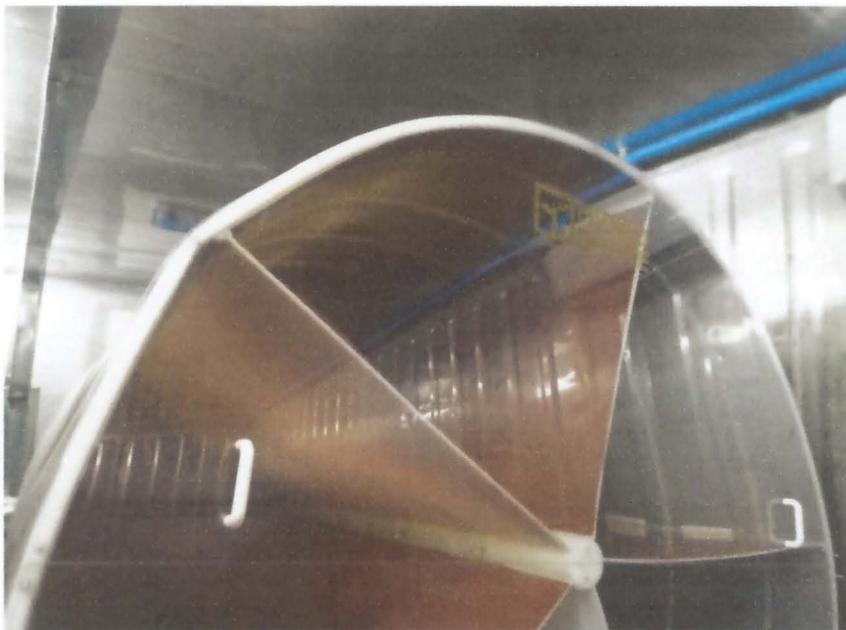
**Figura 10.** Terreno de 1 ha. ubicado en la comuna de San Nicolás, Región de Ñuble.  
(GSM °31'15"S 72°20'55"W )



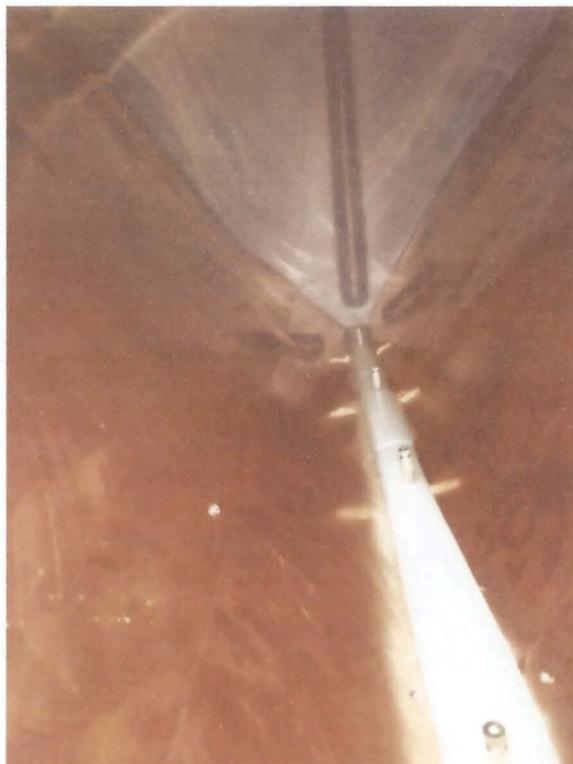
**Figura 11.** Diseño basado en 2 contenedores. Se pretende construir un techo entre ellos para bodega y terminar una sala de procesos en la parte anterior. (Anexo 3)



**Figura 12.** Vista frontal de germinador rotativo a escala industrial proporciona 5 compartimientos.



**Figura 13.** Manillas para la manipulación de las dos medias tapas.



**Figura 14.** Lámina de cobre como superficie en contacto con el alimento, y boquillas de nebulización al interior de los gabinetes de germinación.



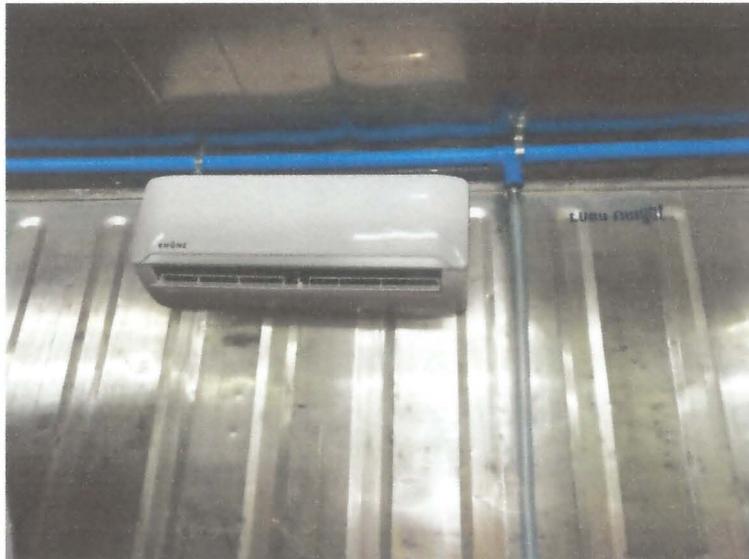
**Figura 15.** Marca comercial impresa en el equipo.



**Figura 16.** Vista posterior de germinador: motor trifásico con regulador de velocidad para la rotación y manguera de alta presión conectada a la junta rotativa y a su vez al interior del sistema de aspersión por medio de la barra perforada de polímero calidad alimentaria.



**Figura 17.** Sistema de ruedas como soporte del tambor. Se incorporarán anillos estructurales metálicos al estanque para evitar su deformación por el mismo peso.



**Figura 18.** manguera flexible para la incorporación del agua al germinador. Equipo de aire acondicionado.



**Figura 19.** Sistema de triple filtración; filtro de malla, carbón activado y aplicación de luz ultra violeta. Agua bombeada desde el estanque en el exterior.



**Figura 20.** Vista posterior del contenedor. Sistema de inyección de agua, compuesto por una bomba y estanque de 1000 lts. Puerta para la carga de leña desde el exterior para estufa dispuesta en el interior.



**Figura 21.** Vista interior de la estufa y rejilla para la eliminación de aguas de proceso.



**Figura 22.** Sistema de eficiencia energética compuesta de un tubo de doble camisa y un ventilador,



**Figura 23.** Ducto conductor del calor a la zona anterior del contenedor.



**Figura 24.** Ventanilla de ventilación general.



**Figura 25.** Sistema lumínico compuesto por equipos estanco led. Se requiere corrección de altura.

## 6. PROBLEMAS ENFRENTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Originalmente el proyecto se planificó en base a la compra de un tambor germinador rotatorio, pero actualmente un germinador rotatorio comercial modelo Rota Tech 850 **(Anexo 1)** **(Anexo 2)**. Dado este primer problema enfrentado, se evaluó el diseño y construcción del equipo en Chile.

El diseño se concretó en base a los materiales disponibles en el mercado, llegando a un modelo “tipo” que en el transcurso sufrió diferentes modificaciones acorde a lo encontrado.

En este transcurso de modificaciones, se evaluaron distintas cotizaciones a diferentes proveedores de los materiales y complementos necesarios para la construcción del equipo, lo que tardó en respuestas, ya que la idea era obtener todo lo necesario de buena calidad y al menor costo posible.

Otro inconveniente, fue el encontrar el personal idóneo y capacitado para la construcción del equipo y sus instalaciones, siendo el principal problema concretar la soldadura en plástico, lo que llevó a buscar técnicos capacitados fuera de la ciudad.

Dada las condiciones rurales del terreno donde se instaló la planta productiva, se presentó la necesidad de la instalación de una conexión eléctrica, la que no estaba contemplada en el planteamiento inicial de este proyecto, contemplando un gasto extra que fue cubierto de forma privada. Lo que postergó la implementación total del proyecto de construcción.

Al implementar la planta en una zona rural, el agua a utilizar en el proceso proveniente de pozo, se debió acondicionar incorporando filtro UV para la eliminación de microorganismos indeseados. Lo anterior descrito, no se encontraba contemplado en la planificación inicial del proyecto, por lo que fue financiada de forma privada.

## 7. DIFUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

- Hay material que falta por confeccionar por servicios de publicista.



[www.hidrobrote.cl](http://www.hidrobrote.cl)

**¿Qué son los brotes de alfalfa?**

- Son semillas germinadas, producto obtenido a partir de semillas seleccionadas, frescas e hidratadas, a las cuales se les hace un seguimiento diario de las condiciones de humedad, luminosidad y temperatura, óptimas para su desarrollo y obtener de esta manera un producto con buen valor nutricional y apto para el consumo humano.
- Estos brotes comestibles aportan 23Kcal al organismo, además de ser utilizadas en ensaladas, sopas, tofu, guisos de legumbres, macedoruas, bocadillos, hamburguesas, tacos, fajitas, rollitos de primaveras, entre otros.
- Este super-alimento es rico en fibra, vitaminas y micronutrientes, además de ser fácil y rápido de preparar.

**Quiénes somos**

**Acerca de nosotros**

Esta innovadora empresa nace en 2017, comenzando de inmediato a producir y ofrecer al público alimentos versátiles y nutritivos como los Brotes, muy desconocidos en Chile. Desde el comienzo la idea de Hidro brote es entregar a la comunidad alimentos nutritivos, diferentes, sanos y bajos en calorías.

Nuestras instalaciones están ubicadas en la comuna de San Nicolás, localidad de Lucumávida, Región de Nuble.

Poseemos tambores germinadores rotatorios que emplean al cobre como superficie de contacto con la semilla, lo que permite la eliminación de la posible presencia de microorganismos en el producto final.

**Póngase en contacto con nosotros**

Web: [www.hidrobrote.cl](http://www.hidrobrote.cl)

**Hidro Brote**  
Chillán, Chile.





Figura 26. Tríptico Informativo de brotes de alfalfa.



Figura 27. Presentación de producto para panel sensorial no entrenado.

## 8. Impactos del proyecto.

Aportar con un producto enmarcados como “alimento sano” que cumple con las características que es inocuo para el consumidor y con un aporte nutritivo importante. No se encontró referencia para producción de este tipo de productos en la de Ñuble.

Fabricación un germinador rotatorio hidropónico para la producción de semillas germinadas destinadas al consumo humano: Se adaptó un estanque plástico comercial de agua potable como estructura germinadora. Lo anterior bajó los costos de fabricación dada la disponibilidad del material. Se dimensionó un estanque que pudiera contener la mayor cantidad de volumen y al mismo tiempo pueda incorporarse al interior del contenedor. No se encontró referencia venta de este tipo de maquinaria a nivel sudamericano.

Validación experimental de la eficiencia de láminas de cobre como elemento sanitizante al interior de un tambor rotatorio para producción de semillas germinadas destinadas al consumo humano. No se encontraron experimentaciones anteriores que vinculen al metal cobre como superficie de germinación de semillas, a excepción de las que buscan enriquecer el germinado con Cu (sustrato de vermiculita enriquecido con cobre sulfatado).

Aumento del porcentaje de germinación dada la mayor oxigenación de las semillas en relación a la metodología de germinación de bandejas. Resultados realizados en laboratorio mostraron una mayor masa y homogeneidad en producto cosechado.

Inalterable calidad organoléptica del germinado: Pruebas realizadas el germinador con láminas de cobre resultaron con igual sabor y color que los no germinados en cobre. Lo anterior se validó por medio de evaluaciones sensorial.

Disposición de contenedores tipo carcaza reefer como planta modular para la producción de semillas germinadas. La estructura proporciona las condiciones aislantes necesarias para el proceso de germinación, una sala de procesos para lavado, envasado y bodegaje de materias primas. Al tratarse de una estructura prefabricada se facilita la replicación del diseño planteado, porque tiene costos fijos, el corto tiempo de emplazamiento, como en el 30% de ahorro en la implementación en relación a una cámara de germinación tipo cámara de frío construida con paneles prefabricados de polietileno expandido

Desinfección del agua de pozo para la irrigación de semillas al interior del germinador por medio de un sistema de filtros. Este tipo de tecnología es económica y eficaz para microorganismos potencialmente nocivas para el ser humano, por lo que su uso en sistemas hidropónicos es promocionado.

Un logro futuro será la venta de la estructura o partes de ellas a terceros que deseen establecer un sistema de germinación de semillas para consumo humano.

## 9. CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos, en relación a los análisis microbiológicos y químicos realizados. Sprouting life garantiza un producto germinado con características inocuas y saludables para el consumidor final, considerando sus características organolépticas y nutricionales.

Las láminas de cobre utilizadas como revestimiento interno del equipo de germinación, logran actuar como un agente sanitizante, permitiendo la eliminación de la posible presencia de carga microbiana en la semilla germinada, además de que se comprobó que no existe migración de cobre al producto final.

El aporte nutricional entregado por el germinado es vital para el organismo ya que proporciona, aminoácidos esenciales, vitamina A, B, C, E, K, betacarotenos, calcio, hierro, potasio, oligoelementos. La incorporación de enzimas que facilitan la digestión de la fibra, proteínas y las grasas.

Las nuevas tendencias alimentarias y el afán por incluir cada vez alimentos más sanos y frescos a la dieta, hacen de este proyecto una nueva forma de nichos de mercado, para personas deportistas, veganos, vegetarianos, su forma rápida y simple de ser consumida, debido al tiempo pequeño que se necesita para su preparación.

## 10. RECOMENDACIONES

- No realizar germinados con semillas de la familia de las solanáceas (semillas de papas, tomate, pimientos, berenjenas) . en ciertas dosis pueden causar trastornos digestivos.
- No utilizar una velocidad de giro mayor a 1 r.p.m , reduciendo daño mecánico en la radícula de las semillas.
- Máximo de carga 200kg, divididos en el número de compartimientos del equipo.
- Establecer un sistema de buenas prácticas agrícolas.
- Después de cada germinación, se recomienda lavar y sanitizar el equipo para el buen uso y funcionamiento de este y así evitar factores de contaminación.
- Considera un tiempo de climatización del equipo antes de comenzar su utilización.
- Estricta higiene del manipulador.
- Mediciones esporádicas del agua de irrigación, para verificar la calidad relativa a otros parámetros tanto físico como químicos.
- Limpieza previa de los aspersores para así asegurar el riego seguro y continuo.
- Garantizar calidad de la semilla por medio del % de germinación y pureza otorgada a través de un medio de distribuidor autorizado por el Servicio Agrícola y Ganadero.
- Garantizar un servicio eléctrico constante, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, especialmente cuando los equipos se emplazan en áreas rurales.
- El germinado final debe ser lavado antes de ser consumido. En caso de embarazadas, infantes y adultos mayores, se recomienda realizar una cocción previa antes de su consumo.

## 11. Otros aspectos de interés

**Tabla 3.** Aporte Nutricional de 100 gramos de semillas de alfalfa germinadas.

Nutrient	Unit	Value Per100 g
<b>Proximates</b>		
Water	g	92.82
Energy	kcal	23
Protein	g	3.99
Total lipid (fat)	g	0.69
Carbohydrate, by difference	g	2.10
Fiber, total dietary	g	1.9
Sugars, total	g	0.20
<b>Minerals</b>		
Calcium, Ca	mg	32
Iron, Fe	mg	0.96
Magnesium, Mg	mg	27
Phosphorus, P	mg	70
Potassium, K	mg	79
Sodium, Na	mg	6
Zinc, Zn	mg	0.92
<b>Vitamins</b>		
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	8.2
Thiamin	mg	0.076
Riboflavin	mg	0.126
Niacin	mg	0.481
Vitamin B-6	mg	0.034
Folate, DFE	µg	36
Vitamin B-12	µg	0.00
Vitamin A, RAE	µg	8
Vitamin A, IU	IU	155
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.02
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0
Vitamin D	IU	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	30.5
<b>Lipids</b>		
Fatty acids, total saturated	g	0.069
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.056
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.409
Fatty acids, total trans	g	0.000
Cholesterol	mg	0

## 12. Anexos

Anexo 1: Germinador rotatorio, modelo ISS Rota-Tech 850 procedencia norteamericana.



# INTERNATIONAL SPECIALTY SUPPLY

## ISS Rota-Tech



The ISS Rota-Tech 850 is the easiest and most cost efficient method of growing premium quality sprouts. This unit is engineered to wash, sanitize, rinse, soak, and sprout seed without the need for additional equipment. Customer feedback is key in our design to provide the highest equipment reliability and ease of maintenance in the industry.

Through years of innovative research and development, ISS has incorporated numerous upgrades to the Rota-Tech to meet increased global, regulatory, and safety requirements. The ISS team is dedicated to helping our customers stay at the top of their game.

The easy to use touchscreen Programmable Controller features a time saving Wash Cycle and three programmable Grow Periods, allowing custom watering, air circulation, and rotation selection. When used independently for full term sprouting, 48 lbs. / 22 kg of seed can easily produce 480 lbs. / 220 kg of sprouts in 4 to 5 days. The ISS Rota-Tech will ensure your business has a competitive edge by saving time and money and producing a superior sprouted seed.

**MACHINE SPECIFICATIONS**  
**Height:** 93 in. / 2.36 m  
**Width:** 60 in. / 1.52 m  
**Depth:** 72 in. / 1.83 m  
**Maximum Production Capacity:** 500 lbs. / 230 kg

**FEATURES**

- Free standing 304L stainless steel frame with adjustable feet
- Opaque plastic food grade growing chambers with interchangeable doors
- 12 stainless steel misting nozzles
- Hi-Flow air ventilation system with two variable speed fans
- Internal wiring and enclosed water resistant control panel
- Heavy-duty direct gear drive train







International Specialty Supply

[www.sproutnet.com](http://www.sproutnet.com)

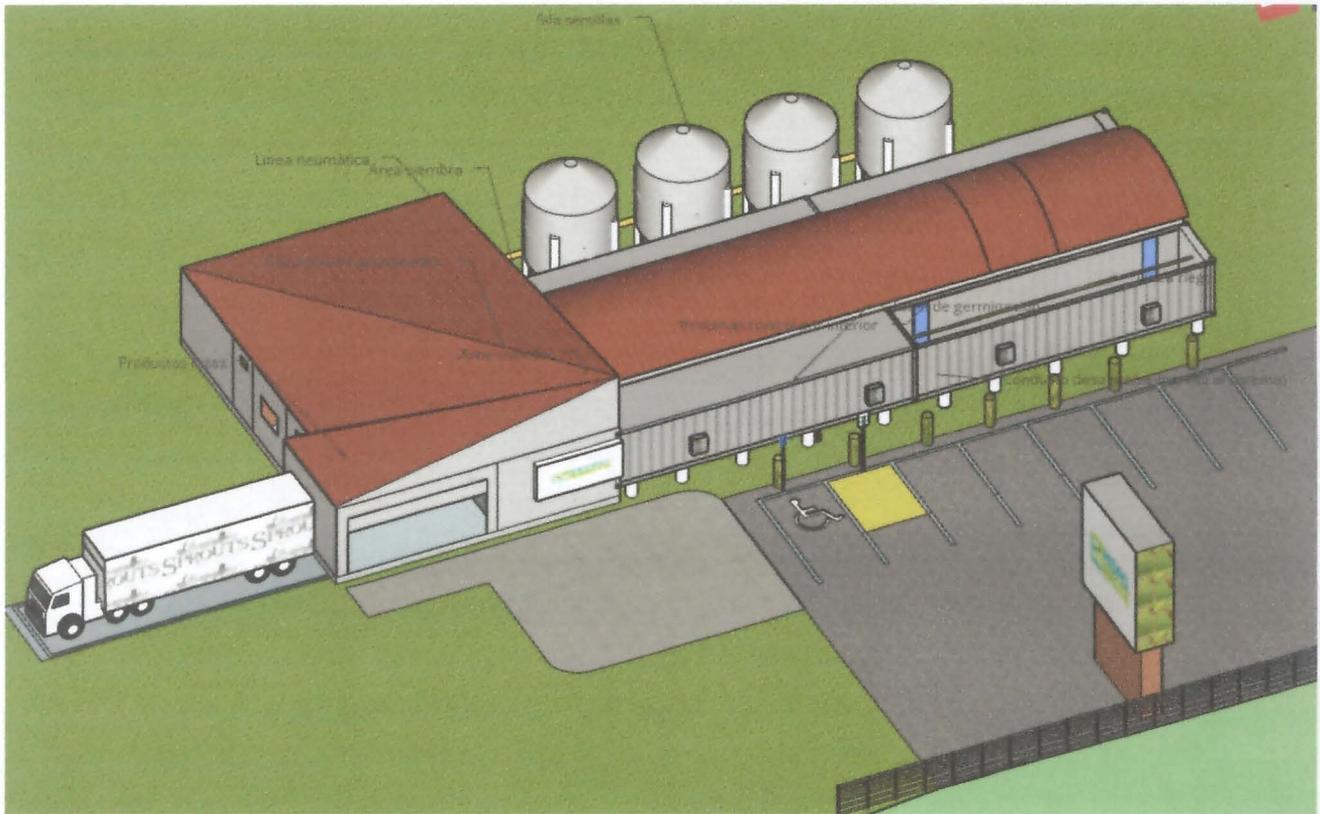


## **Anexo 2. Acuerdo comercial de venta del tambor rotatorio**



Fundación para la  
Innovación Agraria

### Anexo 3. Diseño de planta propuesto para la ejecución del proyecto.



### 13. Bibliografía Consultada

1. Información nutricional, fue consultada en <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11001?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Alfalfa%20seeds%2C%20sprouted%2C%20raw&ds=&qt=&qp=&qd=&qn=&q=&ing=&fbclid=IwAR1-bN4JHcVYo5ebTKMYuK12EGvzPHRpp4dTr-zfQeetJti4sCY9zqvHQuM>
2. Crovetto, M., & Uauy, R. (2012). Evolución del gasto en alimentos procesados en la población del Gran Santiago en los últimos 20 años. *Revista Médica de Chile*, 140(3), 305-312.
3. Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 373-386.
4. Wargovich, M. J. (2000). Anticancer properties of fruits and vegetables. *HortScience*, 35(4), 573-575.
5. <http://www.minagri.gob.cl/wpcontent/uploads/2013/08/Situaci%C3%B3n-actual-tendencias-yoportunidades-del-sector-hort%C3%ADcola3.pdf>
6. Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., & Viñas, I. (2008). Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology*, 123(1), 121-129.
7. [http://alfalfa.ucdavis.edu/IrrigatedAlfalfa/pdfs/UCAlfalfa8287ProdSystems\\_free.pdf](http://alfalfa.ucdavis.edu/IrrigatedAlfalfa/pdfs/UCAlfalfa8287ProdSystems_free.pdf)
8. <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A3681.PDF>
9. Production of Alfalfa Seed in Xinjiang. Published Jointly by the United Nation Food Agriculture Organization and the People Republic of China. 2002, (Proyect TCP/CRP/0065) (<http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/newpub/alfalfa/alfalfaman1.htm>)
10. De Ruiz, C., & Bressani, R. (1990). Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal Chemistry*, 67(6), 519-522.
11. <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ProducePlantProducts/ucm078789.htm>
12. LÓPEZ, J., & SIMAL, J. (1990). Evolución de algunos componentes en la germinación de la alfalfa destinada a alimentación humana. In *Anales de bromatología* (Vol. 42, p. 1).

13. Martínez-Villaluenga, C., Frías, J., Gulewicz, P., Gulewicz, K., & VidalValverde, C. (2008). Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts. *Food and Chemical Toxicology*, 46(5), 1635-1644.
14. Plaza, L., de Ancos, B., & Cano, P. M. (2003). Nutritional and health related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*. L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *European Food Research and Technology*, 216(2), 138-144.
15. Fu, T. J., Reineke, K. F., Chirtel, S., & VanPelt, O. M. (2008). Factors influencing the growth of *Salmonella* during sprouting of naturally contaminated alfalfa seeds. *Journal of Food Protection*®, 71(5), 888-896.
16. Stewart, D., Reineke, K., Ulaszek, J., Fu, T., & Tortorello, M. (2001). Growth of *Escherichia coli* O157: H7 during sprouting of alfalfa seeds. *Letters in Applied Microbiology*, 33(2), 95-99.
17. SHARMA, R. R., DEMIRCI, A., BEUCHAT, L. R., & FETT, W. F. (2002). INACTIVATION OF *ESCHERICHIA COLI* O157: H7 ON INOCULATED ALFALFA SEEDS WITH OZONATED WATER UNDER PRESSURE<sup>1</sup>. *Journal of Food Safety*, 22(2), 107-119.
18. Sagong, H. G., Lee, S. Y., Chang, P. S., Heu, S., Ryu, S., Choi, Y. J., & Kang, D. H. (2011). Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, 145(1), 287-292.
19. Yang, Y., Meier, F., Ann Lo, J., Yuan, W., Lee Pei Sze, V., Chung, H. J., & Yuk, H. G. (2013). Overview of recent events in the microbiological safety of sprouts and new intervention technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 265-280.
20. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. (1999). Microbiological safety evaluations and recommendations on 21 sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*, 52(3), 123-153.
21. Itoh, Y., Sugita-Konishi, Y., Kasuga, F., Iwaki, M., Hara-Kudo, Y., Saito, N., & Kumagai, S. (1998). Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 present in radish sprouts. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(4), 1532-1535.