

2015

Producción Hidropónica de Hortalizas de Hoja



Ing. Agr. Jorge A. Birgi

1. Introducción

La hidroponía o cultivo sin suelo es una técnica cuya importancia reside en su alta producción por metro cuadrado, gran eficiencia en el uso de agua y una multiplicidad de cultivos compatibles que brindan a los productores de zonas áridas y semiáridas una oportunidad interesante de producción.

En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen (orgánicas e inorgánicas), mayormente inertes, o con una tasa de aportes a la nutrición muy baja, con lo cual las plantas en este sistema de cultivo requieren para su sustento de la formulación de soluciones nutritivas que permitan su crecimiento y desarrollo.

El presente informe hace referencia a las actividades de investigación realizadas por el Área de Forestal Silvopastoril de la Estación Experimental INTA Santa Cruz en el invernadero con tecnología hidropónica de la Cátedra de Frutihorticultura (Lat. 51°38'53.37"S, Long. 69°12'36.03"O) de la Unidad Académica Río Gallegos perteneciente a la Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

El principal objetivo de este informe es poner a disposición de los interesados recomendaciones para el manejo de sistemas hidropónicos en NFT (Nutrient Film Technique), además de los resultados obtenidos de la evaluación de dos ciclos de producción, de febrero a abril de 2014 y de agosto a diciembre del mismo año, con distintas especies hortícolas, entre ellas, acelga, albahaca y dos variedades de lechuga.

Asimismo se brindarán detalles y recomendaciones para una correcta producción de las especies anteriormente citadas, tras analizar los resultados obtenidos de los ensayos in situ realizados. Por último se realizarán recomendaciones para el mantenimiento óptimo de la infraestructura, equipos, puesta marcha para producción y acondicionamiento del sistema durante el ciclo productivo.

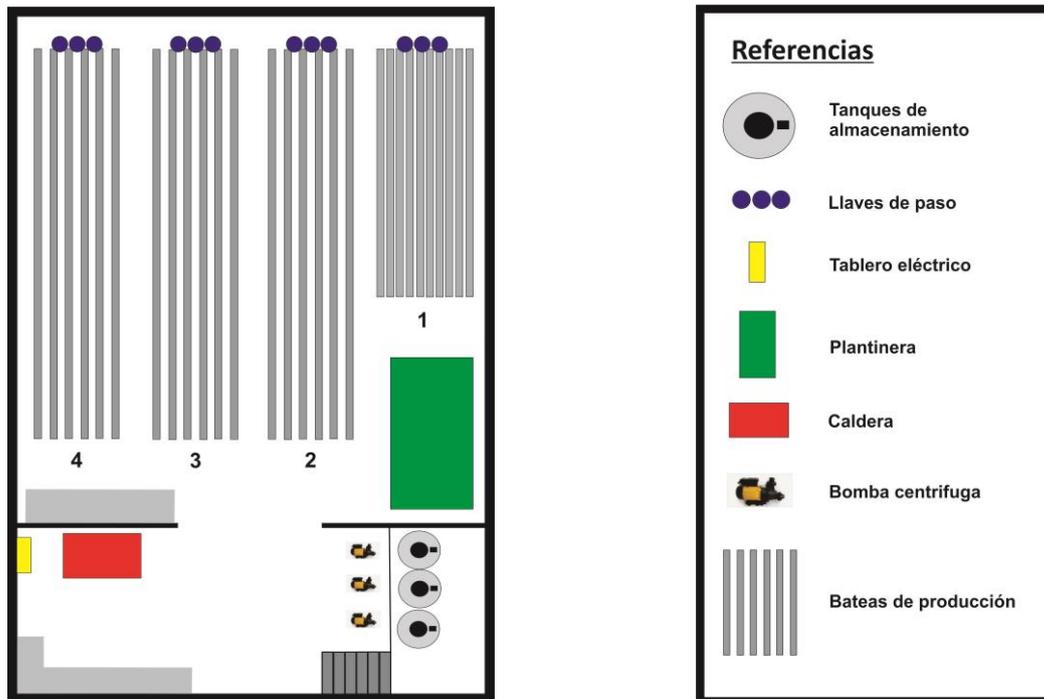
2. Descripción de la infraestructura de producción

En los sistemas hidropónicos en NFT los cultivos crecen en líneas de producción de sección circular o rectangular de material plástico, en ellos se perforan los orificios necesarios para anclar los plantines a la línea, a través de las cuales se entrega a las plantas una lámina de solución nutritiva que suministra todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las mismas. Además hay que destacar que dicha lámina de nutrientes es poco profunda en esta técnica, lo que favorece la oxigenación de la solución y la diferencia de otros sistemas hidropónicos.

Debido a la diversidad de los materiales que pueden utilizarse en la instalación de un sistema hidropónico y a la multiplicidad de técnicas disponibles para la producción, solo se brindará en este documento una descripción de la infraestructura de producción, para centrarnos principalmente en los resultados obtenidos y las experiencias realizadas. Sin embargo, a fin de entender las características de sistema se presenta en la figura n°1 un croquis de las instalaciones y equipamiento utilizado para la producción, explicando brevemente cada uno de sus componentes. Cabe mencionar que además se incluyen en este informe datos que hacen referencia a las condiciones ambientales en el interior del invernáculo, monitoreados inicialmente con un termómetro digital de máximas y mínimas y a posteriori con un

sistema de data logger marca DECAGON (modelo Em5b) que registraba la temperatura ambiente y la humedad relativa cada una hora. Este tipo de información se considera de relevancia a fin de conocer los rangos óptimos de temperatura y humedad ambiente en los que se desarrollaron las especies evaluadas.

Figura N°1. Esquema que muestra la distribución del equipamiento utilizado para la evaluación de las especies.



2.1 Sistema de cañerías

Para el adecuado funcionamiento del sistema de producción se iniciaron las labores de adecuación del sistema de cañerías, instalando nuevos componentes de conducción para la solución. En este caso se eligió el sistema Hidro 3[®] de una pulgada de diámetro para reemplazar las antiguas instalaciones de PVC (tipo Tigre DURAGRO[®]) que se encontraban instaladas y en mal estado. La elección de los nuevos materiales se fundamentó en la gran resistencia y durabilidad de estos y además porque pudo observarse que las cañerías de PVC instaladas previamente presentaban limitaciones en cuanto a su uso, siendo inadecuadas para este tipo de emprendimientos en zonas frías debido principalmente a la presencia de filtraciones en las uniones causadas por la dilatación del fluido por congelamiento.

2.2 Sistema de filtrado

El invernadero de la UNPA-UARG cuenta con un equipo de ósmosis inversa de seis etapas marca HIDRO-WATER modelo: RO-0220-09 RO 50 GPD SIMPLY (con bomba) que permite eliminar las impurezas del agua a utilizar. Este equipo es importante para proveer agua de calidad (“estandarizada”) para realizar los ensayos de calidad de semillas, donde se evalúa principalmente el poder y la energía germinativa, ambos afectados por la calidad de la misma.

A pesar de tener la disponibilidad de uso de este equipo en el invernáculo, solo se utilizó el mismo en los ensayos de calidad de semilla, no así en la formulación de las soluciones nutritivas, para lo cual se utilizó agua proveniente de la red, disponible en casi todos los establecimientos productivos periurbanos (mayoritarios en la región).

Para evitar que el paso a las bateas de sedimentos que pudiesen estar en el agua o formarse producto de la precipitación de sales nutritivas se conectaron a las cañerías de aprovisionamiento un sistema de filtros de malla metálica de tipo cartucho. Estos ayudan a prevenir el deterioro de las bombas y la obstrucción del sistema de conducción, por lo que se consideran fundamentales para llevar adelante este tipo de producción.

2.3 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por tres bombas centrífugas, que constituyen individualmente una línea de bombeo independiente (ver figura n° 2), lo que permite producir más de un cultivo por vez (con distintas soluciones) o usar distintas soluciones nutritivas en diferentes etapas fenológicas de un mismo cultivo.

Las bombas utilizadas son del tipo centrífugas, de impulsor simple fabricado en material plástico y provistas con un motor eléctrico de 0.5 Hp (ver figura n° 3). Las características de caudal y presión de trabajo de estos equipos depende fundamentalmente del tipo de sistema, sección de las líneas, largo y número de las mismas por lo que para su elección de deberá tomar en cuenta estas variables.

En general, se puede decir que estos sistemas de bombeo son bastante rústicos, por lo que para la puesta en marcha luego de un ciclo productivo solo se necesita realizar una limpieza del impulsor y del motor eléctrico y de las líneas de producción, mantenimiento que se considera básico al inicio de cada temporada productiva.

Figura N°2. Detalle del sistema de bombeo instalado en el invernadero hidropónico en NFT.



Figura N°3. Bomba utilizada en el sistema de bombeo.



2.4 Bateas de producción

Como se mostró oportunamente en el croquis se puede observar que el invernadero cuenta con 4 bateas de producción con una capacidad total de 1534 plantas, una de ellas de seis metros de largo con diez líneas de PVC y tres bateas de producción con seis líneas del mismo material, aunque en este último caso con ocho metros de largo cada una. Asimismo cabe destacar que dichas bateas poseen una pendiente del 1% para facilitar el drenaje de la solución hacia los tanques de almacenamiento, movimiento que a su vez oxigena la solución.

Para la puesta en marcha del sistema es clave verificar que la pendiente sea homogénea en toda la batea, ya que debido a fatiga en los materiales o al peso heterogéneo de las plantas pueden encontrarse en su interior diferencias en el nivel de la solución. Es importante recalcar que este problema puede provocar muerte en las plántulas por falta de solución nutritiva (nivel del film bajo) o el derrame de la solución al suelo (nivel de film excesivamente alto).

Cuadro N°1. Detalle de las bateas del invernadero hidropónico con tecnología NFT.

	Batea N° 1	Batea N°2	Batea N°3	Batea N°4
N° de líneas	10	6	6	6
Largo de línea (m)	6	8	8	8
Ancho de línea (cm)	6.5	6.5	9	9
N° de orificios/Batea	667	488	189	190
Distancia entre orificios (cm)	9	9	20	20
Diámetro de cada orificio (cm)	4	4	5	5

Para igualar el nivel de fluido dentro de las líneas en cada batea se procedió a nivelarlas por medio de la técnica de vasos comunicantes, utilizando en este caso una manguera transparente para medir los niveles en cada punto. Fruto de este trabajo también se logró mantener un nivel mínimo de solución (permanente) en cada línea, lo cual es muy recomendable ya que independientemente de si el sistema de bombeo está en marcha o no, se evita la muerte de plantas por problemas ajenos al sistema como cortes de luz o inesperados como un malfuncionamiento en el sistema eléctrico.

Figura N°4 y N°5. Figura n°4 (arriba.) detalle de las cuatro bateas de producción con sus líneas, figura n°5 (abajo) cañerías y llaves de paso de los distintos sistemas de bombeo.



2.5 Sistema eléctrico y programación

El sistema eléctrico del invernadero no solo provee electricidad a los distintos componentes, sino también posibilita programar los turnos de encendido de las bombas y las luces durante el transcurso del día. Sin un sistema eléctrico en condiciones no se podría automatizar la producción, requiriendo entonces un esfuerzo mucho mayor para mantener los cultivos. Es por esto que al inicio de la temporada productiva se debe revisar los componentes y programar los timers para el correcto funcionamiento de las bombas. En esta oportunidad se utilizaron timers analógicos marca JA (ver figura n°6) de origen chino, ya que son relativamente económicos y confiables, desempeñándose bien la función para la elegida.

En cuanto a la programación se utilizó un programa de 15 minutos de inactividad por 30 minutos de circulación (solo posible con film permanente), es decir que los timers cortan la corriente durante 15 minutos para luego restablecerla por un período de 30 minutos, momento en el cual se recircula la solución por el sistema. En este sentido se puede agregar que la recirculación continua de las soluciones es más recomendable desde el punto de vista de las plantas, ya que mantiene la oxigenación de la solución en niveles más altos, pero como contraparte se promueve el desgaste prematuro de los

componentes de bombeo y filtrado, incrementando así los costos y los tiempos necesarios para su mantenimiento y reposición, razón por la cual se eligió la opción de intermitencia como más adecuada para esta ocasión.

Figura N°6. En esta figura se pueden ver los timers conectados al sistema eléctrico.



2.6 Plantinera

Para disminuir los tiempos de producción de los plantines e incrementar el número producido de éstos se instaló una plantinera con capacidad para 1152 plantines. Dicha estructura consta de una mesa de 0,92 x 1,70 metros con un metro de altura y 10 cm de profundidad, cubierta de nylon negro de 200 micrones para impermeabilizarla.

Esta estructura posibilita completar 16 líneas de producción (casi el 100% de las bateas n° 1 y n°2) de una sola vez, además permite un abastecimiento continuo de plantines para repique, ya que según pudo verse en los ensayos anteriormente citados, el tiempo que la planta pasa en la plantinera es similar al que pasa en las bateas de producción, con lo cual este accesorio posibilita la producción permanente de plantas sin los retrasos originados por la espera en los tiempos de germinación de la semilla o del desarrollo de los plantines (figura n° 7).

Figura N°7. Plantinera con 9 speedlings en proceso de germinación y emergencia.



3. Solución nutritiva

Para todas las especies evaluadas durante esta experiencia se buscó que las plantas se nutrieran de una solución nutritiva multipropósito¹ que fuese asequible para los productores locales y de fácil preparación. En este sentido se realizó una investigación de la oferta disponible de este producto en el mercado y se seleccionó para esta oportunidad la solución nutritiva multipropósito de FIL Hidroponia, ya que ésta no solo tiene una buena relación precio/calidad sino que además cumple con los estándares necesarios para la producción de especies hortícolas de hoja en NFT.

Los componentes y la proporción de los mismos en la solución se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro N°2. Detalle de los componentes y proporción de la solución FIL Hidroponia.

MACRONUTRIENTES		
Concentración (%)	Compuesto	Composición
43,9	Nitrato de Calcio	15,5 % N; 10% Ca; 34,2% CaO
21,2	Nitrato de Potasio	13,8% N; 37% K; 46,6% CaO
19,1	Sulfato de Magnesio	8,3% N; 16,4% MgO
0,5	Sulfato de Amonio	21% N; 24% S
14,3	Fosfato Monopotásico	35,8% K2; 51,1% P2O5
MICRONUTRIENTES		
Concentración (%)	Compuesto	
1,0	Fe*, Mn*, B, Cu*, Zn*, Mo y Co	

Las sales de la solución nutritiva fueron fraccionadas por el fabricante en solución A (macronutrientes) y solución B (micronutrientes), utilizándose las siguientes proporciones: 16 gr de solución A en 10 litros de agua y 4 gr de solución B en 10 litros de agua, esta relación luego fue llevada a un volumen total de 600 litros, que es la capacidad de cada uno los tanques de almacenamiento.

Para un uso óptimo de la solución fue necesario controlar algunos factores como el pH y conductividad eléctrica. El rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado crecimiento del cultivo se encuentra entre 1,5 a 3,0 mS/cm (dependiendo de la especie) (Resh, 1997). Por lo que una vez formulada la solución nutritiva se procedió a medir las variables con la utilización de un peachímetro/conductímetro marca Martini Instruments modelo Mi 806. Los resultados se detallan en el cuadro n°3.

Cuadro N°3. Detalle de las mediciones de pH y conductividad eléctrica para cada tanque de almacenamiento de solución.

TANQUE N°1	TANQUE N°2
<ul style="list-style-type: none"> pH: 6,25 Temperatura: 20° C Conductividad eléctrica: 2,71 mS/cm 	<ul style="list-style-type: none"> pH: 6,65 Temperatura: 18,5° C Conductividad eléctrica: 2,64 mS/cm

¹ Solución nutritiva multipropósito es aquella que puede utilizarse en múltiples especies, ya que los nutrientes con que fue realizada la formulación es general y no específica de los requerimientos de una especie en particular.

4. Monitoreo de las condiciones ambientales

La meseta central de Santa Cruz, lugar en donde se encuentra emplazada la ciudad de Río Gallegos, posee un clima predominantemente Frío Árido de Meseta, con promedios térmicos de 10 a 8° C de noreste a sudoeste (Borrelli, *et al.* 2001), presentando temperaturas bajas en casi cualquier época del año. Es por esto que se utilizó para los ensayos un sistema de calefacción central que permita mantener la temperatura por arriba de los 0° C, lo que permite evitar la muerte de las plantas a causa de las bajas temperaturas.

A continuación se detallan las temperaturas y humedades relativas máximas y mínimas registradas con un termómetro digital en el período de crecimiento del cultivo (figura N°8 y figura N°9).

Figura N°8. Registro de la temperatura en el interior del invernadero hidropónico durante los meses de agosto a noviembre de

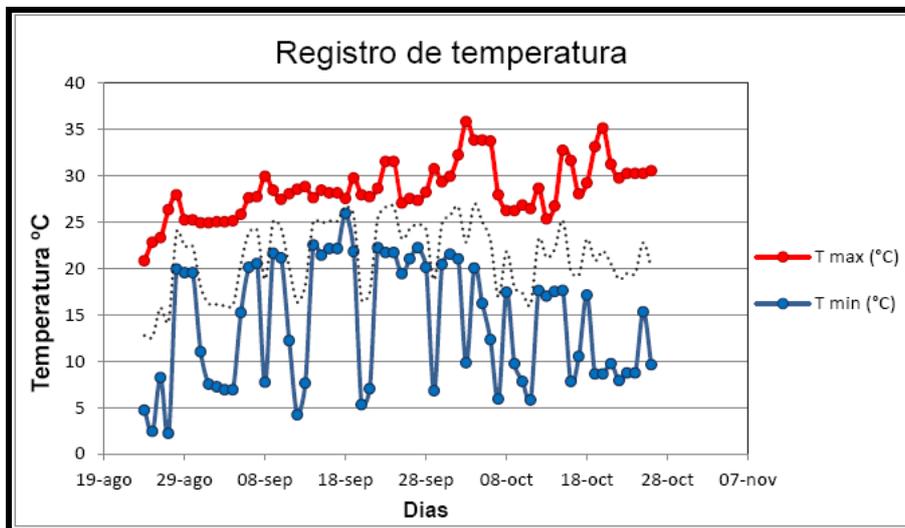
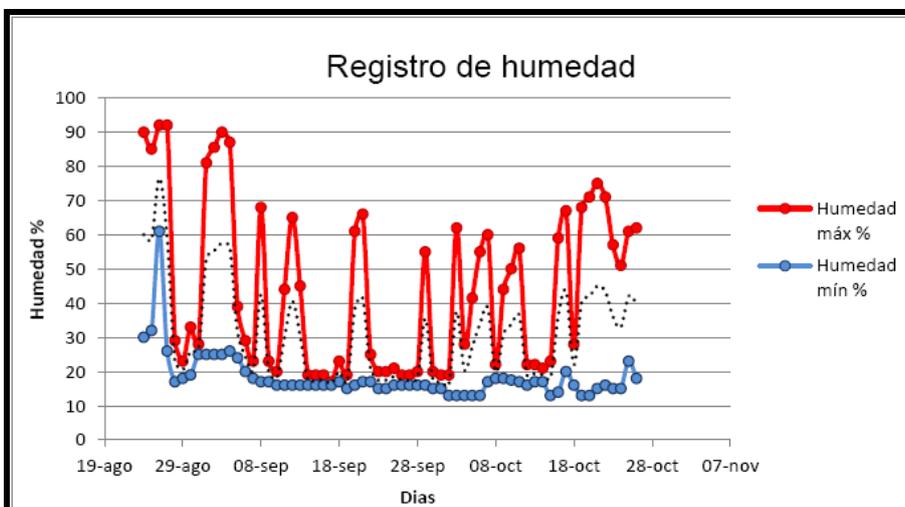


Figura N°9. Registro de la humedad relativa en el interior del invernadero hidropónico durante parte del ciclo del cultivo.



5. Rendimiento de distintas especies evaluadas bajo hidroponía

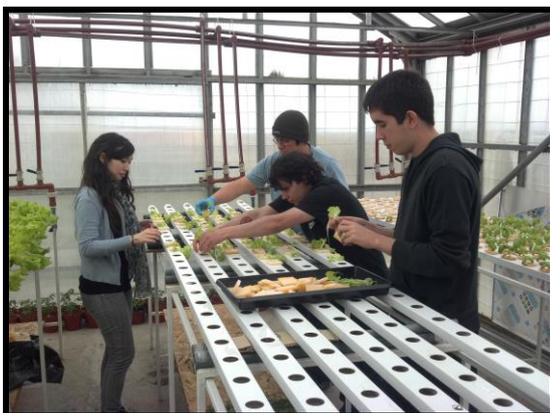
5.1 Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)

5.1.1 Metodología

De esta especie se evaluaron dos variedades diferentes de uso generalizado en la región, con el objetivo de verificar si alguna de ellas presenta mejor desempeño bajo la tecnología hidropónica en NFT. Las variedades evaluadas fueron: Gran rapid (de borde crespo) y Gallega (de borde liso). En ambos casos las semillas se sembraron en speedlings plásticos de 128 celdas utilizando como sustrato una mezcla de 50 % tierra y 50 % lombricompost comercial. Al cabo de 30 días y luego de un raleo de plantas en plantinera se trasplantaron los plantines con cuatro hojas verdaderas a la batea de producción n°2. Para llevar adelante este paso se procedió a lavar cuidadosamente las raíces en agua corriente de red, con el objetivo de retirar todo sustrato ahí alojado. Una vez finalizado esto se les colocó una esponja de goma espuma alrededor de cuello de la planta posibilitando la fijación del plantín en el orificio de anclaje (figura n°10).

Por otro lado es importante destacar que se trató de ubicar las plántulas en la batea con una disposición a tres bolillos (intercaladas) a fin de disminuir la competencia por luz y espacio.

Figura N°10 y N°11. La figura n°10 (izq.) muestra cómo se van anclando los plantines de lechuga a la batea utilizando recortes de goma espuma, la figura n°11 (der.) muestra los speedlings en la plantinera.



Transcurridos 15 días en la batea n°2, las plantas de lechuga de ambas variedades fueron repicadas hacia las bateas n°3 y n°4 (ver figura n°12) debido a que éstas tienen un mayor diámetro de orificios, más separación entre ellos y una sección más profunda, características que permiten entre otras cosas incrementar el crecimiento y facilitar la tarea de cosecha de las plantas.

Una vez finalizado el ciclo del cultivo (a los 63 días) se realizó la toma de mediciones del ensayo eligiendo al azar un 10% del total de plantas por línea para toda la batea y para cada una de las variedades. Con ellas y la utilización de una cinta métrica se midió la altura (desde el cuello al ápice de las hojas), área

foliar aproximada (utilizando el ancho y largo de cada una de las hojas) y número de hojas totales por planta. También se realizó el pesaje en fresco de las partes aéreas y subterráneas de las plantas. Estas mediciones fueron realizadas entre el 27 de febrero y el 30 de abril de 2014 (primer período de producción).

Figura N°12. Detalle de la disposición de las plantas de lechuga en la batea n° 3.



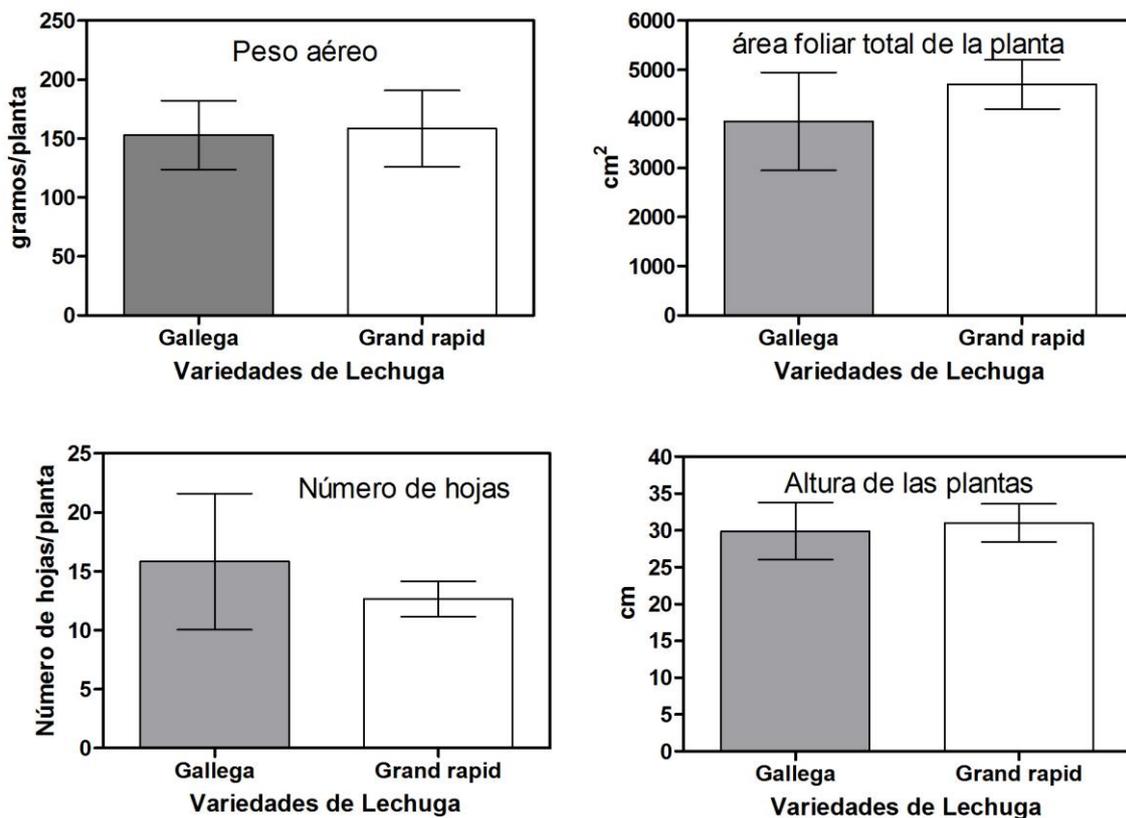
El diseño experimental para evaluar ambas variedades de lechuga fue de bloques al azar, en donde cada una de las bateas constituía un bloque y a su vez éstos estaban replicados tres veces. Para detectar diferencias significativas se realizaron ANOVAs utilizando el software Infostat versión 2.0.

5.1.2 Resultados

No se encontraron diferencias significativas entre ambas variedades para ninguna de las variables medidas. Para el caso del peso aéreo de las plantas, las medias obtenidas fueron de 153 y 158 gramos por planta para Gallega y Grand rapid, respectivamente (figura n°13). Con respecto al área foliar media total por planta, la variedad Grand rapid obtuvo mayores valores (4707 cm²/planta vs. 3950 de la Gallega) (figura n°13), aunque la variedad Gallega presentó mayor número de hojas, con un total de 15 hojas por planta vs. 12 hojas para la variedad Gran rapid (figura n°13). Por último no se encontraron diferencias tampoco en la altura de las plantas, obteniendo una media de 30 cm para la variedad Gallega y de 31 cm para la variedad Grand rapid (figura n°13).

Realizando un promedio del total de los pesos aéreos de las plantas de ambas variedades y teniendo en cuenta la superficie que ocupa cada planta según la distribución de los orificios y cantidad de éstos en las bateas de producción, se obtuvo el rendimiento en Kg de peso fresco por metro cuadrado, dando como resultado que la variedad Gallega obtuvo 4,93 kg/m² mientras que la Grand rapid obtuvo 5,69 kg/m².

Figura N°13. Resultados de las variables medidas (peso aéreo, área foliar, número de hojas y altura de las plantas) en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) evaluadas: Gran rapid y Gallega en un sistema hidropónico de NFT emplazado en un invernadero en la localidad de Río Gallegos, Santa Cruz. Las barras verticales indican el desvío estándar de las medias.



5.1.3 Conclusión

Como conclusión se puede decir que ambas variedades de lechuga mostraron una buena performance en producción bajo NFT, destacando el periodo de cultivo relativamente corto si se piensa en que este se podría extender hasta 150 días (Castagnino, 2009). Sin embargo, sería importante seguir evaluando a futuro otras variables que pueden ser de interés a la hora de elegir una variedad, ya que, por ejemplo, se observó que la variedad Grand rapid no presentó síntomas de deficiencia ni problemas de anclaje, puntos ambos que fueron observados en la variedad Gallega. A su vez esta última, a finales de su ciclo productivo, presentó deficiencias nutricionales en algunas plantas, observándose tonalidades rojizas en las puntas de las hojas lo que indicaría a simple vista deficiencia de fósforo. Esta deficiencia podría corregirse fácilmente, pero requiere una concentración mayor de sales para una producción en kg/m² similar, es por esto que se considera que estas variables deberían ser tenidas en cuenta en una futura evaluación de estas variedades.

5.2 Cultivo de albahaca (*Ocimum bacilicum* var. *Grand vert*)

5.2.1 Metodología

A principio de septiembre se tomó la iniciativa, en el segundo ciclo de producción, de ensayar con esta especie bajo el sistema NFT con el objetivo de obtener información sobre rendimientos y calidad de plantas con esta técnica.

Las semillas se sembraron en speedlings de 128 celdas utilizando como sustrato inerte una mezcla de una parte de vermiculita y ocho partes de perlita de baja granulometría. En todas las celdas se sembraron dos semillas, procurando dejar a posteriori la plántula más vigorosa mediante raleo en etapas tempranas.

Una vez sembradas, las bandejas se colocaron en la plantinera con una película de solución nutritiva de unos tres centímetros aproximadamente, a fin de irrigar las plántulas por capilaridad. Debido a las pérdidas por evaporación y absorción diaria de la solución se debió controlar periódicamente en ese lugar el nivel, la conductividad y el pH de la solución, verificando en todos los casos que dichos parámetros se encuentren en rangos aceptables. En simultáneo, se relevaron las pérdidas de plantas por damping off, la energía germinativa² y su poder germinativo³, a fin de determinar no solo la sobrevivencia de plantines sino también la calidad de la semilla utilizada. El damping off es una enfermedad producida por un complejo fitopatológico de hongos que atacan al cuello de la planta separando a ésta de su raíz y provocando la muerte de la misma.

Para el cálculo de la energía germinativa se colocaron tres lotes de cien semillas cada uno sobre algodón humedecido con agua destilada y se contabilizó la emergencia de plántulas diariamente por un lapso de 21 días.

A los 35 días desde la siembra las plántulas alcanzaron un porte adecuado con al menos 2 hojas verdaderas, con lo cual se procedió a trasplantar 200 ejemplares a la batea de producción n°1 (ver figura n°14), previo lavado de raíces. Como sostén de la planta se utilizó cuadrados de goma espuma de 5 cm de lado por 2 cm de espesor, con el cual se rodeó el cuello para posibilitar su anclaje al sistema.

² Energía germinativa: es el porcentaje de semillas que germinó y puede desarrollar una plántula normal.

³ Poder germinativo: es la velocidad de germinación y la rapidez con que una semilla puede desarrollar una plántula.
Ing. Agr. Jorge A. Birgi – Producción Hidropónica en NFT

Figura N°14. Detalle de los plantines de albahaca (*Ocimum basilicum* var. *Grand vert*) anclados a la batea n°1, en un invernadero hidropónico con tecnología NFT en la localidad de Río Gallegos.



La cosecha de albahaca se realizó a los 30 días del trasplante (65 días desde la siembra) seleccionando al azar 3 plantas por línea (30 en total) con las cuales se registró el peso húmedo y seco de las porciones aérea y subterráneas de la planta. Asimismo se midió el índice de área foliar (IAF) sobre los mismos individuos, para lo cual se defoliaron por completo y se utilizó un escáner para obtener las imágenes que luego se analizaron con el software IMAGE.J, el cual provee de manera directa el área foliar de cada hoja.

Figuras N°15 y N°16. La figura n°15 (izq.) muestra el desarrollo de las plantas de albahaca implantadas en la batea N°1 (la del extremo derecho), en la figura n°16 (der.) se puede observar en detalle el vigor de las plantas y el desarrollo de sus hojas.



5.2.2 Resultados

La semilla utilizada presentó un poder germinativo del 81% y la germinación duró 17 días (figura n°17). Las plántulas iniciaron la germinación al tercer día, concentrándose la mayor proporción entre el día 8 y 13 desde la siembra. La mortalidad total de plántulas fue del 29% y la mitad fue causada por “damping off”. Por otra parte, otra proporción de plántulas se perdieron debido a las bajas temperaturas. La figura n°18 muestra las distintas proporciones de causas de mortalidad de plántulas.

Figura N°17. Evolución de la germinación de las semillas de albahaca, creciendo en un invernadero en la localidad de Río Gallegos.

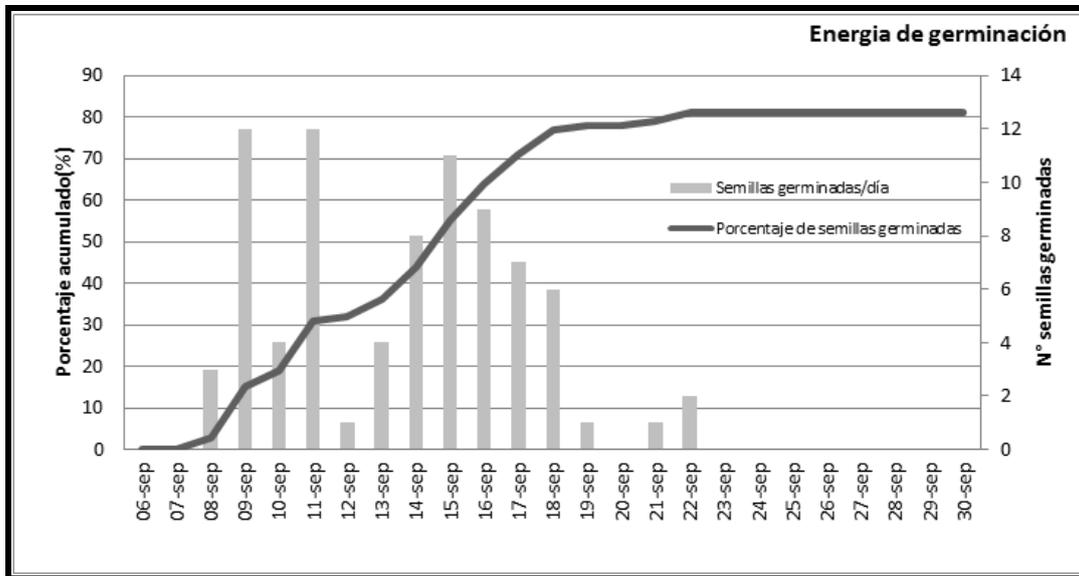
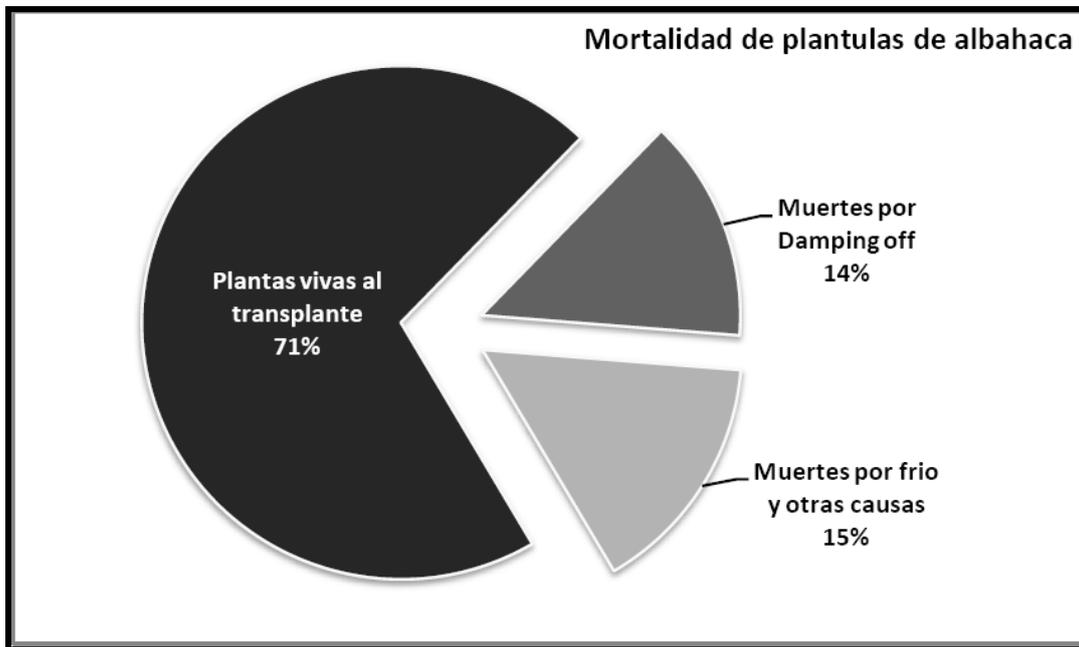
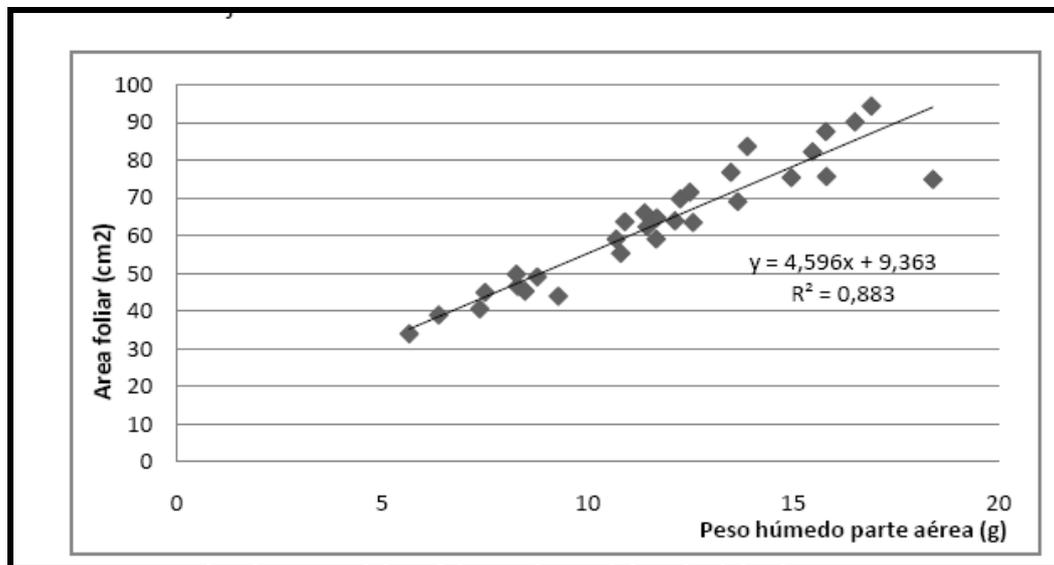


Figura N°18. Causas de mortalidad en plántulas de albahaca sembradas en speedlings.



El área foliar promedio de las plantas de albahaca fue de 63 cm². Como se muestra en la figura n°19, esta variable explica el peso de la parte aérea de la planta casi en un 90% e indica que el peso del tallo, que no se consume, no aporta demasiado al peso aéreo, encontrándose la mayor proporción del rendimiento exclusivamente en las hojas.

Figura N°19. Área foliar vs peso de la parte aérea de plantas de albahaca creciendo en condiciones de hidroponía en NFT en un invernadero en la localidad de Río Gallegos.



Las plantas de albahaca cultivadas tuvieron un peso fresco medio total de $15,5 \pm 4,4$ gr, la masa radicular representó el 21% del total de ese peso. El 89,6% del peso total de la planta está constituido por agua, en tanto que los tejidos de la planta representaron un poco más del 10% del peso total. Por consiguiente el peso seco medio de la parte aérea fue de 1,23 gr. Por último se calculó el rendimiento de este cultivo considerando la parte aérea dada la superficie empleada, que fue de 1.12 kg/m^2 en fresco.

5.2.3 Conclusiones

Los resultados demuestran que el cultivo de albahaca en NFT es otra muy buena alternativa, ya que las plantas obtuvieron un buen rendimiento y bajas tasas de mortalidad luego del repique. Esto, sumado a los altos valores de mercado a los cuales puede venderse cada planta, lo hace un cultivo sumamente atractivo para producciones familiares intensivas.

5.3 Cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. *Bressane*)

5.3.1 Metodología

Los cultivos de acelga y lechuga sin dudas son de los más difundidos en la provincia, no solo por su rusticidad y capacidad de soportar temperaturas bajas, sino también por su fácil comercialización.

Con el objetivo de recopilar información sobre variables productivas se evaluó la variedad Bressane con el sistema hidropónico en NFT. El inicio de las actividades fue a fines de agosto con la siembra de los speedlings (ver figura n°20) y el análisis de la calidad de la semilla utilizada se realizó mediante el cálculo de su poder y energía germinativa.

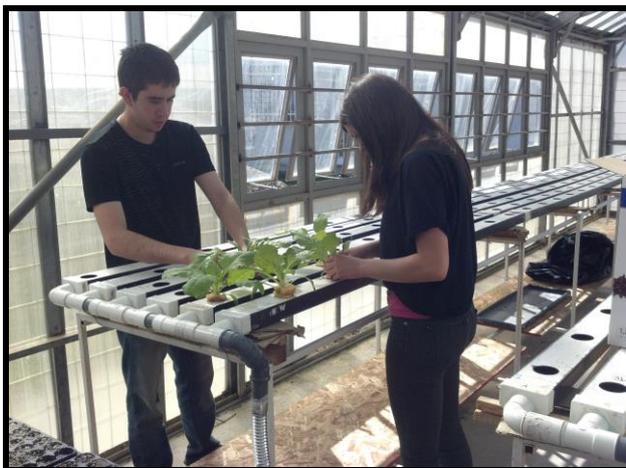
Figura N°20. Siembra de los speedlings de acelga (*Beta vulgaris* var. Bressan) utilizando como sustrato inerte una mezcla de una parte de vermiculita y ocho partes de perlita.



Para calcular el poder y energía germinativa se realizaron 3 repeticiones de 100 semillas de la especie de interés, y se hizo un conteo de aquellas que fueron germinando por un lapso de 14 días para luego realizar los cálculos de poder y energía germinativa.

Transcurridos 30 días de la siembra se procedió al lavado de raíces y repique de las plantas utilizando en esta ocasión la batea de producción n°2. El anclaje de las plantas se realizó con cuadrados de goma espuma que posteriormente se rodearon con un vaso plástico descartable de 7 cm de alto (sin fondo) para mejorar la fijación de la plantas al sistema. Al cabo de 14 días y producto de la alta tasa de crecimiento, se repicaron nuevamente las plantas a la batea n° 4 para evitar la competencia entre ellas (ver figura n°21 y n°22).

Figuras N°21 y N°22. En la figura n°21 (izq.) se observa el procedimiento de anclaje de las plantas a la batea, en la figura n°22 (der.) el detalle de la planta ya anclada con goma espuma y vasos descartables.



Durante las observaciones de rutina y aproximadamente 15 días antes de la fecha de cosecha, se pudo notar algunos síntomas de deficiencias en hoja que coincidían con carencias de micronutrientes, por lo

que se decidió aplicar un corrector por vía foliar para expresar todo el potencial del cultivo. El producto utilizado en esta ocasión fue Fetrilon Combi 2 a razón de 1 gr por litro de agua, el cual fue aplicado con un rociador de mano (ver figura n°23). Una vez aplicado el fertilizante foliar, y gracias a la fácil incorporación de los micronutrientes que posee, el problema se vio solucionado rápidamente.

Figura N°23. Detalle del modo de aplicación de fertilizante foliar rociador, en este caso en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Grand rapid) para subsanar deficiencias en nutrientes observados en las plantas.



Transcurridos 63 días desde la siembra del cultivo de acelga se realizó la cosecha de las plantas, con una extracción de muestras al azar de un 10 % de las plantas de cada línea. El procesamiento de esta muestra incluyó mediciones como peso húmedo y seco de las porciones aérea y subterránea (ver figura n°24 y figura n°25). Para el relevamiento de los datos de peso seco se llevaron las muestras a estufa durante 48 hs a una temperatura aproximada de 78°C. Asimismo se midió el índice de área foliar (IAF) sobre los individuos, para lo cual se defoliaron por completo y se utilizó un escáner para obtener las imágenes que luego se analizaron con el software IMAGE.J.

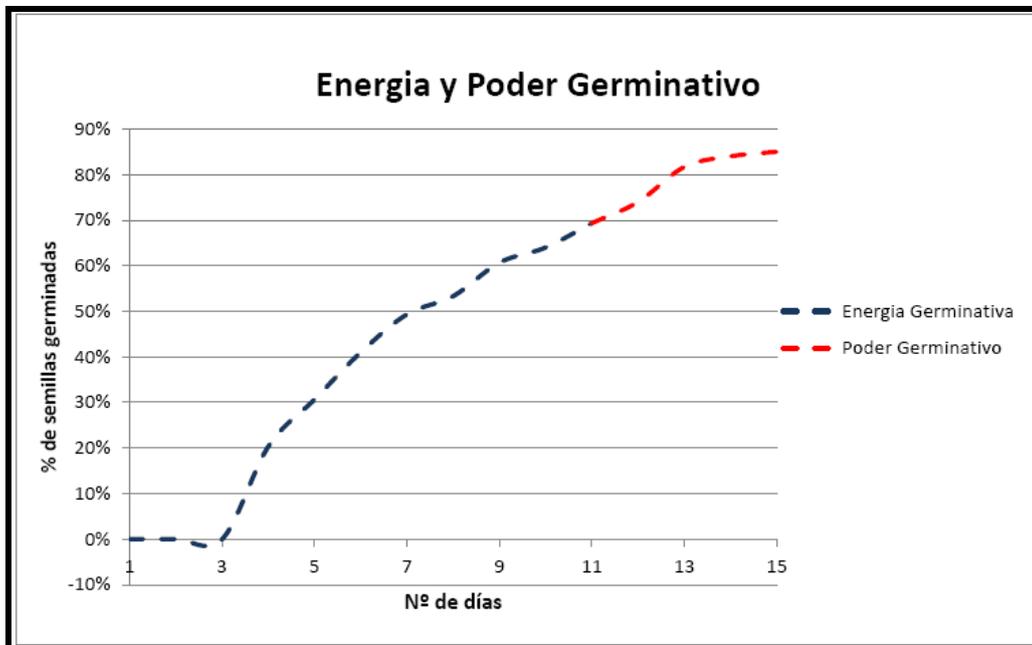
Figura N°24 y N°25. En la figura n°24 (izq.) puede observarse la medición del peso fresco de la parte aérea de la planta de acelga, en la figura n°25 (der.) el secado de las muestras en estufa para su posterior medición.



5.3.2 Resultados

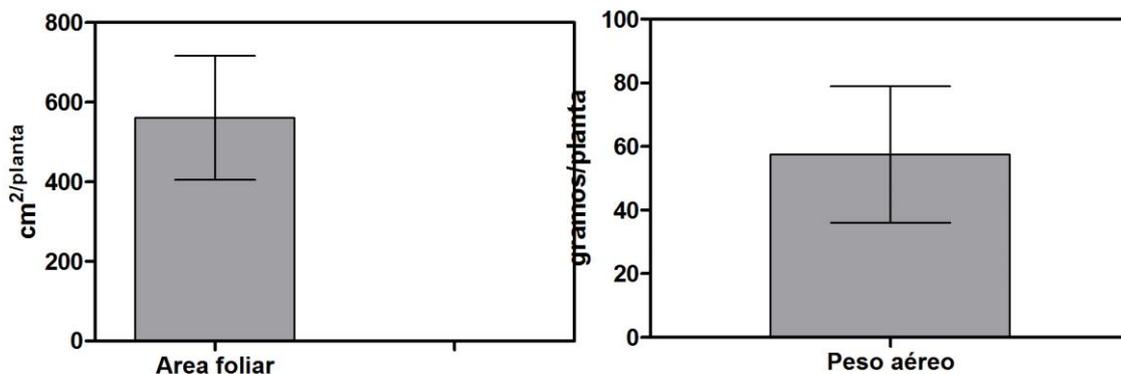
La figura n°26 muestra el poder germinativo y la energía germinativa obtenida para las plantas de acelga en el ciclo de producción del 23 de agosto al 23 de octubre días de 2014. Se observa una energía germinativa de alrededor del 65% y un poder germinativo de alrededor del 85%.

Figura N°26. Energía y poder germinativo evaluados en plántulas de acelga sembradas.



Las variables medidas en las plantas de acelga arrojaron como resultados una media de área foliar por planta de 560,6 cm² y un peso fresco aéreo medio de 57,5 gramos (figura n°27), los cuales son bastante inferiores a los hallados en el cultivo de lechuga.

Figura n°27. Área foliar media y peso fresco aéreos de un cultivo de acelga en hidroponía en NFT en un invernadero en la localidad de Río Gallegos. Las barras verticales indican el desvío estándar de la media.



El rendimiento promedio del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. Bressan) fue de 1.92 kg/m² en fresco.

Cabe destacar que en este segundo ciclo de producción las plantas de acelga fueron sembradas en conjunto con plantas de lechuga de variedad Grand rapid a fin de comparar los distintos rendimientos entre las especies. Para esto se utilizó en el sistema NFT una batea completa con el cultivo de lechuga y otra batea completa con el cultivo de acelga. A fines comparativos, se realizaron ANOVAs con el software infostat 2.0 y en caso de haber diferencias significativas las medias fueron separadas con el test de Tukey. Los resultados están disponibles a continuación:

*5.4 Comparación de acelga (*Beta vulgaris* var. Bressane) vs lechuga (*Lactuca sativa* var. Grand rapid).*

5.4.1 Resultados

Se encontraron diferencias significativas en el peso fresco de la porción aérea, en donde las plantas de lechuga obtuvieron un mayor rendimiento con una media de 105 gramos por planta vs. 57 gramos para la acelga (cuadro n°4). Esto se ve obviamente reflejado en una mayor producción por metro cuadrado, dado que la lechuga obtuvo valores de 5,69 kg/m² mientras que la acelga produjo solo 1,92 kg/m².

Cuadro N°4. Resultado del ANOVA realizado entre dos especies distintas (acelga y lechuga) en donde se evaluó el peso de la porción aérea de ambas, creciendo en condiciones de hidroponía en NFT en un invernadero en la localidad de Río Gallegos.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso aereo	36	0.77	0.53	29.53	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33027.42	18	1834.86	3.21	0.0101
Especie	19855.63	1	19855.63	34.73	<0.0001
rep	13171.79	17	774.81	1.36	0.2689
Error	9720.31	17	571.78		
Total	42747.73	35			
Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=16.81815					
Error: 571.7830 gl: 17					
Especie	Medias	n			
Acelga	57.5	18	A		
Lechuga	104.47	18	B		
Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)					

5.4.2 Nitratos en hoja

Hace algún tiempo que a nivel mundial existe gran preocupación por el contenido de nitrógeno en el agua potable y los alimentos. La ingestión de nitratos (N-NO₃) en infantes o personas de edad avanzada causa metahemoglobinemia y también se cree que puede producir cáncer gástrico.

En Río Gallegos, existen numerosas chacras que se dedican, en general, a la producción de hortalizas. Si bien se sabe por estudios precedentes algunas características del agua que utilizan para riego, no se han efectuado hasta el momento análisis que detecten y cuantifiquen la presencia de nitratos tanto en agua como en las verduras que ahí se producen. Tener este tipo de datos es de fundamental importancia a fin de establecer si es necesario aplicar pautas de ajuste en el uso de fertilizantes que beneficien a los propios productores (por un uso más eficiente de los recursos) y a la comunidad en general, evitando la contaminación de acuíferos subterráneos y proliferación de enfermedades entre los consumidores de verduras locales.

A fin de profundizar en la información obtenida para el cultivo de lechuga en este segundo ciclo se midió la concentración de nitratos en hoja con el objetivo de tener una idea más certera de la calidad del producto obtenido (cuadro n°5). Los resultados muestran que las plantas de lechuga obtenidas por esta técnica hidropónica presentan valores de contenido de nitratos muy inferiores a 5000 mg/kg, límite máximo permitido por el Reglamento 1882/2006 de legislación de la Unión Europea para este cultivo en invernáculo (Díaz, 2003), por lo que este producto presenta estándares más que aceptables para su consumo.

Cuadro N°5. Análisis de contenido de nitratos en hojas de plantas de lechuga obtenidas a partir de un cultivo hidropónico en NFT.

Muestras	Abs	mg/Kg
L ₁	0,639	96,66
L ₂	0,979	149,31
L ₃	0,861	131,04

	Peso de las muestras (g)	N-NO ₃ (mg/Kg)	NO ₃ (mg/Kg)
L ₁	0,5006	63,82	282,74
L ₂	0,5006	97,78	433,18
L ₃	0,5002	86,07	381,27

5.4.3 Conclusiones

En general se observó que el cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. Bressan*) es viable de producirse en condiciones de hidroponía en NFT ya que las plantas lograron establecerse y crecer sin mayores inconvenientes. Sin embargo, se lograron rendimientos muy inferiores a los obtenidos por el cultivo de lechuga, por lo que, de no compensarse dicha merma con un mayor rédito económico (mayor precio de venta), sería más conveniente producir lechuga en estas condiciones. Es importante destacar que a fin de poder aseverar que cultivo es más rentable económicamente para la región se debería realizar un estudio de mercado y rentabilidad de los diferentes productos evaluados.

6. Consideraciones finales

Como consideraciones finales para estos dos ciclos de producción es importante hacer énfasis en la calidad y cantidad de producto obtenido con la tecnología hidropónica NFT. Con esta técnica durante los ensayos realizados pudo notarse que el rendimiento de los cultivos y la calidad de estos fueron relativamente altos en todos los casos. Además cabe destacar el buen estado sanitario de los cultivos y la terneza de las verduras de hoja obtenidas, algo poco usual en las producciones locales al aire libre, que debido a las inclemencias climáticas sufren el endurecimiento de sus hojas cambiando su textura.

Por otro lado se cree que la técnica aplicada facilita las labores culturales y posibilita el acceso de la horticultura a personas con problemas de motricidad o de edad avanzada (gran parte de los horticultores locales), ya que disminuye las horas de trabajo destinadas a la producción de un cultivo, no hay presencia de malezas, no se requiere aplicación de insecticidas (por lo menos en las experiencias realizadas) y se trabaja con mesadas en altura, evitando así tener que agacharse para cosechar o realizar otras labores.

A futuro se cree que sería conveniente acompañar estos ensayos con un riguroso análisis de la rentabilidad de los cultivos, a fin de poder tomar decisiones al respecto de que cultivos son más rentables y cuál es la mejor época para producirlos, de este modo se estaría en condiciones de entregar a

los productores un paquete tecnológico completo y adaptado a la zona, con todas las herramientas necesarias para decidir sobre la factibilidad de aplicación de esta tecnología a nivel local.

7. Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas involucradas en mayor o menor medida en el trabajo realizado, destacando la inestimable colaboración de los directivos, administrativos y personal de mantenimiento de la Unidad Académica Río Gallegos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, en especial al Dr. Alejandro Súnico, a la Dr. Zulma Lizarralde y al Sr. Antonio Clavel. Además de las incalculables horas de trabajo aportadas por los alumnos de la carrera de ingeniería en recursos naturales renovables, destacando en este caso la participación de Sabrina Lewis, Gustavo Vega y Maria Luz Alsina, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible llevar adelante esta actividad.

8. Bibliografía

- Castagnino, A. 2009. Manual de cultivos hortícolas innovadores.
- Resh, H. 1997. Cultivos Hidropónicos.
- Díaz, A. 2003. Nitratos revisión 2014.
- Borrelli, P., Oliva G. 2001. Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral Tecnología de Manejo Extensivo.

Anexo Imágenes



Detalle de las primeras hojas verdaderas de un plantín de albahaca (*Ocimum basilicum* var. *Grand vert*).



Relevamiento de la calidad de la semilla.



Detalle del anclaje al sistema de producción.



Plantín de albahaca (*Ocimum basilicum* var. *Grand vert*) anclado al sistema.



Cultivo de lechuga y acelga lista para cosecha. Abajo producción de forraje verde hidropónico.



Detalle de las hojas de acelga (*Beta vulgaris* var. *Bressan*).



Detalle de las hojas de lechuga (*Lactuca sativa* var. *Grand rapid*)