

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS HORTÍCOLAS PARA LA REGIÓN DE
AYSÉN MEDIANTE EL USO DE HIDROPONÍA**

ÁNGELA BELÉN PONCE AVARIA

Santiago, Chile

2020

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS HORTÍCOLAS PARA LA REGIÓN DE
AYSÉN MEDIANTE EL USO DE HIDROPONÍA**

**EVALUATION OF VEGETABLE CROP ALTERNATIVES FOR AYSÉN
REGION THROUGH THE USE OF HYDROPONICS**

ÁNGELA BELÉN PONCE AVARIA

Santiago, Chile

2020

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS HORTÍCOLAS PARA LA REGIÓN DE
AYSÉN MEDIANTE EL USO DE HIDROPONÍA**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma

ÁNGELA BELÉN PONCE AVARIA

Profesor Guía	Calificaciones
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,7
Profesores Evaluadores	
Sr. José Covarrubias P. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
Sr. Elías Obreque S. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5
Colaborador	
Sr. Alan Pinto Richards. Ingeniero Agrónomo.	

Santiago, Chile

2020

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado Manuel e Isabel, quienes me han permitido perseguir mis sueños mediante su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas, hermano, sobrinos, amigas y amigos que acompañaron cada paso de este recorrido, haciendo todo más grato pese a las dificultades.

A mi profesor guía Ricardo Pertuzé, por su paciencia y disposición infinita para conversar y aclarar mis dudas, por tranquilizarme y apoyarme cada vez que fue necesario.

A Alan Richards por colaborar activamente en el desarrollo de cada ensayo, por sus consejos y su tremenda voluntad.

A Rodrigo Orrego, quien coordinó la ejecución de este trabajo pese a la distancia. A

Leonora, Candelaria, Sandra y Jessica que con su dedicación, empoderamiento y experiencia hicieron esto posible. A Maruja Cortés y Cristóbal Estévez, con quienes compartí viajes y ayudaron a la instalación de cada ensayo y mediciones respectivas.

A todas y todos ustedes agradezco profundamente.

Especialmente quisiera homenajear a la persona que en medio de este camino donó su corazón para permitir que mi hermano continúe con vida.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis.....	4
Objetivo General.....	4
MATERIALES Y MÉTODO	5
Lugar de estudio.....	5
Materiales.....	7
Invernaderos.....	7
Sistema Hidropónico.....	7
Cultivos	8
Método	8
Tratamientos y diseño experimental	8
Manejo de los cultivos	9
Preparación de la solución nutritiva.....	9
Siembra y trasplante.....	9
Manejo de la solución nutritiva.....	9
Evaluaciones	10
Duración del ciclo (días).....	10
Peso fresco (g).....	10
Altura promedio (cm).....	10
Diámetro promedio (cm).....	10
Número de hojas (N°).....	10
Descarte (%).....	10
Producción (g m ⁻²).....	10
Ventas netas (\$ m ⁻¹).....	11
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
Ensayos para cosecha de planta completa.....	12
Coyhaique: Jessica Balkenhol.....	12

Puerto Aysén: Candelaria Martínez	16
Cochrane: Leonora Campos.....	18
Ensayos para cosecha de corte	19
Coyhaique: Sandra Gatica.....	19
Estimación económica	22
Discusión y consideraciones generales	24
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS.....	32
Anexo I. Instalaciones donde se realizaron los ensayos	32
Anexo II. Composición de solución de nutrientes utilizada	32
APÉNDICES	33
Apéndice I. Ubicación de invernaderos utilizados para los ensayos	33
Apéndice II. Caracterización especies utilizadas en ensayo	35
Lechuga.....	35
Kale	36
Mizuna.....	37
Apéndice III. Registro de temperatura en invernaderos.....	38
Apéndice IV. Temperaturas máximas y mínimas registradas en estaciones meteorológicas cercanas.....	39

RESUMEN

La Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo históricamente ha presentado limitantes para su desarrollo hortícola, debido principalmente a características climáticas y a un escaso uso de tecnologías que les permitan mejorar su capacidad productiva. Como consecuencia presenta un déficit cercano al 80% de la demanda de hortalizas, resultando necesaria la importación desde otras regiones de Chile. Dicho proceso se ve dificultado por la geomorfología y extensión del territorio, determinando así una oferta poco variada y de baja calidad. En el marco del proyecto “Desarrollo hortícola en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo” la presente investigación se enfocó en la diversificación de especies hortícolas de hojas y en incorporar alternativas innovadoras para los agricultores locales mediante el uso de cultivos hidropónicos. Se realizó un análisis del uso de sistemas NFT (Nutrient Film Technique) en tres localidades de la región: Coyhaique, Cochrane y Puerto Aysén. Donde se evaluó la respuesta obtenida por cultivares comerciales de lechuga (*Lactuca sativa* L.), kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) y mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*). A los que se midieron los parámetros biométricos de peso fresco, diámetro, altura y número de hojas, y se estimaron componentes del rendimiento que incluyen producción por metro cuadrado, volumen de plantas, porcentaje de producto descartable y porcentaje de mortalidad. Los resultados permitieron corroborar que el uso del sistema hidropónico NFT en la región de Aysén es viable para la obtención de hortalizas de hoja diversas, aportando opciones productivas para los agricultores. Se destaca el comportamiento del cultivar de mizuna Nagano para producción en formato de planta completa, así como también el cultivar de kale Moscow. Para la producción destinada a cosecha de hojas se obtuvo una respuesta apropiada para el uso de los cultivares de kale F1 y Asima, como también para el cultivar de mizuna Roja. En cuanto a los cultivares de lechuga evaluados, se observó una alta sensibilidad a las condiciones ambientales al interior de los invernaderos, por lo que se evidencia la necesidad de investigar más sobre distintos cultivares, así como también efectuar un control riguroso de temperatura y humedad al interior de invernaderos.

Palabras clave: NFT (Nutrient Film Technique), Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.), Mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*).

ABSTRACT

The Aysén Region has historically presented vegetable production limitations. Mainly, due to weather characteristics and a low use of technology that allow to improve their productivity. Therefore, the region presents a deficit close to 80% of demand vegetable, so it is necessary to appeal to importation. This process is hindered by the geomorphology and extension of the territory, determining a poorly varied and low-quality offer. During the project "Horticultural development in the Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo Region", this research focused on promoting diversification of leafy vegetable species in local production and innovating in options for farmers using hydroponic crops. An analysis of the use of NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic systems was carried out in three region locations: Coyhaique, Cochrane and Puerto Aysén. Were the response obtained by commercial cultivars of lettuce (*Lactuca sativa* L.), kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) and mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*) was evaluated. Weight, diameter, height and number of leaves were evaluated, and yield parameters that include production per square meter, plant volume, discard percentage and mortality were estimated. According to the results, it is possible to confirm that the use of the NFT hydroponic system in different locations of Aysén region allows a diverse vegetables production, providing productive options for farmers. The behavior of the mizuna cultivar Nagano for its full plant production format is highlighted, as well as the cultivar of kale Moscow. For leaf harvesting production format, an appropriate response was obtained with the use of kale F1 and Asima cultivars, as well as for the Red mizuna cultivar. Regarding lettuce cultivars evaluated, a high sensibility to the environmental conditions inside the greenhouses was observed, thus evidencing the need to investigate more about different cultivars, as well as to carry out a rigorous temperature and humidity control at greenhouses.

Keywords: NFT (Nutrient Film Technique), Lettuce (*Lactuca sativa* L.), Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.), Mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*).

INTRODUCCIÓN

La Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo posee una superficie total aproximada de 11 millones de hectáreas, abarcando el 14,3% del territorio nacional (INE, 2008). Del total, 55 mil hectáreas son destinadas al desarrollo de actividades silvoagropecuarias y de estas solo 145 ha tienen como fin la producción de hortalizas (INE, 2007, citado por ODEPA, 2018). Los horticultores se caracterizan por ser un pequeño número de agricultores familiares campesinos, con una marcada presencia femenina, quienes desarrollan múltiples labores simultáneas y presentan una escasa capacidad de acceder a mano de obra (FIA, 2016), lo cual dificulta el manejo y seguimiento permanente de sus superficies y establece limitantes para la capacidad productiva de la explotación (FAO, 2003).

Diversas causas han limitado el desarrollo hortícola local, presentando un déficit productivo de un 80% de lo demandado por sus habitantes (FIA, 2016), pese a la posibilidad de importar hortalizas desde otras regiones del país, dicho proceso se ha visto históricamente dificultado, pues las características de extensión y fragmentación territorial de Aysén generan problemas de conectividad, lo que determina un acceso a productos poco variados, de alto costo y baja calidad (GORE Aysén, 2014; Ruiz, 2014).

Una de las limitantes productivas identificadas ha sido el clima característico de Aysén, descrito como frío oceánico de bajas temperaturas, con vientos fuertes, precipitación abundante y alto grado de humedad, lo cual ha determinado de modo general periodos productivos cortos y de bajos rendimientos alcanzados (Ruiz, 2014). Sin embargo, según Arribillaga (2014) en la Región existe gran variabilidad climática, por lo que es necesario evaluar la productividad de especies y sus respectivas variedades en el contexto climático específico, abriendo con esto la posibilidad de indagar en nuevas alternativas hortícolas.

Debido a lo anterior, se han escogido tres especies para ser evaluadas en distintas localidades de Aysén. Una de ellas es la lechuga (*Lactuca sativa* L.), esta hortaliza es la que presenta mayor consumo y mayor demanda insatisfecha en el mercado local (Lladser, 2018), por lo tanto, es necesario incrementar su producción utilizando variedades que se adapten a cada localidad. Las otras dos especies son kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.) y mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*), ambas son hortalizas de origen asiático pertenecientes a la familia Brassicaceae, esta familia es conocida por ser muy diversa y por poseer una gran importancia económica en el mundo, kale y mizuna destacan por sus cualidades nutricionales y por adaptarse a amplios rangos de temperaturas (Fahey, 2016).

En Aysén se ha desarrollado una estrategia regional que busca explotar su potencial hortícola, mediante el desarrollo de innovaciones e impulsando la búsqueda de alternativas tecnológicas replicables, dentro de las cuales se propone el uso de cultivos hidropónicos (FIA, 2016). La hidroponía se basa en la entrega de nutrición controlada y suministrada de manera homogénea a la planta (Salazar-Moreno et al., 2014). Existen diversos tipos de

sistemas hidropónicos, uno de ellos es el sistema NFT (Nutrient Film Technique), este consiste en un circuito cerrado donde recirculan nutrientes de manera constante en una lámina fina de solución, permitiendo el desarrollo de plantas sin sustrato. El movimiento constante del agua favorece su oxigenación, y el contacto directo de las raíces con la solución facilita la absorción de nutrientes, de este modo se busca obtener un crecimiento uniforme y acelerado de las plantas, con lo que se espera acortar los periodos de producción e incrementar el número de ciclos de cultivo durante el año (Genucio et al., 2012). Según FAO (2003), la hidroponía se ha convertido en una alternativa para la superación de la pobreza en medios rurales, al facilitar labores asociadas al cultivo y permitir una mayor disponibilidad de tiempo de los actores involucrados, requiriendo menos mano de obra. Este tipo de sistemas permiten un menor o nulo uso de pesticidas y herbicidas, pues la incidencia de malezas es prácticamente inexistente, los manejos fitosanitarios tienden a verse facilitados al hallarse en un ambiente controlado, son eficientes en el uso del agua, requiriendo incluso menor cantidad que en un cultivo tradicional, entre otras ventajas que permiten situarlo en la producción hortícola local (Salazar-Moreno et al., 2014). Este sistema podría permitir la obtención de productos inocuos, de calidad y de alto valor comercial, además de permitir a los agricultores obtener mejores formas de organización y gestión (FAO, 2003).

Considerando las oportunidades detectadas en la Región de Aysén, se plantea como desafío el uso de nuevas especies de hortalizas y la implementación de sistemas con alto grado de tecnificación, lo que permitirá analizar la viabilidad de alternativas innovadoras y competitivas para los productores locales, buscando impactar en la calidad de sus productos, así como también en la diversificación de la oferta.

Hipótesis

Es posible obtener hortalizas diversas mediante el uso de sistemas hidropónicos NFT en la Región de Aysén.

Objetivo General

Evaluar el crecimiento de distintos cultivares de especies hortícolas nuevas para la Región de Aysén, cultivadas en un sistema hidropónico NFT.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en la Región de Aysén, en tres localidades: Coyhaique, Cochrane y Puerto Aysén, al interior de invernaderos pertenecientes a agricultoras asociadas (Figura 1). Se realizaron ensayos durante los meses más calurosos del año, enero y febrero.

El primer invernadero pertenece a la agricultora Candelaria Martínez, se encuentra ubicado en la ciudad de Puerto Aysén, sector Pangal Bajo. Puerto Aysén pertenece a la zona agroclimática húmeda, caracterizada por un clima templado húmedo costero, cuya temperatura promedio en enero, mes más cálido del año, es de 13,6°C, con un promedio mínimo de 6°C y máximo de 17,9°C (Hepp et al., 2018).

En Coyhaique se utilizaron dos invernaderos para realizar los ensayos. Uno de ellos pertenece a la agricultora Jessica Balkenhol, localizado en el sector ensenada Valle Simpson, el otro pertenece a Sandra Gatica, ubicado en el sector El Claro. Coyhaique pertenece a la zona intermedia, su clima se conoce como templado húmedo intermedio, el mes más cálido corresponde a enero, donde la temperatura media es de 13,5°C, con un promedio mínimo de 8,8°C y una temperatura máxima promedio de 19,5°C (Hepp et al., 2018).

El cuarto invernadero se encuentra en Cochrane, pertenece a la agricultora Leonora Campos. Si bien Cochrane es considerado zona intermedia el nivel de pluviometría es menor que Coyhaique, durante enero la temperatura media es de 14°C, con una máxima media de 20,1°C y una mínima media de 7,9°C (Hepp et al., 2018).

Las coordenadas precisas de cada sitio de ensayos se encuentran disponibles en Apéndice I.

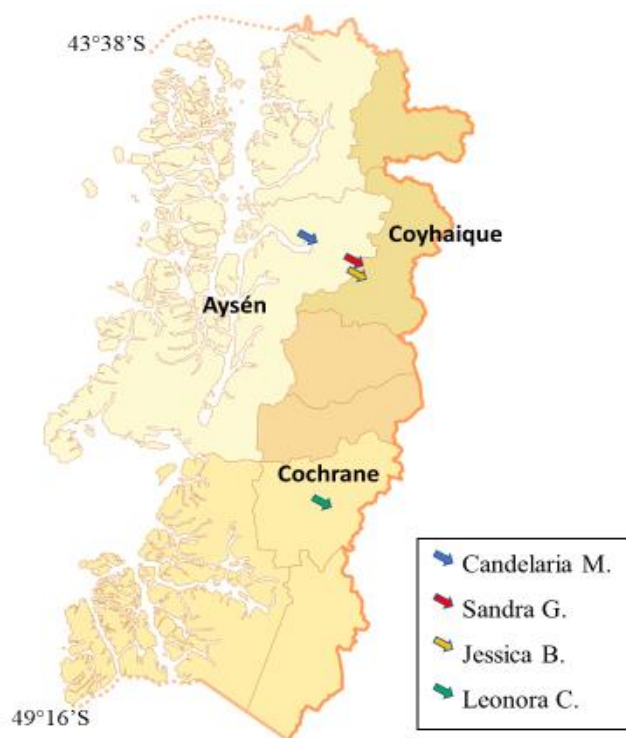


Figura 1. Ubicación de invernaderos de cada agricultora.

La investigación se realizó a contar del 27 de diciembre de 2017 hasta marzo del año 2018, y se enmarca en el proyecto “Desarrollo hortícola en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo”, código PYT-2016-0775.

Materiales

Invernaderos

Para los ensayos se utilizaron invernaderos tipo túnel, de una superficie total de 210 m², con un largo de 30 m y 7 m de ancho. La altura máxima de los invernaderos es de 4 m y la altura a la lateral de 2,5 m.

Los invernaderos cuentan con estructuras de acero galvanizado y cubierta de polietileno. El sistema de ventilación es de tipo pasivo lateral, con una malla anti-áfidos para evitar el ingreso de plagas. El sistema de apertura de las ventanas laterales se maneja mediante una manivela conectada a un tubo de acero galvanizado que funciona como eje motriz para enrollar el plástico y generar el espacio para la ventilación.

En el caso de la agricultora Sandra Gatica el invernadero es de tipo capilla, de las mismas dimensiones, posee ventanillas en los extremos y su ventilación se efectúa a través de estas, complementándolo con la apertura de la puerta de acceso principal.

Sistema Hidropónico

Para el desarrollo del proyecto se implementó un sistema hidropónico tipo NFT (Nutrient Film Technique) a cada agricultora, estos fueron montados sobre seis mesas al interior de cada invernadero, para realizar los ensayos solo se utilizó un sector de una mesa de cada invernadero.

Las mesas consisten en soportes de acero galvanizado, cuyas dimensiones son de 1,75 m de ancho por 13,5 m de largo. Sobre cada soporte se instalaron canaletas de PVC (policloruro de vinil), selladas con tapas del mismo material en ambos extremos. Las canaletas son de sección transversal rectangular de 13,5 m de largo, 100 mm de ancho y 50 mm de alto y un espesor de 1,7 mm. Los orificios de las canaletas se ubican a una distancia de 0,25 m, alcanzando un total de cuatro plantas por metro lineal. La distancia de plantas entre hileras es de 0,25 m. Los extremos de los soportes tienen una diferencia de 30 cm de altura, para obtener una pendiente lo más cercana a 2% (Anexo I).

Cada invernadero cuenta un estanque colector de 500 L, donde se encuentra la solución nutritiva, que es impulsada con una bomba de 0,5 HP hacia las canaletas mediante un sistema cerrado de tuberías.

Cultivos

Se utilizaron diversos cultivares de tres especies de hortalizas de hoja:

Lechuga (*Lactuca sativa* L.), cultivares: Camila (CM) y Grand Rapid (GR).

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.), cultivares: F1, Asima (AS) y Moscow (MW).

Mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*), cultivares: Nagano (NG) y Roja (MR).

Las especies utilizadas se encuentran caracterizadas en Apéndice II.

Método

Tratamientos y diseño experimental

En cada uno de los cuatro invernaderos utilizados se establecieron tres ensayos, cuyos manejos fueron realizados por agricultoras asociadas, dueñas de cada instalación. Tres de los invernaderos fueron utilizados para evaluar el formato de comercialización de la planta completa y solo uno de los invernaderos fue utilizado para evaluar el formato de cosecha de hojas.

Los ensayos correspondieron a cada una de las especies utilizadas, lechuga, kale y mizuna, para los que se utilizaron como tratamientos distintos cultivares comerciales. Dos cultivares de lechuga ('Camila', 'Grand Rapid'), tres cultivares de kale ('Asima', 'F1', 'Moscow') y dos cultivares de mizuna ('Nagano', 'Roja'). El diseño utilizado corresponde a un diseño de bloques completamente aleatorizado (disponible en Cuadro 1), con 6 repeticiones. La unidad experimental consistió en 6 plantas por canaleta, con un total de 36 plantas para cada cultivar. La unidad muestral utilizada fue idéntica a la unidad experimental. El factor de bloqueo establecido fue cada una de las canaletas del sistema, debido a posibles diferencias en el flujo de la lámina de nutrientes en cada una de ellas, como también por efectos asociados a su ubicación dentro del invernadero.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos realizados.

Ensayos	Cultivares	Tratamientos por cada bloque	
Lechuga (E1)	Camila (C1)	T1	E1C1
	Grand Rapid (C2)	T2	E1C2
Kale (E2)	Asima (C1)	T3	E2C1
	F1 (C2)	T4	E2C2
	Moscow (C3)	T5	E2C3
Mizuna (E3)	Nagano (C1)	T6	E3C1
	Rojo (C2)	T7	E3C2

Manejo de los cultivos

Preparación de la solución nutritiva. El volumen de agua utilizado en el sistema y la concentración de la solución nutritiva fue estándar, por lo que se mantuvo constante a lo largo del periodo productivo, independiente de la especie, cultivar y estado fenológico de los cultivos. Para la aplicación de los fertilizantes a la solución nutritiva (Anexo II) estos se debieron pre-diluir mediante el uso de soluciones madre, evitando de este modo precipitación de sales. La solución “A” incorporó fosfato monopotásico, nitrato de potasio, nitrato de amonio, sulfato de magnesio y fetrilon combi, la solución “B” nitrato de calcio.

En el estanque con toda el agua, se incorporaron ambas soluciones por separado, procurando mantener una agitación constante al momento de su aplicación. Las soluciones se incorporaron en un mismo volumen, se debió medir la conductividad eléctrica de la solución nutritiva utilizando un conductímetro y pH-metro HANNA (GroLine HI98131), el procedimiento se realizó hasta alcanzar una conductividad eléctrica de $2,0 \text{ dSm}^{-1}$. Posteriormente se debió medir el pH de la solución y se realizaron correcciones con aplicaciones de una solución ácida, nuevamente la aplicación se realizó incorporando el volumen de solución estimado, agitando y midiendo el pH hasta alcanzar un rango entre 5,8 y 6,0. Una vez ajustados estos parámetros comenzaba la recirculación de la solución en el sistema.

Siembra y trasplante. La siembra se realizó sobre un sustrato de turba y perlita, el día 27 de diciembre de 2017, aproximadamente dos semanas antes de fecha de trasplante. Todas las plantas fueron obtenidas en el mismo invernadero, localizado en Coyhaique en las coordenadas $45^{\circ}34'47,3''\text{S}$ $72^{\circ}05'46,7''\text{O}$. Cuando ya había ocurrido la aparición de la segunda hoja verdadera en el 100% de los plantines de cada especie, comenzaron a ser regados con solución nutritiva para llevarlos desde una conductividad eléctrica inicial de $1,0 \text{ dSm}^{-1}$ a $1,5-1,8 \text{ dSm}^{-1}$, con el objetivo de aclimatarlos para su posterior trasplante.

Al trasplantar los plantines al sistema NFT se debió lavar el pan de raíces para retirar la mayor cantidad de sustrato en contacto con su zona radical. Alrededor de la zona inferior del tallo se utilizaron trozos de esponjas para permitir su sujeción a las canaletas del sistema, la solución nutritiva ya se encontraba circulando al momento de realizar el trasplante.

Manejo de la solución nutritiva. La solución nutritiva fue corregida a diario, para esto se debió detener la bomba y esperar el retorno de agua al estanque, reestableciendo su nivel inicial. Se midió el pH y se realizó la corrección utilizando solución ácida, registrando el volumen de solución aplicada, agitando durante su incorporación y midiendo el pH de la solución hasta alcanzar un rango de pH entre 5,8 y 6,0. Luego de este procedimiento se midió la conductividad eléctrica y de ser necesario se incorporaron las soluciones A y B en mismas cantidades, hasta llevar la solución nuevamente a la conductividad eléctrica deseada ($2,0 \text{ dSm}^{-1}$).

Evaluaciones

Para las evaluaciones realizadas se procedió a medir las variables sobre las 6 plantas que comprenden cada unidad muestral, durante un mismo periodo de tiempo, lo que permitió observar diferencias en desarrollo entre cultivares de cada especie. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Duración del ciclo (días). Para evaluación de planta completa la duración del ciclo fue determinado desde la fecha de trasplante hasta su momento de evaluación, no corresponde a la fecha de cosecha. En el caso de producción de hojas, la duración del ciclo se determinó como el periodo transcurrido entre el trasplante y la última cosecha de hojas realizada.

Peso fresco (g). Para evaluaciones de planta completa se midió el peso de la planta visualmente más representativa de cada unidad muestral. En caso de evaluaciones de corte de hojas, se consideró el peso de la suma de cada hoja cosechada en la unidad muestral durante todo el periodo de evaluación.

Altura promedio (cm). Evaluación realizada para planta completa, corresponde al promedio de altura de todas las plantas de la unidad muestral el día de evaluación, determinada desde la parte superior de la canaleta del sistema NFT hasta la hoja más alta proyectada desde la planta.

Diámetro promedio (cm). Evaluación realizada para planta completa, correspondiente al promedio del diámetro de todas las plantas de cada unidad muestral el día de cosecha, medido de manera perpendicular a la canaleta.

Número de hojas (N°). Para evaluaciones de planta completa se consideró como el promedio de hojas extendidas de cada planta de la unidad muestral. En el caso de evaluaciones de corte se realizó la suma de hojas de cada planta en la unidad muestral cada vez que se efectuó la cosecha de hojas, estas fueron cosechadas con un tamaño mayor a 10 cm.

Las variables calculadas correspondieron a:

Mortalidad (%). Porcentaje estimado en base a la cantidad de plantas que presentaron mortalidad en cada unidad muestral.

Descarte (%). Referencia porcentual de producto no comercializable al momento de evaluación, determinado a partir del descuento de plantas que presentaron mortalidad y cuya media muestral se encuentra en el 16% inferior en cada uno de los tres parámetros biométricos evaluados (altura, diámetro y número de hojas), el límite de descarte determinado para cada parámetro fue establecido de manera independiente en cada localidad, especie y variedad, restando a la media general una desviación estándar.

Producción (g m⁻²). Peso fresco del total de plantas en un metro cuadrado.

Ventas netas (\$ m⁻¹). La estimación de ventas netas (\$ m⁻¹) se realizó fijando un precio teórico de venta a cada hortaliza, mediante información recopilada desde fuentes secundarias. Dicho precio teórico varía según especie, localidad y formato de venta utilizados (Cuadro 9).

Análisis estadístico

Los resultados de las evaluaciones fueron analizados mediante un ANDEVA (análisis de varianza), en caso de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de un 5%. Cada localidad y especie fueron analizados en forma independiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos para cosecha de planta completa

Como se mencionó anteriormente, tres de los invernaderos fueron utilizados con ensayos desarrollados con el objetivo de evaluar la cosecha de plantas completas. Las fechas claves de los ensayos por localidad se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fechas de ciclos productivos para ensayos de planta completa

Momento	Coyhaique	Puerto Aysén	Cochrane
Siembra	27-12-2017	27-12-2017	27-12-2017
Trasplante	10-01-2018	16-01-2018	12-01-2018
Evaluación	29-01-2018	01-02-2018	30-01-2018
Cosecha	09-02-2018	08-02-2018	**
Duración del ciclo*	19 días	16 días	17 días
Siembra a evaluación	33 días	36 días	34 días

* La duración del ciclo corresponde a los días transcurridos en el sistema hidropónico desde trasplante hasta la fecha en que fueron evaluados los ensayos, no coincide con la fecha de cosecha. ** Las plantas de este invernadero no lograron llegar hasta la cosecha.

Coyhaique: Jessica Balkenhol

Esta localidad presentó problemas en la instalación del sistema NFT, lo que causó pérdidas de solución nutritiva en algunos puntos del sistema, también hubo problemas de estrés por radiación excesiva para lo que se utilizó una malla negra tipo Raschel que permitió disminuir la radiación incidente.

Los ensayos realizados duraron 19 días, transcurridos entre trasplante hasta su evaluación, en ellos se utilizaron dos cultivares de lechuga, dos de mizuna y tres de kale. Para los análisis se consideraron los siguientes parámetros biométricos: peso fresco, diámetro, altura y número de hojas, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen de parámetros biométricos evaluados para análisis de cosecha de planta completa en Coyhaique.

Especie/Var	Peso fresco (g unidad⁻¹)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Hojas (N°)
Lechuga: <i>Lactuca sativa</i> L.				
Camila	13,3 a	11,5 a	6,8 a	5,4 a
Grand Rapid	5,5 b	10,3 a	5,8 b	4,8 b
Mizuna: <i>Brassica rapa</i> var. <i>japonica</i>				
Nagano	85,8 a	36,9 a	20,4 a	26,9 a
Roja	47,5 b	29,7 b	18,7 a	9,3 b
Kale: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.				
Moscow	23,3 a	21,8 a	17,7 a	7,1 a
Asima	20,0 a	16,8 b	14,4 b	6,2 b
F1	20,8 a	16,3 b	10,9 c	5,8 b

Medias con una letra común entre cultivares de cada especie y en cada parámetro no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los cultivares de lechuga utilizados en Coyhaique arrojaron como resultado un diámetro de planta similar. Sin embargo, el cultivar Camila obtuvo mejores resultados en tres de las evaluaciones realizadas, destacando en los parámetros de peso fresco, altura y número de hojas.

En cuanto a mizuna, se observó que el cultivar Nagano obtuvo valores superiores para peso fresco, diámetro y número de hojas, por lo tanto, se observa una mejor respuesta en comparación con mizuna ‘Roja’.

Para las plantas de kale no hubo diferencias en términos del peso fresco obtenido. ‘F1’ se encontró por debajo de los otros dos cultivares evaluados en tres de los parámetros analizados, mientras que ‘Moscow’ arrojó mejores resultados tanto para diámetro, altura, como número de hojas.

En base a los resultados obtenidos se realizaron estimaciones que incluyen producción por metro cuadrado, volumen de plantas, porcentaje de producto descartable, además del porcentaje de mortalidad observado, esta información se encuentra disponible en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen parámetros productivos estimados para análisis de cosecha de planta completa en Coyhaique.

Especie/Var	Producción (g m ⁻²)	Volumen (cm ³)	Mortalidad (%)	Descarte (%)
Lechuga: <i>Lactuca sativa</i> L.				
Camila	213,3 a	1.916,2 a	2,8 a	8,3 a
Grand Rapid	88,0 b	1.337,2 a	19,4 b	22,2 b
Mizuna: <i>Brassica rapa</i> var. <i>japonica</i>				
Nagano	1.373,3 a	55.263,8 a	0,0*	0,0*
Roja	760,0 b	35.430,5 a	0,0*	0,0*
Kale: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.				
Moscow	373,3 a	17.862,0 a	0,0*	0,0*
F1	333,3 a	7.963,9 b	2,8*	2,8*
Asima	320,0 a	6.526,4 b	0,0*	0,0*

Medias con una letra común entre cultivares de cada especie y en cada parámetro no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). * Resultados no fueron analizados estadísticamente por falta de variabilidad entre los datos obtenidos.

Pese a no poder realizar comparaciones con experiencias similares de lechugas por no haber finalizado el ciclo de producción y no contar con alguna medida de referencia que se asemeje al periodo transcurrido, se pudo observar el crecimiento de plantas sanas y uniformes, con un buen desarrollo de acuerdo con su fase del ciclo. La variedad de *Lactuca sativa* L. var. *acephala*, a la cual corresponden los cultivares Camila y Grand Rapid fue evaluada en la investigación realizada por Gutiérrez (2011) en Valdivia, donde se alcanzó una altura de cosecha entre 9 a 10,5 cm y un diámetro entre 15 y 17 cm, en un periodo cercano a 100 días desde su siembra, en contraste con lo obtenido en Coyhaique, donde se obtuvo una media de 6,8 cm de altura y de 11,5 cm de diámetro en 33 días desde la siembra hasta evaluación, para el cultivar con mejor desempeño.

Según lo descrito por Espindola (2006), las plantas de *Lactuca sativa* L. var. *acephala* presentan un incremento en el número de hojas producidas luego de 30 a 40 días después del trasplante como referencia, periodo en el cual duplican su número foliar, por lo cual es esperable que cumplan con lo requerido respecto al número de hojas necesarias para su cosecha, el cual corresponde a un total entre 18 a 20 hojas. Para la estimación productiva tanto de peso como de volumen de los cultivares de lechuga no hubo diferencias, en cuanto al porcentaje de mortalidad 'Grand Rapid' presentó valores superiores al cultivar Camila. El alto porcentaje de mortalidad de 'Grand Rapid' y los menores resultados obtenidos en términos productivos favorecen al cultivar Camila, por lo cual su uso es recomendable.

El cultivar de kale F1 presentó un porcentaje de descarte a diferencia de ‘Moscow’ y ‘Asima’, este descarte estuvo compuesto por plantas que obtuvieron mortalidad, pues no hubo plantas que se consideraran descartables por bajo calibre. El cultivar Moscow presentó en su totalidad productos comercializables y un volumen proyectado superior respecto a los otros cultivares, en términos generales es posible apreciar un mejor comportamiento de este cultivar en la localidad.

Al comparar los resultados obtenidos con un ensayo de este cultivar de kale en La Paz, Bolivia (Tipo Red Russian), se observa una altura superior en un número menor de días. En el caso del ensayo realizado en La Paz, las plantas tuvieron una altura aproximada entre 10 y 12 cm después de 37 días desde la siembra (Hilaquita, 2017), mientras que en el ensayo realizado en Aysén luego de 33 días transcurridos desde la siembra las plantas del cultivar Moscow alcanzaron una altura media de 17,7cm. Al comparar el caso de Bolivia se observa que el promedio obtenido por ‘Red Russian’ coincide con el cultivar ‘Asima’, el que presentaba diferencias significativas favorables para el cultivar Moscow.

El cultivar Moscow fue el que obtuvo mejores resultados, destacándose frente a kale ‘F1’ y ‘Asima’, lo anterior debe ser considerado al escoger el tipo de kale que se desee cultivar en la localidad, tomando en consideración que ‘Moscow’ pertenece al grupo de kales conocidos como Red Russian, el cual se caracteriza por tener hojas dentadas en forma de roble, de color verde grisáceo con venas y tallos de color morado oscuro, cuyo sabor mejora al exponerse al frío (Cornell University, 2006).

Es posible afirmar que las plantas de kale lograron desarrollarse de buena manera en el sistema hidropónico, sin embargo, las ráfagas afectaron directamente a este cultivo, si bien la velocidad mensual del viento promedio no supera los 10 km h⁻¹, se presentan ráfagas repentinas que pueden alcanzar los 70 km h⁻¹ (Arribillaga, 2014), por lo que la localización del invernadero, el hábito erecto de las plantas y la poca sujeción que les permite el sistema generaron daño mecánico producto de la caída de plantas.

Las plantas de mizuna tuvieron un comportamiento destacado en Coyhaique, alcanzando más del doble de la altura registrada en la evaluación realizada en Chile por Mills (2000) en un mismo periodo, donde se evaluaron tres fechas de siembra en cultivo convencional en la zona centro del país, la altura de plantas alcanzada al día 33 es inferior a 10 cm para todos los casos, dicho periodo es equivalente al mismo periodo entre siembra y evaluación de las plantas del ensayo realizado en Coyhaique, donde los promedios de altura entre los cultivares evaluados no presentaron diferencias entre sí, superando los 18 cm. Esta misma situación se repitió con el parámetro de diámetro de planta, donde la experiencia de Mills alcanzó como máximo 20 cm en contraste con un mínimo de 29,7 cm alcanzado en Coyhaique. El número de hojas mizuna ‘Roja’ tuvo un comportamiento similar a la experiencia realizada por Mills, con un promedio cercano a 10 hojas por planta, mientras que mizuna ‘Nagano’ tuvo diferencias significativas con mizuna ‘Roja’ alcanzando una media de 26,9 hojas por planta. No presentaron mortalidad y se determinó que no existían productos que fuera posible considerar como descartables para el estado del cultivo según el criterio establecido. Los

cultivares presentan diferencias en tres parámetros biométricos, uno de ellos es el número de hojas, el que guarda relación directa con el hábito de crecimiento y desarrollo propio de cada cultivar, donde el valor alcanzado por mizuna ‘Nagano’ es significativamente mayor pero no implica ninguna diferencia en términos de producción. Sin embargo, tanto peso fresco, como diámetro resultaron ser mejores para mizuna ‘Nagano’, por lo que su uso se recomienda por sobre el cultivar de mizuna ‘Roja’.

Puerto Aysén: Candelaria Martínez

Para los ensayos realizados en el invernadero de Candelaria Martínez se utilizaron dos cultivares de mizuna y tres de kale. En este caso para lechuga solo se utilizó el cultivar Grand Rapid de manera referencial, pues al momento de realizar el trasplante no se contaba con suficientes plantas del cultivar Camila en buen estado, por lo que no fue posible efectuar un análisis comparativo para la especie.

Después de 16 días transcurridos desde el trasplante se midieron los parámetros biométricos de peso fresco, diámetro, altura y número de hojas, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resumen parámetros biométricos evaluados para análisis de cosecha de planta completa en Puerto Aysén.

Especie/Var	Peso fresco (g unidad⁻¹)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Hojas (N°)
Lechuga: <i>Lactuca sativa</i> L.				
Grand Rapid	28	17,4	9,2	5,3
Mizuna: <i>Brassica rapa</i> var. <i>japonica</i>				
Nagano	57,7 a	31,8 a	21,3 a	26,2 a
Roja	60,7 a	31,0 a	16,9 b	8,7 b
Kale: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.				
F1	25,7 a	17,8 a	14,7 a	5,1 a
Moscow	17,8 a b	17,4 a	14,8 a	5,3 a
Asima	14,5 b	15,8 a	9,8 b	5,8 a

Medias con una letra común entre cultivares de cada especie y en cada parámetro no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Las plantas de lechuga ‘Grand Rapid’ alcanzaron una altura media y diámetro cercano al obtenido por Gutiérrez (2011) en un periodo menor de días, sin embargo, estas plantas

mantiene un valor muy por debajo del esperado para su cosecha de 18 hojas. El peso fresco también se encuentra por debajo del esperado. Sin embargo, la información disponible para diversos cultivares de la misma variedad varía entre 50 y 220 gramos, por lo que no es una medida estricta (Gutiérrez, 2011). Se puede apreciar un buen comportamiento de la especie para el periodo de evaluación considerando los 36 días transcurridos desde su siembra, 16 en el sistema hidropónico y el tamaño alcanzado por las plantas.

Los resultados obtenidos en ambos cultivares de mizuna no presentaron diferencias respecto al peso fresco y diámetro de planta. Tanto altura como número de hojas fueron superiores en el caso de ‘Nagano’, este segundo parámetro se explica por el hábito de desarrollo del cultivar, sin ninguna implicancia en términos de producción.

En cuanto a los cultivares de kale, el peso por planta obtenido en ‘F1’ fue el más alto, teniendo un resultado similar al cultivar ‘Moscow’ en todos los parámetros evaluados.

Adicionalmente se realizaron estimaciones de producción por metro cuadrado, volumen promedio de plantas, descarte y se obtuvo el porcentaje de mortalidad, resumidos en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen de parámetros productivos estimados para análisis de cosecha de planta completa en Puerto Aysén.

Especie/Var	Producción (g m ⁻²)	Volumen (cm ³)	Mortalidad* (%)	Descarte* (%)
Lechuga: <i>Lactuca sativa</i> L.				
Grand Rapid	448,0*	5.821,3*	0,0*	2,8*
Mizuna: <i>Brassica rapa</i> var. <i>japonica</i>				
Nagano	922,7 a	42.772,7 a	0,0*	2,8*
Roja	970,7 a	35.981,8 b	0,0*	0,0*
Kale: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.				
F1	410,7 a	9.803,7 a	0,0*	0,0*
Moscow	285,3 a b	10.056,3 a	0,0*	2,8*
Asima	232,0 b	5.383,7 a	0,0*	0,0*

Medias con una letra común entre cultivares de cada especie y en cada parámetro no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). * Resultados no fueron analizados estadísticamente por falta de variabilidad entre los datos obtenidos.

Mizuna ‘Roja’ y ‘Nagano’ no presentaron diferencias en la producción por metro cuadrado estimada. Sin embargo, en términos del volumen por planta es posible observar una proyección mayor en las plantas del cultivar Nagano. En cuanto al porcentaje de descarte estimado para ‘Nagano’, el valor obtenido incluyó a una planta que inició su etapa de

floración, lo cual puede asociarse a una planta fuera de tipo o al cumplimiento del requisito térmico para el inicio de dicho proceso en las condiciones de este invernadero.

El ensayo de mizuna realizado en Chile por Mills (2000) en contraste con esta localidad, evidencia un resultado favorable para Puerto Aysén en dos de los parámetros evaluados en un mismo número de días. Mills obtuvo una proyección de diámetro máximo de 20 cm en comparación con los 31cm obtenidos en la localidad, así también es posible comparar la altura media, que para Mills resultó ser inferior a 10 cm en lugar de una altura promedio de 16,9 cm obtenida por mizuna ‘Roja’ y de 21,3 cm obtenida por ‘Nagano’ en Puerto Aysén. Respecto al número de hojas, se obtuvo un valor cercano a 10 hojas, lo cual se asemeja al comportamiento del cultivar de mizuna Roja (Mills, 2000). El cultivar de mizuna Roja fue el que obtuvo mejores resultados en términos del peso por planta obtenido, sin embargo, mizuna ‘Nagano’ proyectó un volumen superior, lo anterior puede ser considerado al momento de comercializar dichas hortalizas en el formato y modo de venta que resulte más conveniente.

A partir de las evaluaciones realizadas para kale, se estimó una producción por metro cuadrado superior para ‘F1’, si bien entre este cultivar y ‘Moscow’ no existen diferencias significativas, el cultivar Moscow fue el único en presentar un porcentaje de producto descartable según el criterio de calibre establecido, lo cual evidenciaría un comportamiento menos uniforme en el crecimiento del cultivar en esta localidad. Al comparar la respuesta del parámetro de altura de kale obtenida en La Paz se observan resultados similares para este cultivo en Puerto Aysén, mientras que en La Paz las plantas de kale tuvieron una altura promedio de 12 cm al transcurrir 37 días desde su siembra, para Puerto Aysén en un total de 36 días se alcanzaron alturas cercanas a 14 cm (Hilaquita, 2017).

En esta localidad el sistema hidropónico funcionó de manera óptima, presentando la totalidad de las hortalizas ausencia de mortalidad, lo cual puede ser atribuible a un comportamiento más estable en la temperatura de Puerto Aysén comparativamente con Coyhaique, y a lo observado al interior de invernaderos con registro de temperatura utilizados de manera referencial durante el transcurso de los ensayos (disponible en Apéndice III y IV).

Cochrane: Leonora Campos

El invernadero perteneciente a Leonora Campos sufrió un corte de energía eléctrica durante un periodo de tiempo de 12 horas, suspendiendo el flujo de solución nutritiva y causando la muerte de un alto porcentaje de plantas. Debido a lo anterior, no fue posible la obtención de resultados para un correcto análisis estadístico, sin embargo, permitió visualizar diferencias importantes en cuanto a la resistencia que presentan las especies utilizadas. En la Figura 2 se observa el porcentaje de mortalidad de plantas expuestas a dicho estrés.

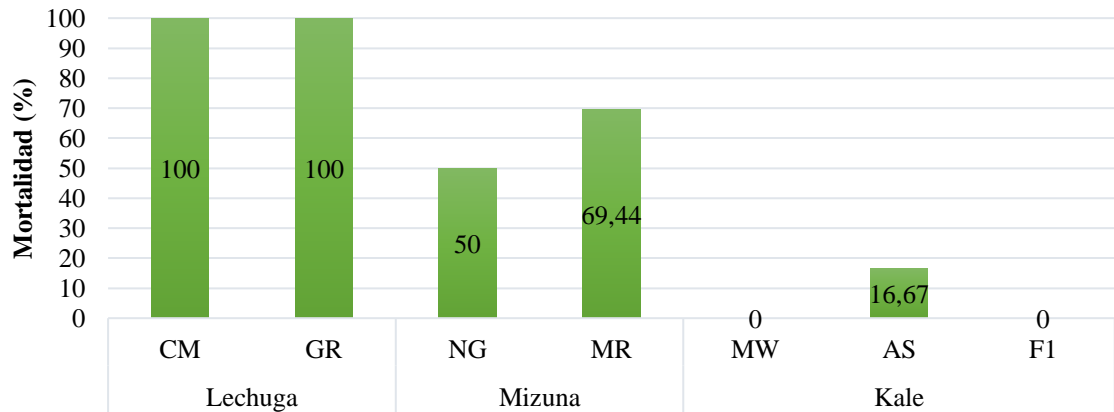


Figura 2. Porcentaje de mortalidad de cultivares sometidos a estrés hídrico en Cochrane. Las siglas de la figura corresponden a las variedades de cada especie, CM: ‘Camila’, GR: ‘Grand Rapid’, NG: ‘Nagano’, MR: ‘Mizuna Roja’, MW: ‘Moscow’, AS: ‘Asima’, F1: ‘F1’.

Las plantas de Kale, tanto para el cultivar Moscow como ‘F1’, lograron sobrevivir en su totalidad. Mizuna pese a verse afectado en ambos cultivares, obtuvo un porcentaje de mortalidad inferior a lechuga, cuya mortalidad fue del 100% en ambos cultivares. Lo anterior es un factor que podría ser considerado en las distintas localidades, según el riesgo a sufrir fenómenos que pudieran paralizar el sistema hidropónico. Lo ocurrido en este evento coincide con descripciones previas que destacan una alta resistencia de las plantas de kale, tanto a tolerar estrés hídrico como térmico (Hahn, 2016; Cornell University, 2006; Kalloo, 1993).

Ensayos para cosecha de corte

Coyhaique: Sandra Gatica

En el invernadero de Sandra Gatica se realizaron mediciones que permiten determinar diferencias productivas de hortalizas para la comercialización de hojas, buscando el desarrollo productivo de mix de ensaladas, por lo que se cuenta con tres fechas de cosechas. Las fechas claves del ciclo productivo se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Fechas claves en el ciclo productivo en el ensayo para cosecha de corte.

Momento	Fecha	DDT
Siembra	27-12-2017	
Trasplante	09-01-2018	
Cosecha 1	29-01-2018	20
Cosecha 2	07-02-2018	29
Cosecha 3	14-02-2018	36
Siembra hasta última cosecha		59 días

La duración del ciclo fue determinada desde la fecha de trasplante hasta su última cosecha (DDT: Días Desde Trasplante)

Las evaluaciones realizadas en este invernadero corresponden a peso fresco, número de hojas cosechadas y mortalidad, las que fueron medidas por la propia agricultora al momento de efectuar las cosechas sucesivas, guardando registro mediante el uso de fichas de datos previamente elaboradas. Adicionalmente, se estimó la producción extrapolando esta información obtenida a un metro cuadrado.

Los resultados obtenidos a partir de cada una de las mediciones y estimaciones realizadas se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Resumen de parámetros evaluados y estimados para análisis de cosecha de hojas en Coyhaique.

Especie/Var	Peso fresco (g unidad⁻¹)	Hojas (N°)	Producción (g m⁻²)	Mortalidad (%) *
Lechuga: <i>Lactuca sativa</i> L.				
Camila	28,1 a	9,6 a	449,6 a	55,6 *
Grand Rapid	26,7 a	11,6 a	426,7 a	13,9 *
Mizuna: <i>Brassica rapa</i> var. <i>japonica</i>				
Nagano	95,9 a	66,6 a	1.534,5 a	25,0 *
Roja	113,6 a	32,2 b	1.818,1 a	13,9 *
Kale: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.				
F1	103,3 a	11,3 a	1.653,3 a	13,9 *
Asima	73,4 a b	10,6 a	1.174,0 a b	0,0 *
Moscow	41,3 b	7,5 b	660,0 b	2,8 *

Medias con una letra común entre cultivares de cada especie y en cada parámetro no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). * Resultados no analizados estadísticamente por no cumplir supuesto de homogeneidad de varianza.

Este invernadero en particular presentaba condiciones pobres de ventilación, durante el día en que se efectuó el trasplante alcanzó una temperatura de 40°C, lo que dificultó la respuesta inicial de las plantas en el sistema causando un alto porcentaje de mortalidad (De Grazia, 2001).

Entre lechugas no existen diferencias relevantes, sin embargo, el porcentaje de mortalidad de 'Camila' sugiere una mayor sensibilidad frente al estrés presentado producto de la escasa ventilación y exceso de temperatura. La lechuga 'Grand Rapid' es altamente sensible al exceso de radiación y temperatura, el hecho de haber establecido estas plantas al interior de un invernadero con las condiciones descritas en la época más calurosa del año afectó su tasa fotosintética, alcanzando una alta mortalidad y escasa producción de follaje (Tambussi, 2004). Pese a haber tenido un prolongado periodo de producción ninguno de los cultivares obtuvo una producción adecuada.

No existen diferencias en ninguno de los parámetros evaluados para los cultivares de mizuna, ambos cultivares de mizuna presentaron un resultado adecuado, las plantas no dejaron de producir follaje durante el ciclo. Se alcanzó a cosechar una masa de hojas muy superior a las otras especies evaluadas. Sin embargo, mizuna 'Nagano' presenta una alta tasa de mortalidad.

Para kale se observó una menor producción en el cultivar Moscow, mientras que 'Asima' y 'F1' presentaron mejores resultados sin evidenciar diferencias entre sí, el cultivar que presentó menor descarte fue kale 'Moscow'.

Estimación económica

En la región de Aysén existe una gran amplitud de precios de comercialización de hortalizas a nivel de consumidor, que fluctúan según localidad y formato de venta. Coyhaique es la localidad donde alcanzan uno de los más altos valores de la región, es posible comercializar una lechuga cultivada de manera tradicional a un valor de \$877, mientras que en Puerto Aysén el mismo producto alcanza un valor aproximado de \$747 (Lladser, 2018). La encuesta Aysén, realizada el año 2016, arrojó como resultado que uno de los formatos de hortalizas requeridos por parte de los consumidores en los que hay un interés predominante es el formato hidropónico y en segundo lugar productos IV Gama. Además, existe una disposición general por parte de ellos a pagar entre un 15 y 20% adicional al precio de formato de venta tradicional (Lladser, 2018), dando por resultado un precio de venta de lechugas de un peso aproximado de 250 g de origen hidropónico (Roble Huacho, 2018 y Chirinos, 2013) de \$950 en Coyhaique y de \$805 en el caso de Puerto Aysén (Lladser, 2018).

Para mizuna y kale, al tratarse de hortalizas recientemente introducidas en la región, los precios se establecieron como el equivalente a un mix de hojas, este formato normalmente alcanza un precio de venta de \$1.000 por cada 100 g de producto (Lladser, 2018), lo cual corresponde al formato habitual de comercialización de kale y mizuna. Se decidió mantener un precio idéntico para la venta de una planta completa de 250 g, y para la venta de 100 g de hojas según el valor estándar observado (Roble Huacho, 2018 y Chirinos, 2013). En el Cuadro 9 se presentan los precios de venta por especie, localidad y formato utilizados.

Cuadro 9. Resumen de precios utilizados para estimación de ventas netas para 250 g de producto.

Localidad	Formato	Lechuga	Mizuna	Kale
		----- \$ -----		
Coyhaique: J. Balkenhol	Planta completa	950	1.000	1.000
Coyhaique: S. Gatica	Hojas	2.500	2.500	2.500
Puerto Aysén: C. Martínez	Planta completa	805	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia en base a información recopilada.

La venta neta ($\$ m^{-2}$) se estimó hasta la fecha de evaluación de cada localidad, se asumió una relación directamente proporcional entre el peso producido por metro lineal y su valor en función de los precios de venta teóricos asociados a 250 gramos de producto, dichos resultados se encuentran resumidos en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados de ventas netas obtenidas por variedad, formato de venta y localidad.

Especie	Variedad	Venta neta (\$ m⁻¹)
Coyhaique: J. Balkenhol¹		
Lechuga	Grand Rapid	101,4
	Camila	190,0
Mizuna	Nagano	1.267,0
	Roja	760,0
Kale	Moscow	373,0
	F1	333,2
	Asima	320
Coyhaique: S. Gatica²		
Lechuga	Grand Rapid	1.066,8
	Camila	1.124,0
Mizuna	Nagano	3.836,4
	Roja	4.545,2
Kale	Moscow	1.650,0
	F1	4.133,2
	Asima	2.935,2
Puerto Aysén: C. Martínez¹		
Lechuga	Grand Rapid	360,6
Mizuna	Nagano	922,7
	Roja	970,7
Kale	Moscow	285,3
	F1	410,7
	Asima	232,0

Los valores en **negrilla** corresponden a los mayores valores alcanzados por especie en cada ensayo a la fecha evaluada. ^{1/} Formato planta completa. ^{2/} Formato hojas

Debido a diferencias en la duración del periodo de evaluación no es posible realizar comparaciones entre los formatos de venta y entre las distintas localidades. Sin embargo, para todas ellas hubo una tendencia a obtener la mayor venta neta en ambos cultivares de Mizuna. En Coyhaique para la venta de planta completa fue liderado por el cultivar Nagano, mientras que en Puerto Aysén para el formato de planta completa y en Coyhaique para el formato de hojas los mejores resultados se obtuvieron con el cultivar mizuna ‘Roja’.

Las ventas netas de ambas mizunas fueron seguidas por kale en ambas localidades y formatos. En el caso de Coyhaique, para el formato de planta completa el mejor precio se obtuvo con el cultivar de kale Moscow, mientras que en Puerto Aysén el mismo formato obtuvo un mejor precio para el cultivar F1. En cuanto a la evaluación de Coyhaique para formato de hojas se obtuvo un resultado bastante superior para el cultivar de kale F1.

El resultado tremendamente superior obtenido por Sandra Gatica se debe a que es un valor obtenido en el transcurso de 56 días desde siembra hasta la tercera cosecha realizada, además de la posibilidad de alcanzar un valor comercial superior por tratarse de la venta exclusiva de órganos de consumo y no de planta completa.

Discusión y consideraciones generales

Es necesario destacar que los resultados de este trabajo no son concluyentes sobre el ciclo productivo de todas las hortalizas analizadas, pues hubo problemas logísticos que impidieron que la información recopilada correspondiera al resultado final del mismo. Pese a aquello, fue posible analizar comparativamente el progreso obtenido para cada cultivar de cada especie y su comportamiento en las distintas localidades.

Las plantas de lechuga presentaron grandes diferencias entre Coyhaique y Puerto Aysén. En el momento de efectuar el muestreo habían transcurrido solo 19 días para Coyhaique y 16 días para Puerto Aysén sobre el sistema hidropónico, mientras que ‘Grand Rapid’ obtuvo una producción de 88 g m^{-2} en Coyhaique, en Puerto Aysén este mismo cultivar en un número de días similar alcanzó 448 g m^{-2} . En base a esto es posible evidenciar diferencias de comportamiento en las distintas localidades, siendo ‘Grand Rapid’ más apta para Puerto Aysén, al haber alcanzado mejor diámetro, altura y número de hojas. Sin embargo, para Coyhaique se presenta como una buena alternativa el cultivar Camila, pues obtuvo una respuesta más adecuada que ‘Grand Rapid’ en todos los parámetros evaluados.

En cuanto a las plantas de mizuna fue posible encontrar un resultado similar en ambas localidades. Sin embargo, en Coyhaique la producción obtenida por mizuna ‘Nagano’ fue superior a Puerto Aysén, y en Puerto Aysén la producción obtenida por mizuna ‘Roja’ fue superior a Coyhaique. Los parámetros evaluados fueron cercanos entre los cultivares utilizados en ambas localidades, en todos los casos se obtuvo un porcentaje de mortalidad del 0% de las plantas. Para ambas localidades los resultados obtenidos superan lo obtenido en los ensayos realizados por Mills (2000) en la zona central del país. Mizuna se sitúa como una muy buena alternativa de producción por su vigor y rápido crecimiento.

Las plantas de kale presentaron una respuesta similar en ambas localidades, en el caso de Coyhaique el cultivar Moscow alcanzó valores de los parámetros número de hojas, altura y diámetro de plantas mayor a los otros dos cultivares, aunque en términos de producción fue ligeramente superior a ‘F1’ y ‘Asima’, sin diferencias significativas. En el caso de Puerto Aysén el cultivar que obtuvo mejores resultados fue ‘F1’. Sin embargo, este no presentó diferencias significativas con el resultado obtenido por el cultivar Moscow, por lo que ambos son recomendables por sobre Asima. En base a aquello se observa un comportamiento más estable en el cultivar Moscow. El hábito de crecimiento de esta especie pone en duda su uso en un sistema de estas características debido a la sujeción de las plantas y a la capacidad de extender el periodo productivo de estas mediante exclusiva cosecha de hojas. Dicho formato, evaluado en Coyhaique permitió obtener una alta producción en 36 días sobre el sistema

hidropónico, alcanzando un alto nivel de producción sobre 100 gramos exclusivamente de órganos comestibles por planta para el caso de 'F1', lo cual permite un alto valor comercial asociado.

El trasplante en Puerto Aysén fue realizado seis días después que en Coyhaique, con plantas sembradas en la misma fecha y por lo tanto más desarrolladas, lo que pudo actuar de manera favorable para un resultado superior obtenido por las plantas de lechuga en Puerto Aysén en una cantidad de tiempo similar, producto de una mayor superficie de contacto de raíces con el flujo laminar de nutrientes (Ruscitti, 2015). Esto es un punto clave para el éxito del trasplante en un sistema hidropónico NFT, es necesario tener plantas del tamaño apropiado al momento de trasplantarlas. Además, es necesario considerar como punto crítico el lavado de raíces para eliminar el sustrato de los plantines, ya que este procedimiento provoca el deterioro de las raíces, por lo que es aconsejable utilizar otro tipo de medio de germinación como la espuma fenólica.

El manejo de la solución nutritiva, la ventilación del invernadero y el control de temperatura de la solución, fueron factores críticos en estos ensayos y lo son de manera general para un correcto funcionamiento de un sistema hidropónico. En el sistema NFT el oxígeno es aportado por el flujo de la solución nutritiva, lo que permite su constante incorporación, además de la zona radical en contacto directo con el aire (Andreu, 2015). Sin embargo, la exposición de las plantas a temperaturas excesivas provoca una disminución en el oxígeno disponible en la solución y esto a su vez provoca anomalías en el metabolismo celular (Andreu, 2015), en este punto el tamaño del estanque que se utilice es fundamental. Si el estanque colector posee una baja capacidad ocurrirán cambios abruptos de temperatura en la solución, por el consecuente incremento de la temperatura ambiental al interior del invernadero (Carbone, 2015).

La Región de Aysén presenta alzas de temperatura durante el verano, este incremento al interior del invernadero es aumentado y puede provocar daño irreversible en raíces y en consecuencia en el cultivo, producto del calentamiento de la solución de nutrientes. Adicionalmente, se debe considerar que un aumento de 10°C duplica el consumo de oxígeno por parte de las plantas (Carrasco et al., 1996). En el caso de Coyhaique, en el ensayo realizado para planta completa, este problema se presentó afectando a las plantas de lechuga, principalmente 'Grand Rapid'. La misma situación de mortalidad de plantas se repitió en el invernadero destinado a evaluación de cosecha de hojas, donde la ventilación no era suficiente para renovar el aire, ni mantener una temperatura apropiada al interior de este, sin embargo, en este caso el estanque colector del ensayo fue cambiado por uno de mayor capacidad.

Por otro lado, según Carrasco et al. (1996) un requerimiento promedio por planta de lechuga se encuentra cercano a 0,3 litros por planta diarios, si el estanque colector es de 500 L y la cantidad de plantas del invernadero es 2.268 aproximadamente, debieran realizarse correcciones a diario o más de una vez al día, pues el requerimiento de esta cantidad de plantas debiera encontrarse cercano a los 680 L diarios (Carrasco et al., 1996). Los agricultores cuentan con instrumentos manuales para estas correcciones, por lo que es

aconsejable utilizar volúmenes de solución que según Carrasco et al. (1996) deben duplicar lo requerido diariamente por el cultivo, es decir, se aconsejaría un estanque de 1.000 L como mínimo tomando en consideración que las mesas del invernadero no se encuentran activas en su totalidad, o de estarlo presentan plantas en diferentes estados fenológicos, que pudieran tener menor requerimiento y por lo tanto no cumplan con este consumo referencial.

El uso de especies de estación fría en la época más calurosa del año al interior de un invernadero fue un interesante factor de análisis, pues si bien toleran un amplio rango de temperatura, tienden a frenar o disminuir su tasa de desarrollo sobre un límite térmico específico. El caso más notorio fue el de las plantas de lechuga, pues se estimula la inducción floral al superar los 21-27°C, dichas temperaturas según registros referenciales en invernaderos de similares características (Apéndice II) fueron recurrentemente sobrepasadas durante el periodo de ensayos, esto pudo interferir en el desarrollo alcanzado por ambas lechugas pese a pertenecer a una familia con resistencia relativa a altas temperaturas (Espindola, 2006). La lechuga es una de las hortalizas más demandadas en la región (Lladser, 2018), por lo que resulta necesario indagar en el estudio de cultivares que se adapten de mejor manera y en el control climático al interior de invernaderos.

Ambas plantas de la familia de las brassicáceas utilizadas, kale y mizuna, también presentan limitantes de desarrollo modulado por el exceso de temperatura (Cornell University, 2006; Kalisz, 2001). Sin embargo, fueron menos evidentes, ya que en el periodo de evaluación fue posible cosechar algunas de ellas, logrando un ciclo muy corto de producción que impidió la emisión de tallos florales. Por otra parte, su uso en un momento de alta temperatura dificulta el proceso de vernalización, lo cual en este caso es favorable ya que evita el deterioro en la calidad de las hojas, su órgano de consumo.

CONCLUSIONES

Es posible el uso del sistema hidropónico NFT en distintas localidades de la Región de Aysén, permitiendo una producción de hortalizas diversas y aportando nuevas opciones productivas para los agricultores.

Para la cosecha de planta completa, tanto en Coyhaique como Puerto Aysén, mizuna presenta una buena respuesta, destacando el comportamiento del cultivar Nagano por su estabilidad. En Puerto Aysén tanto mizuna 'Roja' como 'Nagano' son igualmente recomendables.

En Coyhaique el kale cultivar Moscow es preferible sobre 'Asima' y 'F1', mientras que en Puerto Aysén se comporta de igual manera kale 'Moscow' y 'F1'. En base a esto, se identifica un comportamiento estable en el cultivar Moscow por lo que su uso se recomienda para producción en formato de planta completa.

Para la producción destinada a cosecha de hojas en Coyhaique se recomienda el uso de kale 'F1' y 'Asima' de igual manera. En cuanto a mizuna, el cultivar Roja es el de mejores resultados, aunque ambos cultivares son altamente productivos.

Las lechugas 'Camila' se adaptan adecuadamente a las condiciones de Coyhaique para obtención de plantas completas. Sin embargo, presentan sensibilidad a las altas temperaturas y humedad relativa de los invernaderos causando una elevada tasa mortalidad. En el caso de Puerto Aysén el cultivar Grand Rapid obtiene una respuesta adecuada de acuerdo con su periodo productivo. Es necesario investigar más sobre distintas variedades y cultivares de esta especie, además de efectuar un control riguroso de condiciones ambientales, favoreciendo la ventilación de los invernaderos e incorporando el uso de mallas sombreadoras.

Entre lechuga, kale y mizuna, esta última es de manera transversal la que obtiene los mejores resultados en términos económicos, entre localidades y formas de comercialización, seguido por kale.

La experiencia de Cochrane permitió comprobar que kale se adapta a una mayor variación climática y exposición a factores de estrés de diversos tipos, su hábito de crecimiento erecto dificulta la sujeción de las plantas al sistema NFT en zonas con viento excesivo o ráfagas frecuentes, por lo que se recomienda tomar precauciones. Mizuna también es capaz de tolerar un estrés prolongado, aunque en menor medida que kale.

BIBLIOGRAFÍA

Andreu, R.; D. Giménez y J. Beltrano. 2015. Soluciones Nutritivas I: Cultivos en solución o hidropónicos. (cap. 5, 73-90p). En: Cultivo en hidroponía. J. Beltrano y D. Gimenez. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata. 181p.

Arribillaga, D. 2014. Condiciones agroclimáticas sector El Claro para la producción de hortalizas (4p.). En: INIA Tamel Aike (Instituto nacional de investigación agraria). Seminario Transferencia de tecnologías para el mejoramiento productivo de la horticultura en la región de Aysén. Coyhaique, Chile: V. González. (Serie Acta N°53)

Carbone, A. 2015. Los nutrientes minerales (cap. 4, 62-72p). En: Cultivo en hidroponía. J. Beltrano y D. Gimenez. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata. 181p.

Carrasco, G. y J. Izquierdo. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). Talca, Chile: Universidad de Talca. 62p.

Chirinos, A. y Herrera, R. 2013. Plan de negocios para la producción de lechugas hidropónicas de invernadero en Lima Metropolitana. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería Industrial. 9p.

Cornell University, 2006. Vegetable Growing Guide [En línea]. Recuperado en: <<http://www.gardening.cornell.edu/homegardening/scene46c5.html>> Consultado el: 17 de marzo de 2019.

De Grazia, J.; P. Tiftonell y Á. Chiesa. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Argentina: Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias Cátedra de Horticultura y Floricultura. Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (3), 355-365p.

Eguillor, P. 2018, octubre. Boletín de hortalizas frescas. (Boletines por rubro). ODEPA. [boletín electrónico]. Santiago, Chile: ODEPA. Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/boletin-de-hortalizas-frescas-octubre-de-2018>> Consultado el: 15 de enero de 2019.

Espindola, P. 2006. Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido. Centro de Horticultura, IAC, Caixa Postal 28, 13020-902 Campinas. Brasil. 65: 441-445p

Fahey, J. 2016. Brassicaceae. (cap). En: Caballero, B.; P. Finglas & F. Toldrá. Food & Health. R. Gerling. United Kingdom: Elsevier. 606-615 p

FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. La huerta hidropónica popular. Santiago, Chile: C. Marulanda y J. Izquierdo. 132p.

FIA (Fundación para la Innovación Agraria), Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 2016. Agenda de Innovación Agraria Territorial: Región de Aysén. Santiago, Chile: M. Icaza y C. Rey. 129p.

Genucio, G., M. Gomes, A. Ferrari, N. Majerowics and E. Zonta. 2012. Hydroponic lettuce production in different concentrations and flow rates of nutrient solution. Brasil: Revista Horticultura Brasileira (30): 526-530p.

GORE Aysén (Gobierno Regional de Aysén). c2014. Plan especial de desarrollo de zonas extremas. Coyhaique, Chile: X. Órdenes, F. Johnson, B. López, Secretaría técnica, Gabinete Regional de Aysén. 131p.

Gutiérrez, J., Memoria de título. 2011. Comportamiento de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.), evaluados al aire libre, en Valdivia. Grado de Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. 61p.

Hahn, C.; A. Müller; N. Kuhnert and D. Albach. The diversity of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*): Glucosinolate content and phylogenetic relationships. Washington, United States. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2p.

Hasturk, F.; T. Aktas; F. Eryilmaz and T. Akcay. 2016. Some Technical and Mechanical Properties of Mibuna (*Brassica rapa* var. *nipposinica*) and Mizuna (*Brassica rapa* var. *japonica*). Tekirdg, Turkey: University of Namik Kemal. Vocational College of Hayrabolu, Department of Agricultural Machinery. 23p.

Hepp, C., C. Reyes y R. Muñoz. 2018. Análisis de datos históricos de cinco estaciones meteorológicas de la región de Aysén. Boletín Técnico N°365. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 200 pp.

Hilaquita, R., Tesis de grado. 2017. Evaluación del rendimiento de dos variedades de con rizada (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) bajo tres niveles de abonamiento foliar orgánico aerobico en el centro experimental de Cota Cota. [En línea]. Grado de Ingeniero Agrónomo. Bolivia, La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. 126p. Recuperado en < http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-03042018000100005&lng=es&nrm=iso > Consultado el: 27 de octubre de 2019.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2008. Chile: División Político-Administrativa y Censal 2007. Santiago, Chile. 245p.

Kalisz, A.; A. Sekara and J. Kostrzewa. 2012. Effect of growing date and cultivar on the morphological parameters and yield of *Brassica rapa* var. *japonica*. Hortorum Cultus, 11(3): 131-143p.

Kaloo, G. 1993. Kale, *Brassica oleracea* L. var. *acephala*. (cap. 11, pp. 197-190). En: Genetic improvement of vegetable crops. Great Britain: Pergamon Press Ltd. 792p.

Krarup, C., I. Moreira. 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. P. [En línea]. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498> Consultado el: 20 de Abril de 2019.

Lladser, J., Memoria de título. 2018. Evaluación de innovaciones para el sector hortícola de la región de Aysén. Grado de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 85p.

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. Andalucía, España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 23-44p. (Cuadernos de Estudios Agroalimentarios N°03).

Lotti, C.; P. Iovieno; I. Centomani; A. Marcotrigiano; V. Fanelli; G. Mimiola; C. Summo; S. Pavan and L. Ricciardi. 2018. Genetic, bio-agronomic, and nutritional characterization of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) diversity in Apulia, Southern Italy. Diversity (10): 1-11p.

Mills, W. 2000, septiembre. Introducción y desarrollo de hortalizas orientales de hoja. (Inf. N°98-1575), FONTEC-CORFO. Santiago, Chile. 129p.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile). 2014. Región de Aysén: Información Regional 2014. En: INE. Estadísticas agrícolas 2007. Santiago, Chile. 5p.

Roble Huacho, 2018. Nuestros Productos. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.roblehuacho.cl/productos.html>> Consultado el: 19 de abril de 2018.

Ruiz, V. 2014. Transferencia de Tecnologías para el Mejoramiento Productivo del Sistema Hortícola Regional. (12-31p.). En: INIA Tamel Aike (Instituto nacional de investigación agraria). Seminario Transferencia de tecnologías para el mejoramiento productivo de la horticultura en la región de Aysén. Coyhaique, Chile: V. González. (Serie Acta N° 53)

Ruscitti, M. 2015. El agua en la planta. (cap. 2, pp. 34-44). En: Cultivo en hidroponía. Argentina, La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata. 181p.

Saavedra, G.; F. Corradini; A. Antúnez; S. Felmer; P. Estay y P. Sepúlveda. 2017. Manual de producción de lechuga. (Boletín INIA N° 09). INIA. [boletín electrónico]. Santiago,

Chile: INDAP. 150p. Recuperado en: <<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>> Consultado el: 3 de diciembre de 2018.

Salazar-Moreno, R., A. Rojano-Aguilar y I. López-Cruz. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo. Tecnología y Ciencias del Agua. V (2): 177-183p.

Tambussi, E., Memoria de título. 2004. Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. [En línea]. Grado de Doctor en Biología. España, Barcelona: Universitat de Barcelona. 59p. Recuperado en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/941/01.EAT_Part_1_2_Introduccion_Objetivos.pdf;jsessionid=AC181E95244A6B86464DFA5150B3DC42?sequence=1> Consultado el: 20 de marzo de 2019.

ANEXOS

Anexo I. Instalaciones donde se realizaron los ensayos

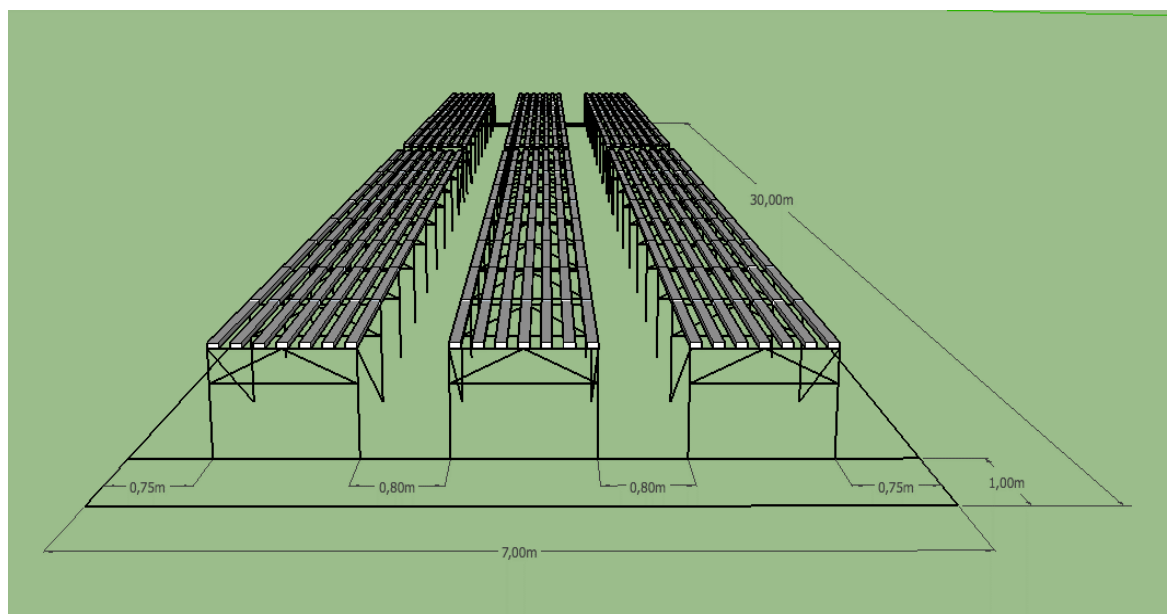


Figura 3. Diseño de mesas y su distribución al interior del invernadero. Elaborado por empresa Canamerica.

Anexo II. Composición de solución de nutrientes utilizada

Solución estándar para los sistemas hidropónicos de la región, elaborada por José Ignacio Covarrubias Peña en base a 1/2 Hoagland.

Cuadro 11. Composición de solución de nutrientes.

Fertilizante	g por 100 L de agua
Fosfato monopotásico	6
Nitrato de potasio	27
Nitrato de amonio	20
Sulfato de magnesio	15
Fetrilon combi (MgO, S, Fe*, Zn*, Mn*, B, Cu*, Mo, Co)	10
Nitrato de calcio	10

(* Elementos que se encuentran quelatados con EDTA)

APÉNDICES

Apéndice I. Ubicación de invernaderos utilizados para los ensayos

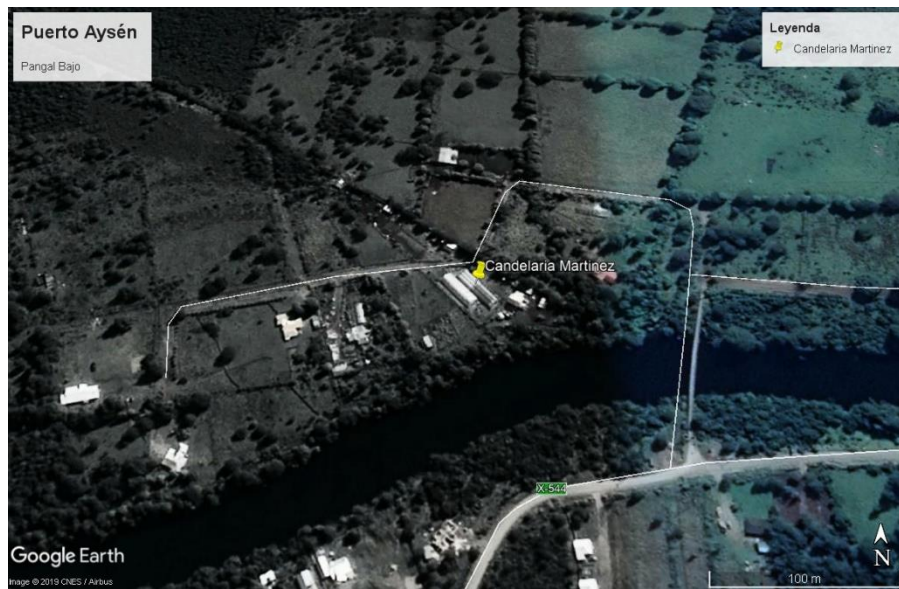


Figura 4. Puerto Aysén, Candelaria Martínez. Coordenadas 45°21'54,0"S 72°41'38,4"O.



Figura 5. Coyhaique, Jessica Balkenhol. Coordenadas 45°40'33,6"S 72°04'13,3"O.



Figura 6. Coyhaique, Sandra Gatica. Coordenadas $45^{\circ}34'45,3''\text{S}$ $72^{\circ}06'19,0''\text{O}$.



Figura 7. Cochrane, Leonora Campos. Coordenadas $47^{\circ}23'23,8''\text{S}$ $72^{\circ}35'21,3''\text{O}$.

Apéndice II. Caracterización especies utilizadas en ensayo

Lechuga

Especie: *Lactuca sativa* L.

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

La lechuga es la segunda hortaliza de mayor superficie de producción nacional, alcanzando una aproximadamente 6.900 ha de producción durante el año 2018 (Eguillor, 2018). Es una especie de gran importancia en el sector hortícola pues se produce en casi todo el país, formando parte del consumo habitual de la población.

Existen lechugas con una amplia diversidad fenotípica, lo anterior ha llevado a distinguir variedades características:

- *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (Lam) Janchen (Romanas o Cos)
- *Lactuca sativa* L. var. *capitata* (L) Janchen (Española, Milanese, Francesa)
- *Lactuca sativa* L. var. *crispa* L. (Batavia y Iceberg)
- *Lactuca sativa* L. var. *augustana* All. (lechugas esparrago o de tallo)
- *Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill (Lollo rosa, Lollo bionda, Hoja de roble)

Lactuca sativa L. var. *acephala* Dill se caracteriza por tener hojas sueltas, dispersas y no formar cogollos, poseen un contenido variable de antocianos, lo cual les otorga coloraciones muy diversas, su uso es muy popular en cultivos de tipo hidropónico, aunque también se producen en suelo (Krarup y Moreira, 2011). Ambos cultivares comerciales utilizados en este ensayo ‘Camila’ y ‘Grand Rapid’ pertenecen a este grupo.

La lechuga se considera una hortaliza de clima frío, con mediana tolerancia a heladas, aunque a medida que el cultivo se encuentra próximo al momento de cosecha tiende a aumentar su susceptibilidad (Saavedra, 2017).

Cuadro 12. Requerimientos climáticos para *Lactuca sativa* L.

Etapa fenológica	Temperatura requerida (°C)
Germinación	15-24
Desarrollo base	6
Desarrollo óptimo	15-18
Floración	21-27

Elaborado a partir de Saavedra, 2017.

Kale

Especie: *Brassica oleracea* var. *acephala* DC.

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Kale, Berza o Col Rizada corresponde a una especie de ciclo bienal, cuya introducción en el país es reciente. Esta especie se caracteriza por poseer un tallo erecto, hojas grandes, verticales y rizadas, dispuestas en espiral sin formar una roseta. Se utiliza principalmente para consumo de hojas. Existe una amplia gama de variedades de kale, los cultivares comerciales utilizados en el ensayo: F1, Asima y Moscow, corresponden a kale tipo Starbor, Siberiano y Red Russian, respectivamente (Cornell University, 2006).

La disponibilidad de datos estadísticos respecto al cultivo de kale es aún limitada, pues tiende a agruparse con otras especies de brassicaceas, sin embargo, se ha apreciado una tendencia global al aumento de su producción, un ejemplo de aquello fue lo sucedido en estados unidos entre el año 2007 y 2012, donde se presentó un incremento de superficie desde 3.994 ha a 6.256 ha destinadas a su producción (Lotti et. al, 2018).

La caracterización de esta especie ha sido de gran interés para el mundo científico, pues pertenece a un grupo de verduras bajas en calorías y con alto contenido de vitaminas, así como también compuestos bioactivos (antocianinas y flavonoides), lo cual se correlaciona con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, esto ha permitido corroborar su aporte benéfico en afecciones cardiovasculares, enfermedades crónicas y cáncer, siendo considerado un super alimento, con un alto potencial de desarrollo (Lotti et. al, 2018).

Esta especie es de crecimiento rápido, presenta una alta tolerancia a heladas e incluso se cree que su sabor mejora cuando es expuesta controladamente a bajas temperaturas, la cosecha puede continuar incluso en presencia de nieve. Tiene un alto grado de tolerancia a las heladas, soportando hasta - 15°C (Kalloo, 1993).

Cuadro 13. Requerimientos climáticos para *Brassica oleracea* var. *acephala* DC.

Etapa fenológica	Temperatura requerida (°C)
Germinación	7-29
Desarrollo base	0
Desarrollo óptimo	15-19

Elaborado a partir de Cornell University, 2006.

Mizuna

Especie: *Brassica rapa* var. *japonica* (subsp. *nipposinica*)

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Mizuna, conocida como mostaza japonesa, corresponde a una hortaliza de origen asiático, cuya introducción es reciente en nuestro país, es una planta anual, considerada una buena fuente de nutrientes y de sustancias bioactivas (Kalisz, 2012; Hasturk, 2016).

Esta especie tiene un sistema de raíces poco profundas. El cuerpo tiene forma de roseta y hojas suaves, fragmentadas o planas. Corresponden a verduras de clima frío, tienen una tolerancia de hasta -6 ° C. Crece entre 25 y 30 cm de alto y 45 cm de alto. También presenta resistencia a la inflorescencia prematura. Tolera las condiciones de clima cálidos y fríos y puede ser cultivada durante todo el año (Mills, 2000).

Mizuna posee un crecimiento muy vigoroso y puede cosecharse con cortes, volviendo a brotar, en cualquier fase de crecimiento. Sus hojas externas pueden cortarse desde la tercera semana después de la germinación. El total de la planta puede cosecharse entre los 30 y 40 días (Mills, 2000).

Estos vegetales pueden encontrar una amplia área de distribución en muchos países y pueden encontrar un lugar en los mercados del país, como el berro, la rúcula, el perejil, la menta, etc. (Hasturk, 2016).

Cuadro 14. Requerimientos climáticos para *Brassica rapa* var. *japonica*.

Etapa fenológica	Temperatura requerida (°C)
Germinación	10-20
Desarrollo base	3
Desarrollo óptimo	15-18

Elaborado a partir de W. Mills, 2000.

Apéndice III. Registro de temperatura en invernaderos

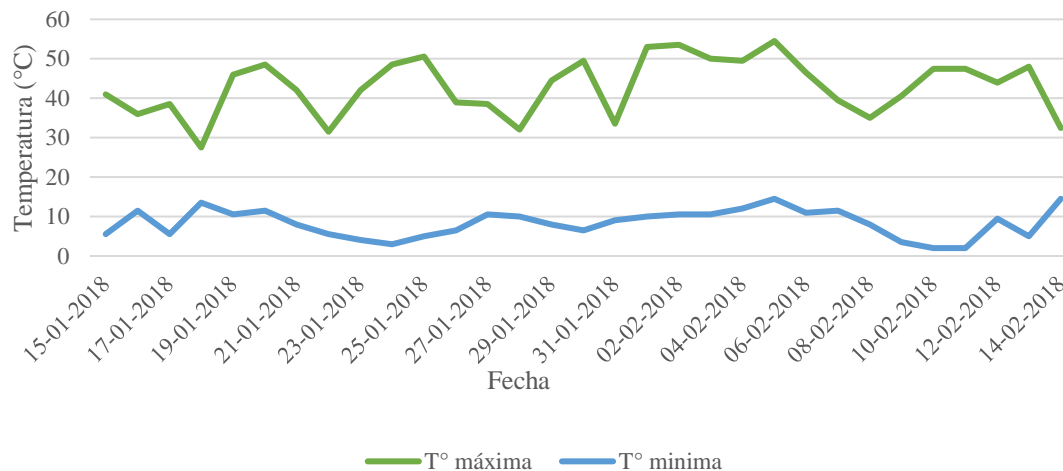


Figura 8. Registro de temperatura el interior de invernadero en Coyhaique. Elaborado a partir de información recopilada en datalogger (invernadero cercano, sin ningún cultivo establecido ni manejo asociado).

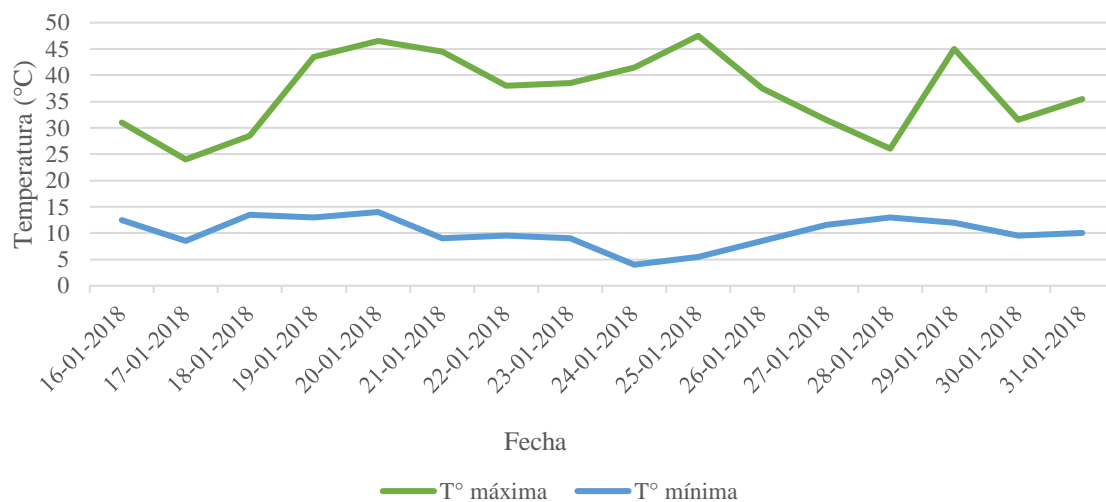


Figura 9. Registro de temperatura de invernadero en Puerto Aysén. Elaborado a partir de información recopilada en datalogger (invernadero cercano utilizado como referencia).

Apéndice IV. Temperaturas máximas y mínimas registradas en estaciones meteorológicas cercanas.

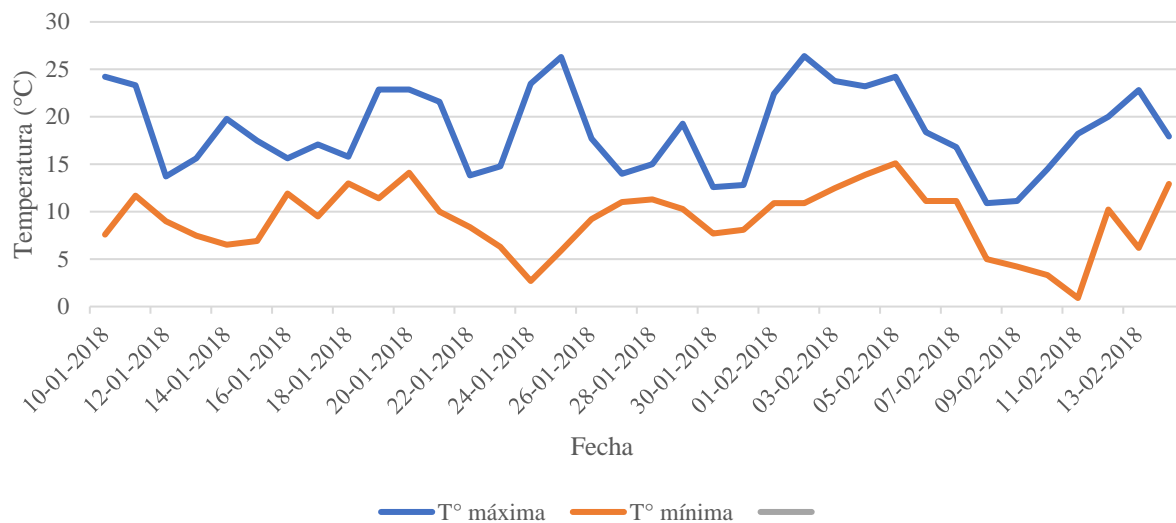


Figura 10. Temperaturas promedio registradas en estación meteorológica El Claro, durante el periodo de los ensayos realizados en Coyhaique. Fuente: <http://agromet.inia.cl/>

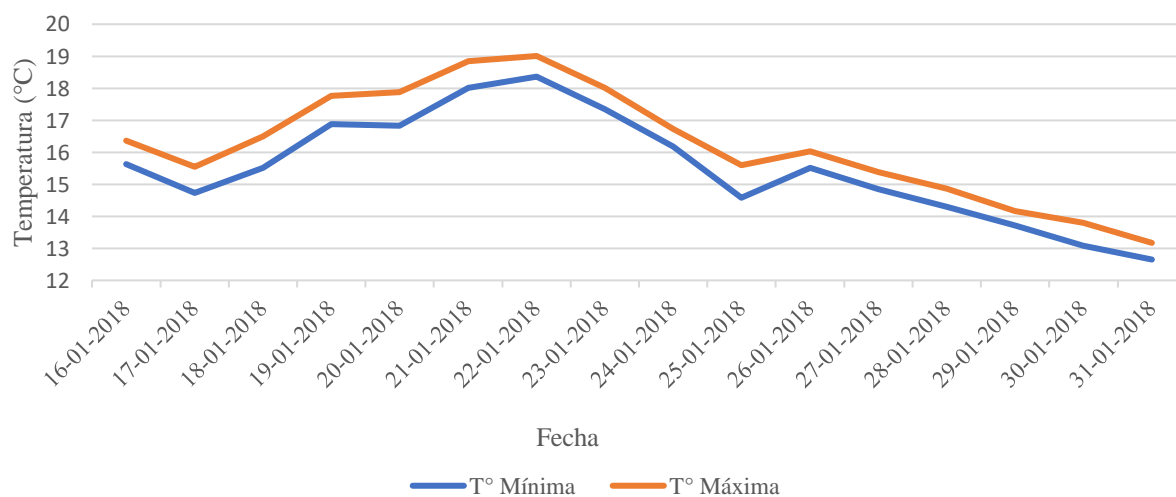



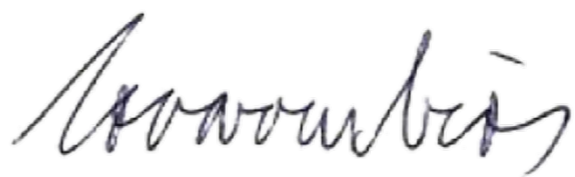
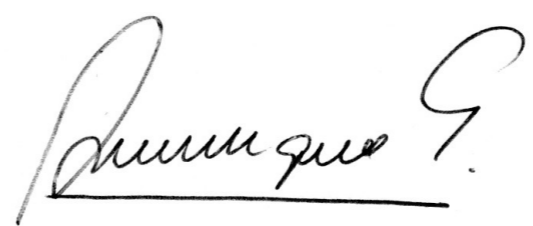
Figura 11. Temperaturas promedio registradas en estación meteorológica Aysén durante el periodo del ensayo en Puerto Aysén. Fuente: <http://agromet.inia.cl/>

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS HORTÍCOLAS PARA LA REGIÓN DE
AYSÉN MEDIANTE EL USO DE HIDROPONÍA**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma

ÁNGELA BELÉN PONCE AVARIA

Profesor Guía		Calificaciones
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.		6,7
Profesores Evaluadores		
Sr. José Covarrubias P. Ingeniero Agrónomo, Dr.		6,8
Sr. Elías Obreque S. Ingeniero Agrónomo, Dr.		6,5
Colaborador		
Sr. Alan Pinto Richards. Ingeniero Agrónomo.		

Santiago, Chile

2020