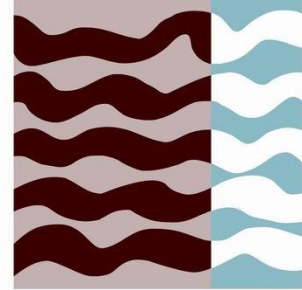
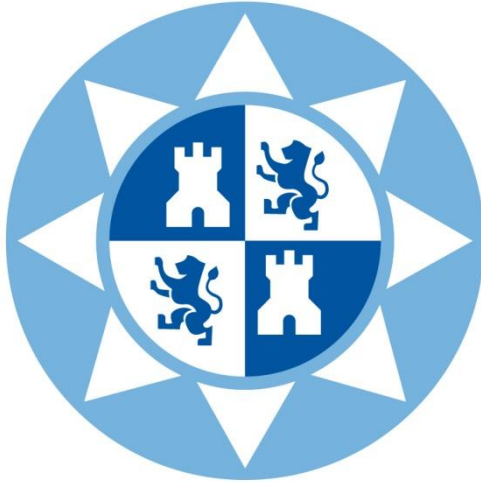


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



**ETSia**  
Cartagena

**EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE  
LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y  
LA CALIDAD DE CANÓNIGOS Y BERROS CULTIVADOS  
EN BANDEJAS FLOTANTES**

---

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**AUTOR**

María Asunción Fernández Navarro

**DIRECTORES**

Encarnación Conesa Gallego

Juan Antonio Fernández Hernández

ENERO 2013



# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PALABRAS CLAVE.....  | 4  |
| 2. RESUMEN.....   | 5  |
| 3. INTRODUCCIÓN.....  | 6  |
| 3.1. ANTECEDENTES .....   | 6  |
| 3.2. SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO EN BANDEJAS FLOTANTES.....            | 7  |
| 3.2.1. CONCEPTO DE HIDROPONÍA .....                                       | 7  |
| 3.2.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL CULTIVO HIDROPÓNICO .....            | 7  |
| 3.2.3. EL SISTEMA DE RIEGO EN BANDEJAS FLOTANTES (Floating system). ..... | 8  |
| 3.2.3.1. LA AIREACIÓN EN LOS SISTEMAS FLOTANTES.....                      | 9  |
| El oxígeno; requerimiento esencial.....                                   | 10 |
| Consecuencias de la falta de oxígeno .....                                | 11 |
| Importancia de la temperatura.....  | 12 |
| Fuentes de oxígeno para las raíces .....                                  | 12 |
| Métodos para aumentar la aireación.....                                   | 13 |
| 3.2.4. CULTIVO DE HORTALZAS TIPO “BABY LEAF” EN SISTEMAS FLOTANTES .....  | 14 |
| 3.2.4.2. EL CANÓNIGO.....   | 15 |
| Descripción botánica.....   | 15 |
| Propiedades y usos del canónigo.....                                      | 17 |
| 3.2.4.1. EL BERRO .....   | 18 |
| Descripción botánica.....   | 18 |
| Propiedades y usos del berro.....   | 19 |
| 3.3. LA IV GAMA .....   | 20 |
| 3.3.1. DEFINICIÓN.....  | 20 |
| 3.3.2. LAS GAMAS ALIMENTICIAS.....  | 21 |
| 3.3.3. FABRICACIÓN DE LA IV GAMA.....                                     | 22 |
| 3.4. COMPUESTOS QUÍMICOS EN LAS PLANTAS.....                              | 23 |
| 3.4.1. EL NITRÓGENO .....   | 23 |
| Peligro de los nitratos en el hombre .....                                | 24 |



# EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNIGOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



|  |    |
|--|----|
| 3.4.2. LOS OXALATOS .....  | 25 |
| 3.4.3. FENOLES .....   | 26 |
| 3.5. LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....   | 26 |
| 4. OBJETIVOS.....  | 28 |
| 5. MATERIAL Y MÉTODOS.....   | 29 |
| 5.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....  | 29 |
| 5.1.1. Preparación de las instalaciones .....  | 29 |
| 5.1.2. Siembra y conducción del cultivo.....   | 30 |
| 5.1.3. Composición de la solución nutritiva y el diseño experimental .....   | 31 |
| 5.1.4. Muestreo y toma de datos.....   | 33 |
| Medidas de crecimiento.....  | 33 |
| Determinación de nitratos y oxalatos .....   | 35 |
| Determinación de fenoles y capacidad antioxidante.....   | 36 |
| 5.1.5. Tratamiento estadístico de datos .....  | 36 |
| 6. RESULTADOS.....   | 37 |
| DATOS DEL INVERNADERO Y DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA .....   | 37 |
| ENSAYO_1: Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de<br>canónigos cultivados en bandejas flotantes ..... | 37 |
| Parte aérea.....   | 38 |
| Parte radicular .....  | 38 |
| Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de<br>canónigo.....  | 39 |
| Oxígeno en la solución nutritiva.....  | 40 |
| Temperatura en la solución nutritiva.....  | 41 |
| ENSAYO_2: Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de<br>berros cultivados en bandejas flotantes .....    | 42 |
| Parte aérea.....   | 42 |
| Parte radicular .....  | 43 |
| Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de<br>berros .....   | 44 |
| Oxígeno en la solución nutritiva.....  | 44 |
| Temperatura en la solución nutritiva.....  | 45 |



**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL  
CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS  
CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES**



|  |    |
|--|----|
| <b>7. DISCUSIÓN</b> .....  | 46 |
| 7.1. PARÁMETROS AÉREOS .....   | 46 |
| 7.2 PARÁMETROS RADICULARES.....  | 47 |
| 7.3 CONTENIDO EN NITRATOS, OXALATOS, FENOLES TOTALES Y ANTIOXIDANTES EN LA<br>RECOLECCIÓN..... | 48 |
| Nitratos.....  | 48 |
| Oxalatos.....  | 48 |
| Fenoles .....  | 49 |
| Capacidad antioxidante.....  | 49 |
| <b>8. CONCLUSIÓN</b> .....   | 50 |
| <b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 51 |



# 1. PALABRAS CLAVE

---

*Nasturtium officinale*, *Valerianella locusta*, baby leaf, cultivo hidropónico, bandejas flotantes styrofloat, oxígeno disuelto, nitratos, oxalatos.



## 2. RESUMEN

El berro (*Nasturtium officinale*) y el canónigo (*Valerianella locusta*) son dos plantas de consumo doméstico muy apreciadas en las ensaladas por su contenido en vitaminas y elementos beneficiosos para la salud. El sistema de bandejas flotantes es una técnica fácil y rentable que permite un desarrollo rápido y limpio de hortalizas de pequeño tamaño. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de distintos niveles de aireación de la solución nutritiva (alto, bajo y sin aireación) en un cultivo de bandejas flotantes, sobre el crecimiento y la calidad del berro (*Nasturtium officinale*) y el canónigo (*Valerianella locusta*) en la cosecha. En este sistema de cultivo, como en otros cultivos hidropónicos, las plantas pueden sufrir problemas de hipoxia, ya que las raíces consumen gradualmente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. La temperatura es el principal factor que afecta a la cantidad de oxígeno disuelto. La siembra de ambas especies se realizó en bandejas styrofloat. La siembra del berro se realizó el 1 de Diciembre y la del canónigo el 9 de diciembre de 2010. En la recolección de ambas especies, realizada el 12 de Enero de 2011, se midieron parámetros de desarrollo vegetal tanto de la parte aérea como radicular. El contenido en nitratos, oxalatos y el crecimiento microbiano fueron determinados tanto en la recolección como tras su conservación durante 7 días a 5°C, aunque éstos últimos análisis no formaron parte de éste trabajo. En general, el empleo de la aireación elevada mejoró el crecimiento aéreo y radicular de la planta, reduciendo considerablemente el contenido de nitratos, aunque obteniéndose una menor concentración de fenoles totales en las hojas de ambos cultivos.



## 3. INTRODUCCIÓN

### 3.1. ANTECEDENTES

La historia de la especie humana se puede explicar con bastante precisión mediante la historia de la alimentación. Se han producido importantes cambios entre el hombre prehistórico y el hombre actual, algo evidente simplemente fijando la atención en el cambio del significado de la alimentación. El hombre prehistórico se alimentaba para sobrevivir, mientras que el hombre actual, al disponer de muchos más recursos, sin apenas esfuerzo, se centra en la calidad de su alimentación, determinada además por las costumbres, tradiciones, creencias y el saber culinario entre otros.

Esta evolución de la alimentación a lo largo de la historia, ha estado influenciada por cambios sociales, políticos, religiosos, y económicos, y ha sido mayor en los últimos 50 años que en todos los siglos anteriores.

El papel actual de la familia en nuestra sociedad (y las características que la definen: tamaño decreciente, incluso monoparental, incorporación progresiva de la mujer al ámbito laboral remunerado, grandes distancias en las ciudades que impiden acudir a comer siempre al domicilio, etc), han dado lugar a una creciente demanda de productos alimenticios de alta calidad organoléptica, saludables, seguros y que presenten facilidad de consumo o preparación (plato total o parcialmente preparado), lo que ha acelerado el consumo de los productos de IV y V gama.

Para conseguir cumplir con las demandas del consumidor, la industria del procesado de frutas y hortalizas, y hasta los mismos agricultores, han tenido que realizar adaptaciones incluyendo nuevos sistemas de cultivo, maquinaria, e incluso, nuevas especies mejor adaptadas a las nuevas gamas alimentarias.

Este cambio en la sociedad ha ido acompañado de la extensión de los cultivos protegidos a multitud de producciones (uva de mesa, cítricos, etc.) pero ha sido la horticultura de ciclo manipulado la que se ha mostrado más adecuada para adaptarse a la agricultura desestacionalizada, con una intensa aplicación de tecnología tanto en el riego como en la lucha contra enfermedades y plagas, prescindiendo en ocasiones del suelo, siendo sustituido éste por soportes de material artificial y protegidos con cubiertas de plástico en la primera fase del crecimiento de la planta o invernaderos donde se realiza el ciclo completo de cultivo. Este tipo de instalaciones complejas permiten adaptarse a la necesidad de continua innovación que exige el mercado de los productos mínimamente procesados.



## 3.2. SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO EN BANDEJAS FLOTANTES

### 3.2.1. CONCEPTO DE HIDROPONÍA

Etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros).

El cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo.

El concepto es equivalente al de “cultivos sin suelo”, y supone el conjunto de cultivo en sustrato (orgánico o inorgánico), más el cultivo en agua. (Alarcón, A., 2006).

### 3.2.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL CULTIVO HIDROPÓNICO

El cultivo sin suelo presenta una serie de características que lo diferencian, y en algunos aspectos lo “aventajan”, sobre el cultivo sin suelo:

Al prescindir del suelo se elimina la necesidad de laboreo, y se permite la plantación en invernaderos con problemas de suelos. Supone un incremento en la producción de hasta un 15-20%, frente a un mismo cultivo en suelo. Esto se debe a la idoneidad de las condiciones de nutrición (donde no existen problemas de bloqueos y/o antagonismos entre los elementos nutritivos), temperatura, humedad relativa del aire, luz, frecuencia de aporte de agua, nivel carbónico y estado sanitario, optimizando todo el potencial productivo de los cultivos. Precocidad de entrada en producción, de hasta 10 días frente a un mismo cultivo en suelo y en las mismas condiciones climáticas. Sanidad del sistema radicular al prescindir del suelo y cultivar en sustratos esterilizados. Se eliminan los vertidos de lixiviados al suelo, por la recirculación de estos o por su aprovechamiento en explotaciones ajenas. De esta forma, también puede haber un ahorro en fertilizantes y agua (Sanz de Galdeano, 2003).

Sin embargo, éste tipo de cultivos precisa un mayor nivel técnico del agricultor, la necesidad de unas instalaciones adecuadas, utilización de agua de riego de cierta calidad, y supone un mayor coste inicial de instalación y de producción (Sanz de Galdeano, 2003).



### 3.2.3. EL SISTEMA DE RIEGO EN BANDEJAS FLOTANTES (Floating system).

El sistema de bandejas flotantes (Floating system), es un sistema de riego basado en un conjunto de bandejas que flotan sobre una lámina de agua o solución nutritiva con una altura entre 5 y 10 cm.(Figura 1 y 2). Utilizado en la horticultura italiana presenta grandes ventajas en cultivos protegidos. Ésta técnica de cultivo permite reducir los ciclos de cultivo con respecto al cultivo en suelo, siendo una técnica muy interesante por su bajo coste de instalación y de mano de obra, ausencia de malas hierbas y rapidez en el momento de la recolección. La posibilidad de programar cada una de las fases del cultivo permite obtener una producción continua durante todo el año (Cros et al, 2003). Todas éstas características la convierten en una técnica sencilla y rentable, idónea para el cultivo de hortaliza de hoja pequeña tipo baby leaf.



Ilustración 1 y 2. Sistema de bandejas flotantes o floating system

Los ciclos de cultivo varían su duración en función de la especie y la época del año, pudiendo cosechar, en ciclo de invierno, colleja en 56 días (Conesa et al.,2009) o, en ciclo de verano, verdolaga en 20 días (Fernández et al., 2007) .

Las bandejas flotantes permiten un cultivo de gran densidad de plantación y la obtención de una abundante cosecha, así como evitar las pérdidas por evaporación, un uso eficiente de fertilizantes, la rápida corrección de deficiencias nutricionales y el control de parámetros importantes como los nitratos que tienden a acumularse en algunas especies como *Eruca Vesicaria* (Santamaria et al., 1997) y que mediante esta técnica es posible reducirlos con éxito. Esta técnica de cultivo presenta un uso muy eficiente del agua dentro del invernadero (Galloway et al., 1996).

Además, la difusión de enfermedades fúngicas de las hojas son prácticamente nulas por la falta total de humedad de las hojas y el producto terminado (hortalizas de hojas) resulta limpio y listo para el embolsado y la venta.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNIGOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



En la actualidad el uso de este sistema va desde la producción de plántulas para su posterior trasplante hasta la producción de hortalizas de gran tamaño.

Los elementos esenciales de estos sistemas son las bandejas de poliestireno expandido u otro material de bajo peso volumétrico e hidrófugo, así como las bancadas de cultivo cerradas para contener el agua y los fertilizantes, con una profundidad de 10-25 cm.

Un tipo de bandeja utilizado es el “styrofloat”, donde los comunes alveolos han sido sustituidos por fisuras tronco-cónicas de muy poco volumen, que limitan al máximo la utilización del sustrato, únicamente el necesario para soportar la semilla.(Figuras 3 y 4).



Ilustración 3 y 4. Bandejas styrofloat

### 3.2.3.1. LA AIREACIÓN EN LOS SISTEMAS FLOTANTES

En el proceso de la optimización de la producción de los cultivos es necesario realizar una evaluación de diversos factores que puedan afectar la producción y calidad. Mientras medimos cuidadosamente la CE y pH, pocos son los productores que miden los niveles de oxígeno disuelto ( $O_2$ ) en sus sistemas de producción.

La pobre oxigenación y la inundación del sistema radicular, en hidroponía, raramente produce síntomas llamativos en el cultivo pero sí una disminución en el crecimiento y rendimiento. Zheng et al. 2007 indican que un ambiente radical bien oxigenado es esencial para la salud del sistema radical (absorción de nutrientes, crecimiento y mantenimiento de raíces) y la prevención de enfermedades radicales.

El nivel de oxígeno disuelto en la solución nutritiva puede disminuir por diferentes factores que a continuación se mencionan; es por esto que es preciso llevar a cabo métodos que aumenten dicho nivel, para mantener el cultivo en condiciones idóneas.



### *El oxígeno; requerimiento esencial*

El requerimiento de oxígeno por la planta se conoce desde 1968 y algunos estudios fueron escritos en la década de los 20 (Clements, 1921). Sin embargo, no fue hasta el desarrollo de los sistemas hidropónicos comerciales, en particular el sistema de recirculación nutritiva NFT (Nutrient film technique) que se hicieron observaciones detalladas sobre el efecto del oxígeno disuelto en la solución, el cual se provee a las plantas con los nutrientes y el agua. El sistema radicular requiere oxígeno para la respiración aeróbica, un proceso esencial que libera la energía requerida para el crecimiento radicular.

La falta de oxígeno reduce la absorción de agua y minerales por parte de la planta, con repercusiones en el crecimiento aéreo y radicular y, en consecuencia, en el rendimiento final (Tesi et al., 2003).

Raíces saludables, con buen suministro de oxígeno, son capaces de absorber más selectivamente los iones de la solución. La energía metabólica que es requerida para este proceso es obtenida de la respiración radicular, la cual es inhibida por la falta de oxígeno. Es decir, en sistemas radiculares anaeróbicos, puede haber una pérdida neta de iones (Jackson, 1980).

A pesar de esto, las investigaciones han indicado que en NFT, una gran porción de raíces necesitan ser anaeróbicas antes que los brotes pierdan nitrógeno, fósforo y potasio vía sistema radicular (Jackson, 1980). Sin embargo, hay una excepción que tiene mayor implicación para una producción comercial y ésta es el calcio (Ca). El calcio, a diferencia de los otros nutrientes, es absorbido por los “ápices radiculares no suberizados” (puntos de crecimiento). El ápice radicular tiene una gran demanda de energía para la producción y crecimiento celular y, por lo tanto, es vulnerable a la carencia de oxígeno. Si las raíces apicales que están en incremento sufren una deficiencia de oxígeno, una escasez de calcio aparece más rápidamente en los brotes. Debido a que el calcio no se mueve rápidamente desde las partes más viejas a las más jóvenes, las regiones más sensibles serán los puntos de crecimiento con bajas tasas de transpiración (tales como los ápices de las hojas y frutos); esto produce desórdenes como quemadura de puntas (tip burn) y pudrición o necrosis apical y son más severos ante la falta de oxígeno.

Cuando no se detecta oxígeno en la zona radicular, se dice que existe “anoxia” o condiciones “anaeróbicas”, aunque generalmente se utiliza el término de “hipoxia”. En el reino vegetal pocas son las especies que pueden tolerar condiciones de anoxia, el más notable es el arroz y especies silvestres de ambientes húmedos. Aprender a reconocer los síntomas producidos por condiciones anaeróbicas (a nivel radicular) es importante para cualquiera que esté involucrado en hidroponía, los síntomas producidos por baja oxigenación frecuentemente son atribuidos a otras fuentes.



### *Consecuencias de la falta de oxígeno*

. La carencia o escasez de oxígeno en la zona radicular de la planta tiene muchas formas de manifestarse, dependiendo de la especie. En general, por debajo de los 3-4 mg / l, de oxígeno disuelto en la solución, se produce una disminución en el crecimiento radical, apareciendo un color pardo de éste, tal vez sea el síntoma más precoz y fácilmente detectable de los primeros problemas al respecto (Gislerod y Kempton, 1983). Otro de los síntomas más frecuentes de una inadecuada oxigenación es el marchitamiento de la planta durante el mediodía, cuando los niveles de temperatura y luminosidad son los más altos.

La falta de oxígeno reduce la permeabilidad de las raíces al agua y habrá una acumulación de toxinas; así el agua y los minerales no pueden ser absorbidos en cantidades suficientes para el crecimiento bajo condiciones de estrés. Este marchitamiento está acompañado por una disminución en la fotosíntesis y transferencia de carbohidratos; por lo tanto el crecimiento de la planta es reducido y el rendimiento se verá afectado. Si la falta de oxígeno continua, las deficiencias comenzarán a manifestarse, las raíces morirán y la planta no desarrollará. En condiciones anaeróbicas, se produce una hormona de estrés: el etileno, el cual se acumula en la raíces y sus células colapsan. Una vez que ha comenzado el deterioro de la raíz, provocado por la anaerobiosis, los patógenos oportunistas como el Pythium pueden entrar rápidamente a la planta y destruirla. (Lynette Morgan, 2001).

Una consecuencia secundaria, al disminuir el oxígeno, es la aparición de poblaciones de microorganismos no deseados en el medio, la importancia de este factor se ve al observar la estrecha correlación exponencial entre la concentración de oxígeno en la solución nutritiva y los pesos secos de la raíz y vástago (Zeroni et al.,1983).

Otro efecto de falta de oxígeno más visible y prolongado, el cual ocurre en cultivos inundados, es la hoja "epinástica". Por la falta de oxígeno, las plantas son inducidas a incrementar la producción de etileno. La anaerobiosis del sistema radicular puede ser suficiente para elevar la síntesis de etileno en los brotes de tomate causando la epinastía (Bradford y Fa Yand, 1981). Si la falta de oxígeno continúa y es severa habrá clorosis de las hojas (amarillamiento), abscisión prematura de hojas y flores. La hormona responsable del envejecimiento prematuro y abscisión de la hoja es el "ácido abscísico", el cual se ha demostrado que está presente en grandes cantidades si la raíz está inundada (Jackson, 1980).



### *Importancia de la temperatura*

La disponibilidad de oxígeno está muy relacionada con la temperatura, la estrecha correlación entre ella es inversa, de forma que en una disolución nutritiva disminuye el oxígeno disuelto conforme aumenta de temperatura, mientras que el efecto contrario ocurre con la capacidad de difusión del mismo, por lo que en parte estos fenómenos se compensan sin llegar a equilibrarse. Esta razón hace que el valor absoluto de oxígeno en una disolución nutritiva previamente saturada con aire a presión sea menor en las horas centrales del día, y en la época estival, donde la temperatura en un cultivo es mayor, y la tasa de respiración de la raíz aumenta (Morard y Silvestre, 1996).

Respecto a la temperatura, es difícil discernir cuándo ésta juega un papel importante de por sí, o lo hace a través de su efecto en relación con la limitación de la cantidad de oxígeno presente en la rizosfera. Se ha descrito una fuerte disminución en la absorción de diversos nutrientes como N, P, K y Ca en cultivos hidropónicos cuando la temperatura se sitúa entre los 10 a 13°C (Chu y Toop, 1975; Cornillon, 1980; Engel y Marschner, 1990; Cornillon y Fellahi, 1993; Cornillon y Obeid, 1993; Engel, 1993). En los mismos trabajos antes mencionados y de otros como los de Adams y Massey (1984) se puede deducir que cuando la temperatura se sitúa sobre los 20 a 25°C (hasta los 30°C según el caso) parece que se incrementa fuertemente esta absorción, y no existe una gran fluctuación en su influencia dentro de éstos márgenes. Por encima de estas temperaturas no se permite un buen desarrollo de las plantas en cultivos hidropónicos, provocando algunos efectos no deseados como la subida a flor en los cultivos de lechuga.

### *Fuentes de oxígeno para las raíces*

Normalmente asumimos que las raíces de los cultivos implantados en sistemas hidropónicos obtienen el oxígeno de la solución nutritiva.

Sin embargo, existen otras fuentes de oxígeno. Primero, el oxígeno puede ser transportado dentro de la planta; la parte superior de la planta tiene acceso al oxígeno del aire y éste puede ser transportado hacia las raíces en caso de estrés. Segundo, bajo condiciones de un inadecuado suministro de oxígeno externo, las tasas de absorción de nitrato y su reducción del tejido radicular tiende a aumentar, lo que provee una fuente interna de oxígeno atómico el cual puede ser utilizado en procesos metabólicos sustituyendo al oxígeno externo (Gilbert y Shive, 1942). El oxígeno es liberado cuando las plantas reducen los iones nitrato absorbidos y este oxígeno está disponible para ser utilizado por las células vegetales (Pepkowitz y Shive, 1944).

A pesar de esto, las fuentes de oxígeno interno por sí solas son a corto plazo y no pueden proveer la suficiente cantidad de oxígeno requerido para sostener un buen crecimiento.



### *Métodos para aumentar la aireación*

Así como en otros sistemas hidropónicos, el cultivo en bandejas flotantes requiere de una adecuada concentración de oxígeno en el entorno de la raíz, para garantizar la funcionalidad del sistema radical de las plantas.

A pesar de la brevedad de los ciclos de cultivo y del gran volumen de solución nutritiva disponible por planta, las plantas que crecen en bandejas flotantes pueden tener problemas de hipoxia, debido a que las raíces consumen poco a poco el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. Es por éste motivo por el que se deben aplicar métodos para proveer a las raíces de niveles adecuados de oxígeno en todo momento.

En todos los sistemas que trabajan a disolución recirculante, es posible aumentar la oxigenación provocando un salto del drenaje en el tanque de recogida. Según nos recomienda Carrasco e Izquierdo (1996), el salto debe ser de al menos 50 cm tanto en la caída de retorno del drenaje, como en el agua de relleno para la preparación de la disolución.

Cuando se trata de un sistema NFT (técnica de la disolución nutritiva recirculante), el propio diseño permite ir aumentando la oxigenación de la disolución nutritiva a medida que ésta circula por el canal, esto ocurre cuando no está en condiciones de cultivo, sin embargo en la practica la demanda de oxígeno por las raíces es superior a la oxigenación que el especial diseño físico del sistema genera en la disolución recirculante.

En cada sistema concreto y condiciones medioambientales determinadas, se ha de dar unas recomendaciones de aireación diferentes, y éstas deben hacerse para cada método de oxigenación de la disolución nutritiva y aparato radical. Así por ejemplo, para el sistema japonés, se recomienda un flujo de aireación consistente en 15 minutos cada dos horas durante el día y una sola vez en mitad del período oscuro (Resh, 1992). Para el caso NFT y con el fin de eliminar costes, Romer (1993) recomienda para el cultivo de pepino 20 minutos del flujo y 20 de interrupción del mismo.

El método de aireación utilizado en nuestros ensayos, cultivados con el sistema de bandejas flotantes, es el burbujeo de aire de forma intermitente con una bomba de aire.

### 3.2.4. CULTIVO DE HORTALZAS TIPO “BABY LEAF” EN SISTEMAS FLOTANTES

El sistema de bandejas flotantes es una técnica sencilla y rentable para el cultivo de hortalizas tipo “baby leaf”, listas para consumir (IV gama), cuyo consumo a nivel mundial muestra una tendencia creciente (Castagnino et al, 2005).

Las hortalizas de hoja llamadas “baby leaf” son pequeños brotes tiernos, que se recolectan con un tamaño que oscila entre los 8 y los 12 centímetros. Estas verduras son atractivas por su frescura, diversidad de formas, colores, sabores, y porque presentan una sección expuesta a la oxidación muy pequeña, la de su pecíolo, aumentando las posibilidades de conservación tras su proceso mínimo (González et al., 2004). Los ciclos de producción son muy rápidos, teniendo recolecciones a los 35 días de la siembra. Las producciones se destinan en un 99% a IV gama y el resto para mercados gourmet. (Figuras 5 y 6).



Ilustración 5. Berros en bandejas flotantes styrofloat.



Ilustración 6. Canónigos en bandejas flotantes styrofloat.



La elaboración de hortalizas de IV Gama como lechuga, rúcula y otras especies requiere la puesta a punto de sistemas de cultivo que permitan rapidez de los ciclos, uniformidad de crecimiento, automatización de algunas operaciones, higiene y sin aireación de la calidad del producto (Castagnino et al., 2005).

Se ha observado que la producción de plántulas de brassicas (repollo, brócoli y coliflor) a través del sistema flotante, permite obtener mejor calidad en postrasplante y arraigamiento al suelo (Urrestarazu, 2004). Las plántulas de tomate y lechuga se han cultivado exitosamente con diferentes sustratos en sistemas flotantes (Urrestarazu, 2004). Jensen (1985) cultivó con éxito la lechuga de hoja (Waldemann's Green) y tres variedades de tipo europeo (Ostinata, Salinas y Summer Bibb).

### 3.2.4.2. EL CANÓNIGO

Se cree que la denominación de canónigo viene de que fuera común encontrarlos en los jardines de las rectorías, de ahí que otro de sus nombres comunes sea el de "Hierba de los canónigos". Es una planta anual de pequeño porte que crece en estado salvaje en las zonas templadas de Europa, Asia y el Cáucaso. El primer documento en el que se nombra es en 1588 y de origen alemán. Es más nutritiva que la lechuga y se consume en ensaladas mayoritariamente en Europa. (Figura 8).



Ilustración 7. Inflorescencia de *Valerianella locusta* L.



Ilustración 8. Planta de *Valerianella locusta* L.

#### *Descripción botánica.*

El canónigo, pertenece al reino *Plantae*, a la división *Magnoliophyta*, a la clase *Magnoliopsida*, al orden *Dipsacales*, la familia *Valerianaceae*, al género *Valerianella* y la especie *locusta*, su nombre botánico es *Valerianella locusta* L., sinónimo de *Valerianella olitoria* L.



El canónigo es una hierba anual de entre 15 a 30 cm de altura. Sus hojas crecen en forma de roseta desde la base del tallo, tienen forma espatulada de 6 a 8 cm de largo y 2 cm de ancho, de color verde claro u oscuro intenso y brillante, las hojas son también opuestas, sésiles, lanceoladas, enteras o con suaves dientes gruesos basales y glabros. (Figura 8).

El tallo es erecto de unos 20 cm de altura, los entrenudos tienen ranuras poco profundas, verticales y finas que surgen de la base de las hojas.

La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, sésiles, corola de color azul claro a blanco, con 5 pétalos con el ápice redondeado de unos 75 mm de largo y 6 mm de ancho. De 2 a 3 estambres y ovario ínfero. (Figura 7).



Ilustración 9. Grabado de *Valerianella locusta* L.



### *Propiedades y usos del canónigo.*

Entre sus características de mayor importancia para la salud es el contenido en ácidos grasos omega-3. El canónigo contiene de media 250 mg de ácido alfa-linoléico por cada 100 gramos de producto, el primero de los ácidos grasos de la familia de los omega-3, que no sintetiza el organismo y que debe ser aportado por la alimentación. Además, los canónigos contienen mucha pro vitamina A y vitaminas C, B6, B9 y E, y minerales como el yodo, hierro, potasio y el fósforo. (Tabla 1).

Tabla 1. Composición, vitaminas, y minerales presentes en 100g de hojas de canónigo

| CANÓNIGOS               | COMPOSICIÓN |         | VITAMINAS   |          | MINERALES |         |
|-------------------------|-------------|---------|-------------|----------|-----------|---------|
| Valerianella<br>locusta | Calorías    | 21      | Vit. A      | 7092 UI  | Calcio    | 38 mg   |
|                         | Agua        | 92,8 gr | Vit. C      | 38,2 mg  | Fósforo   | 53 mg   |
|                         | Ceniza      | 1,2 gr  | Vit. E      | nd       | Hierro    | 2,2 mg  |
|                         | Grasa       | 0,4 gr  | Tiamina     | 0,1 mg   | Magnesio  | 13 mg   |
|                         | Carbohid.   | 3,6 gr  | Riboflavina | 0,1 mg   | Potasio   | 459 mg  |
| Por 100 gr<br>de hojas  | Fibra       | nd      | Niacina     | 0,4 mg   | Sodio     | 4 mg    |
|                         | Azúcares    | nd      | Piridoxina  | 0,3 mg   | Zinc      | 0,6 mg  |
|                         | Proteínas   | 2,0 gr  | Folatos     | 14 mcg   | Cobre     | 0,1 mg  |
|                         | Rel Ca:P    | 0:07:01 | Ác. Panto.  | 0,0 mg   | Manganeso | 0,4 mg  |
|                         |             |         | Vitamina K  | nd       | Selenio   | 0,9 mcg |
|                         |             |         |             | Nitratos | 219 mg    |         |

Los canónigos se recomiendan para facilitar la digestión, mejorar la vista, el cabello y las uñas, ayuda con los problemas de riñón, anemia, tiene poder antiescorbútico y relajante del sistema nervioso, mejorando la transmisión y generación del impulso nervioso y muscular. Uno de los problemas más graves que presentan los canónigos tiene que ver con la capacidad de acumular selenio de forma muy eficaz (Mazej et al., 2007).

Además, al igual que muchas otras hortalizas consumidas por sus hojas, el canónigo es capaz de acumular nitratos. La acumulación de dichos compuestos se puede impedir utilizando sistemas de cultivo sin suelo que permiten obtener hortalizas de gran calidad en menos tiempo y con bajo contenido en nitratos (Fontana et al., 2004).



### 3.2.4.1. EL BERRO

El *Nasturtium officinale* es conocido comúnmente como berro, mastuerzo de agua o 'watercress' en inglés. *Nasturtium* viene del latín *nasus* = "naríz" y *tortus* = "torcido" debido al olor picante que desprende la planta, Es una planta perenne, semiacuática que se encuentra en la orilla de riachuelos y arroyos de aguas claras. Es originaria de Europa y Asia Central, ha sido usada desde tiempos inmemoriales por la medicina popular para aliviar problemas respiratorios y afecciones cutáneas.



Ilustración 10. Inflorescencia de *Nasturtium officinale*.



Ilustración 11. Planta de *Nasturtium officinale*.

#### *Descripción botánica.*

El berro, pertenece al reino *Plantae*, a la división *Magnoliophyta*, a la clase *Magnoliopsida*, al orden *Brassicales*, la familia *Brassicaceae*, al género *Nasturtium* y la especie *Officinale*, su nombre botánico es *Nasturtium officinale* R. Br.

Es una planta perenne, acuática o semiacuática, rastrera o flotante, glabra y de entre 10 a 60 cm de altura, tiende a agruparse en grandes colonias. Los tallos ascendentes son huecos, ramificados, algo carnosos y con raíces en los entrenudos. Las hojas, de color verde oscuro, son glabras, bipinnadas, de 5 a 15 cm de ancho, con 3 a 11 folíolos de ovados a orbiculares, con los bordes subenteros, siendo el folíolo terminal el más grande. (Figura 11).

Las flores, pequeñas, amarillas o blancas, tienen cuatro sépalos verdes de alrededor de 2 mm de largo, con cuatro pétalos de entre 3 a 5 mm de largo, seis estambres y un único pistilo y se reúnen en inflorescencias en ramilletes o panículas axilares y terminales. Los frutos son silicuas rectas o encorvadas, cilíndricas, de 1 a 2 (3) cm de largo por 2 a 2.5 mm de diámetro, divergentes a algo ascendentes, sobre pedicelos del mismo largo que las silicuas (Figura 10). La raíz es fibrosa.



Ilustración 12. Grabado de *Nasturtium officinale*.

### Propiedades y usos del berro.

Contiene vitaminas A, B1, B2, B3, B5, B6, B17, C, D, E y K. También cuenta con minerales como calcio, fósforo, potasio, hierro, sodio, magnesio, cobre, manganeso, flúor, azufre, cloro, yodo, germanio, silicio y zinc. (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido en vitaminas y minerales de diferentes vegetales y su cantidad diaria recomendada en 100gr

| ESPECIES     | VITAMINAS (CDR) |                |                |                |              | MINERALES (CDR) |               |                 |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|
|              | K<br>(330 µg)   | A<br>(3000 IU) | B1<br>(1,5 mg) | B3<br>(1,6 mg) | C<br>(75 mg) | K<br>(330 mg)   | Fe<br>(12 mg) | Ca<br>(1000 mg) |
| <b>BERRO</b> | <b>541</b>      | <b>4530</b>    | <b>0,08</b>    | <b>0,169</b>   | <b>65,6</b>  | <b>330</b>      | <b>1,8</b>    | <b>300</b>      |
| Espárrago    | 122             | 1000           | 0,16           | 0,17           | 33           | ---             | ---           | 21              |
| Brócoli      | 180             | 1500           | 0,09           | 0,21           | 118          | 325             | 1,3           | 130             |
| Zanahoria    | ---             | 13000          | 0,07           | 0,06           | 52           | ---             | 0,8           | 39              |
| Lechuga      | 35              | 1620           | 0,07           | 0,07           | 8            | 290             | 1,1           | 62              |
| Pepino       | ---             | 360            | 0,04           | 0,09           | 8            | ---             | 0,3           | 10              |



A menudo se utiliza como antibiótico, antibacteriano, diurético, expectorante, digestivo, antiséptico, antioxidante y tónico. También se usa popularmente como hierba terapéutica.

El consumo de berro puede disminuir el colesterol, se ha conseguido disminuir los triglicéridos y las lipoproteínas de baja densidad (LDL-C), esta cualidad se le atribuye debido a su gran potencial antioxidante (Yazdanparast et al., 2008).

Además, otro efecto positivo del berro en la salud humana es que, al igual que todas las Brassicas, es rico en glucosinolatos. Los glucosinolatos son unos glucósidos que contienen azufre y que pueden ser hidrolizados, de forma enzimática o no, dando lugar a isocianatos y/o nitrilos. Los isocianatos son muy importantes ya que son los principales inductores de enzimas de desintoxicación de carcinógenos (Williams et al., 2010). Uno de los dos inductores más potentes podemos encontrarlo en el berro, es el denominado 2-fenetilglucosinolato, PEITC o también conocido como gluconasturtiin.

Por contra, el berro, como planta acuática, es capaz de acumular metales pesados como el zinc y el cobre, pudiendo llegar a acumular elevados niveles de ambos elementos y en una proporción menor al níquel (Kara, 2005). También es capaz de acumular grandes cantidades de arsénico en las hojas, este compuesto inorgánico se utilizaba, en la industria y la agricultura y se podía encontrar en distintos estados de oxidación en el agua (Ozturk et al., 2010), aunque en la actualidad su uso ha desaparecido en beneficio de nuevos compuestos orgánicos.

### **3.3. LA IV GAMA**

#### **3.3.1. DEFINICIÓN**

La definición de IV gama hace referencia a productos vegetales, frutas y hortalizas frescos sin tratamiento térmico, preparados, lavados y envasados que han podido ser objeto de troceado, corte o cualquier otra operación relativa a la integridad física del producto, listos para consumir o cocinar y destinados al consumo humano.

El producto mantiene sus propiedades naturales y frescas, con la diferencia de que viene lavado, troceado y envasado, sin incorporar ningún tipo de aditivo ni conservante, y exige como requisito imprescindible; el mantenimiento de la cadena de frío para su perfecta conservación y tiene una fecha de caducidad en torno a 7 días.

El nombre de IV Gama está relacionado con el nivel tecnológico empleado.

La ventaja principal de la IV Gama radica en la calidad de la materia prima, que se mantiene fresca y natural cuando llega al consumidor; y en el proceso de manipulación y fabricación (productos mínimamente procesados) que requiere unas condiciones de salubridad y calidad muy elevadas; y un alto nivel tecnológico en los centros de producción. (Figuras 13 y 14).



Ilustración 13. Hortalizas de IV gama



Ilustración 14. Productos de IV gama en venta al público

### 3.3.2. LAS GAMAS ALIMENTICIAS

Las gamas de los alimentos hacen referencia a los distintos formatos en los que se pueden presentar los alimentos dependiendo de su grado de transformación antes de llegar a manos del consumidor, y por consiguiente, el grado de elaboración que necesitan para su consumo final. Cuando hablamos de frutas y hortalizas, distinguimos cinco gamas diferentes.

La primera gama incluye las verduras frescas y alimentos conservados por métodos tradicionales como por ejemplo las conservas de tomate.

La segunda gama corresponde a las hortalizas que han sufrido un tratamiento para alargar la vida útil. La diferencia con las conservas de la primera gama es que las de segunda gama se han sometido a tratamientos, mientras que las de primera gama el único tratamiento que han sufrido ha sido el enlatado.

La tercera gama hace referencia a hortalizas congeladas, pero que necesitan de ser cocinadas para su consumo.

La cuarta gama está formada por productos vegetales envasados, listos para consumir, ya pelados, cortados y lavados. Para ésta gama se producen las especies tipo “baby leaf”.

Finalmente, la quinta gama es la que hace referencia a todas aquellas verduras u hortalizas que ya se encuentran cocinadas. También salsas y sofritos.



### 3.3.3. FABRICACIÓN DE LA IV GAMA

El proceso que siguen las frutas y hortalizas para convertirse en productos de IV Gama es el siguiente:

El proceso de fabricación de frutas y hortalizas de IV Gama comienza en el campo, donde se cultiva la materia prima en las mejores condiciones (de seguridad alimentaria, calidad y respeto al medio ambiente...).

La recolección del material vegetal se hace en las óptimas condiciones higiénicas, con el color y textura adecuados, y en su grado justo de madurez.

Desde el punto de vista industrial, el proceso comienza con la recepción y almacenamiento de frutas y hortalizas en las fábricas. La selección de la parte óptima puede suponer una pérdida del 20 al 70% del producto, operación que se realiza de manera manual.

Algunas ensaladas y vegetales mezclados requieren de una preparación previa antes del envasado para asegurar que se realiza una mezcla homogénea.

La fase de lavado se realiza en dos fases intensivas, con el fin de eliminar la suciedad del campo. El secado superficial es fundamental para la conservación del producto y se efectúa mediante la eliminación del exceso de agua.

El pesado y envasado de los productos troceados es la fase final del proceso.

En cada caso, y en función del producto, se busca el envase más adecuado, que incluye desde bolsas a barquetas, tarrinas o bandejas. Siempre son envases transparentes para que el consumidor pueda percibir la frescura y calidad del producto.

El almacenamiento se realiza en condiciones de refrigeración hasta su consumo. La temperatura a la que tiene que estar el producto en todo el proceso, desde que se recolecta la materia prima hasta la colocación en el punto de venta debe oscilar entre los 1 y 4 grados.

Los productos de IV Gama pueden encontrarse en la práctica totalidad de los puntos de venta, en las secciones de frutería u hortalizas, dentro de los muebles refrigerados para conservarlos en sus óptimas condiciones.



## 3.4. COMPUESTOS QUÍMICOS EN LAS PLANTAS

### 3.4.1. EL NITRÓGENO

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas dado que participa en la formación de diversos compuestos orgánicos como aminoácidos, proteínas y ácido nucleico. La nutrición de N desempeña un papel significativo en la producción y calidad de la cosecha (Sisson et al., 1991; Gastal y Lemaire, 2002; Wang et al., 2002).

Es uno de los cuatro elementos fundamentales en la construcción de las proteínas, y por lo tanto participa en la constitución de prácticamente todos los organismos. Los vegetales lo absorben preferentemente como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), asimilándolo en forma de amonio. Además, su deficiencia es la más fácil de diagnosticar y por lo general, las plantas revelan una respuesta relativamente rápida a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados.

La cantidad de nitrógeno a aportar dependerá de la situación o estado de nuestro cultivo: características del suelo, clima, estado fenológico, técnicas agronómicas empleadas (marco de plantación, riego).

El nitrógeno en el suelo se presenta en las siguientes formas: Nitrógeno orgánico soluble, Nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrógeno como nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y Nitrógeno asociado a las partículas del suelo como ion amonio intercambiable y Nitrógeno orgánico.

Por lo general, en los suelos que no están anegados, el Nitrógeno del suelo (retenido como proteína de la materia vegetal) y el Nitrógeno de los fertilizantes se transforman microbiológicamente en  $\text{NH}_4^+$  (amonio) mediante el proceso de amonificación. El ion amonio se oxida por la acción de dos grupos de bacterias (Nitrosomonas y Nitrobacter) convirtiéndose en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) con un producto intermedio nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) inestable en un proceso llamado nitrificación. La urea se hidroliza fácilmente en amonio. En terrenos húmedos o anegados, con condiciones anaeróbicas se produce la desnitrificación, donde el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) se reduce a varias formas gaseosas  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  etc. (Muñoz, 2005).

Año tras año, los agricultores han aumentado la aplicación de fertilizantes de N a sus tierras (Wang et al., 2000), sin considerar el grave problema de acumulación de compuestos nitrogenados que implica a largo plazo. Una fuente adecuada de N puede promover el crecimiento vegetal y aumentar la producción vegetal (Collins y McCoy, 1997), pero un exceso de esta fertilización nitrogenada, provoca una inevitable acumulación de estos compuestos en la planta, lo que significaría la acumulación en los futuros alimentos que provengan de esa planta o cultivo. Dichos compuestos acumulados pueden ser nocivos para nuestra salud y medio ambiente.





### *Peligro de los nitratos en el hombre*

La presencia de nitratos en las hortalizas es una amenaza grave para la salud del hombre debido a que aproximadamente el 5% de todo el nitrato ingerido es convertido a nitritos por las bacterias de la saliva y en el tracto gastrointestinal, pudiendo formarse nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que han demostrado tener efectos cancerígenos, (Santamaría, 2006). Además de en el organismo, ésta transformación también puede producirse en los alimentos durante el procesado y almacenamiento. Los nitratos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobina, incapaz de transformar el oxígeno, muy frecuente en bebés. Por esta razón, se han impuesto diversas restricciones al consumo de nitratos.

El contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios está regulado en la UE por Reglamento 1258/2011. Este reglamento incluye solo la regulación de lechugas, mientras que para los demás productos vegetales existen límites nacionales (Santamaría et al., 2002). El contenido máximo debe establecerse a un nivel estricto que pueda conseguirse razonablemente si se aplican buenas prácticas agrícolas. Entre las hortalizas aprovechadas por sus hojas, la rúcula, lechuga, berros y canónigos están clasificadas como de alto contenido de nitratos (Santamaría, 2006).

Según Paschold (1989), el contenido de nitratos en la planta viene determinado por un conjunto de factores ambientales (luz, temperatura, entre otros), nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros) y propios del cultivo (genotipo, órgano vegetativo, edad, entre otros) que interactúan entre sí.

La acumulación de nitratos en vegetales es más alta con bajas condiciones de intensidad luminosa (Steingröver et al., 1986a; 1986b; Blom-Zandsta, 1989), y generalmente cuando se aumenta la temperatura a nivel radical la absorción de nitratos por la planta también aumenta (Behr y Wiebe, 1992; Lainé et al., 1993).

El nivel de nitratos en la planta depende de las diferencias entre la absorción de nutrientes y su asimilación. De esta manera, todos los procesos que pueden afectar a la absorción, a la asimilación y a la translocación en la planta pueden modificar los niveles de nitratos en la misma.



### 3.4.2. LOS OXALATOS

Los oxalatos son sales o ésteres del ácido oxálico. Se trata de sustancias habitualmente incoloras, reductoras y tóxicas; son tóxicas debido a que en presencia de iones de calcio forman el oxalato de calcio,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , una sal muy poco soluble.

Estas sales son componentes comunes en las plantas, considerados como antinutricionales, así como toxinas. No tienen ninguna utilización metabólica en el organismo ya que, desde que es absorbido, será transportado a los riñones para ser excretado en la orina como un producto de desecho. La cantidad de oxalato excretada en la orina es un factor de peligro importante en el desarrollo de los cristales de oxalato cálcico, el componente más común de las piedras del riñón. Los oxalatos también disminuyen la absorción intestinal de calcio y magnesio (Libert y Franceschi, 1987).

Los oxalatos están presentes en muchas familias de plantas, pudiendo ser encontrados en una vasta gama de productos hortícolas, frutas, frutos de cáscara y plantas silvestres comestibles. Entre las hortalizas de hoja, espinaca, verdolaga y berro son las plantas más acumuladoras de oxalatos (Noonan y Savage, 1999).

El contenido de oxalatos depende, entre otros factores, de la especie y del cultivar, de los fertilizantes (sobre todo aquellos nitrícos), y de las fases del crecimiento vegetal (Kabaskalis et al., 1995; Makus y Hettiarachchy, 1999; Takebe y Yoneyama, 1997). La distribución del oxalato dentro de las plantas es desigual. En general, el contenido de oxalato es más alto en las hojas intermedias y en las semillas, y más bajo en el tallo (Osweiler et al., 1985; Libbert y Franceschi, 1987).

El contenido de oxalatos puede ser reducido por la aportación de nitrógeno en forma amoniacal (Palaniswamy et al., 2004), incluso la concentración nitrogenada de la solución nutritiva puede alterar su contenido en los tejidos vegetales.

Pueden ser encontrados como formas solubles e insolubles en plantas. Las sales solubles se forman cuando el oxalato se liga con el potasio, sodio y magnesio (el oxalato de magnesio es menos soluble que las sales de sodio y potasio), mientras que las sales insolubles son producidas cuando el oxalato se liga con el calcio y el hierro. El oxalato también puede ser encontrado libre como ácido oxálico; este forma sales solubles en agua con los iones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ , también se liga con  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Fe}_2^+$  y  $\text{Mg}_2^+$  volviendo estos minerales indisponibles. Los oxalatos disminuyen la disponibilidad de una serie de oligoelementos, debido a la formación de complejos insolubles (Heaney et al., 1988; Bohn et al., 2004).



### 3.4.3. FENOLES

En este grupo se incluyen los monofenoles, polifenoles, flavonoides y taninos. Casi todas las frutas y vegetales frescos, así como los granos de cereales, contienen cantidades apreciables de fenoles naturales. Los tres grupos más importantes de fenólicos dietéticos son los flavonoides, ácidos fenólicos y los polifenoles. Los flavonoides son el grupo más grande de fenoles vegetales y el más estudiado. Los ácidos fenólicos forman un grupo diverso que incluyen los derivados del ácido hidroxibenzoico y del ácido hidroxicinámico. Los polímeros fenólicos (polifenoles), comúnmente conocidos como taninos, son compuestos de alto peso molecular que se clasifican en: taninos hidrolizables y taninos condensados.

Los flavonoides son el grupo simple de fenólicos más grande en los alimentos vegetales; son compuestos de bajo peso molecular que generalmente existen enlazados a moléculas de azúcares. Los flavonoides están agrupados en antocianinas y antoxantinas. Las antocianinas son moléculas de pigmentos rojos, azules y púrpuras.

Las antoxantinas, que incluyen flavonoles, flavonas, flavanoles, e isoflavonas, son moléculas incoloras o de colores que oscilan desde el blanco hasta el amarillo. (Dreosti, 1996).

Los polifenoles tienen acción antioxidante, pueden reducir la peroxidación de los lípidos. El consumo frecuente de frutas y vegetales frescos se asocia con una menor incidencia de cáncer en humanos y en carcinogénesis experimental. Los polifenoles se hallan preferentemente en las capas más superficiales de verduras, frutas, cereales y otras semillas, para proteger de la oxidación los tejidos de las capas inferiores. Son también anticoagulantes, antimicrobianos, inmunoestimulantes y reguladores de la presión arterial y de la glucemia. (Barnes, et al 1996).

## 3.5. LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Entre los alimentos que forman parte de nuestra dieta habitual, se encuentran las hortalizas y verduras, vegetales de enorme interés por su composición y riqueza en micronutrientes y fibra. Entre los vegetales que consumimos cada día, y que no se caracterizan, en general, por el aporte energético, las hortalizas son un grupo de enorme interés y nadie duda de los resultados beneficiosos de su ingesta; su riqueza en vitaminas, elementos minerales y fibra hace que su consumo sea imprescindible para conseguir una alimentación sana y equilibrada.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



El desarrollo de muchas enfermedades crónicas y degenerativas, como el cáncer, la enfermedad coronaria, el Alzheimer y el Parkinson, entre otras, podría estar causado, en parte, por el estrés oxidativo. Las especies reactivas del oxígeno, los radicales libres, pueden dañar a las proteínas, las grasas y el material genético. A pesar de que el cuerpo humano ha desarrollado sistemas específicos para eliminar estas sustancias peligrosas, estos no son eficaces al cien por cien.

La alimentación rica en hortalizas y frutas se considera como una gran ayuda en la lucha contra los radicales libres, ya que algunos de sus nutrientes y fitoquímicos se han revelado como potentes antioxidantes. El US Department of Agriculture ha publicado en los últimos años diferentes bases de datos de especial interés acerca de varios antioxidantes, como son la vitamina C, la vitamina E, el selenio y algunos carotenoides, flavonoides y antocianinas.

La más importante vitamina de las frutas y legumbres para la alimentación humana es la vitamina C. Más de 90% de la vitamina C en la dieta humana son suministrados por los frutos y productos hortícolas (incluyendo patatas). La vitamina C es definida como el término genérico para todos los compuestos exhiben la actividad biológica del ácido L-ascórbico (AA).

La vitamina C es necesaria para la prevención del escorbuto y mantenimiento de una piel saludable, encías y vasos sanguíneos. La vitamina C es igualmente conocida por tener muchas funciones biológicas en la formación colágeno, absorción de hierro inorgánico, en la reducción del nivel de colesterol plasmático, inhibición en la formación de nitrosomina y el refuerzo del sistema inmunitario. La vitamina C como antioxidante, declaradamente reduce el riesgo de aterosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Harris, 1996).



## 4. OBJETIVOS

---

El objetivo de este trabajo fue estudiar diferentes niveles de aireación (baja, alta y no aireación) en la solución nutritiva, sobre el crecimiento y calidad de plantas de berro (*Nasturtium officinalis*) y canónigo (*Valerianella locusta*), cultivadas en bandejas flotantes para optimizar la producción y calidad con fines comerciales como producto baby leaf. Para ello, se estudiará el efecto de los diferentes niveles de aireación sobre los parámetros agronómicos de crecimiento (altura, área foliar, peso fresco y seco, número de hojas y color) y a nivel radicular longitud, diámetro y volumen. Además se analizará el efecto de los diferentes niveles de aireación sobre el contenido de nitratos, oxalatos, fenoles, antioxidantes y vitamina C.



## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

El ensayo se realizó en la Estación Experimental agroalimentaria “Tomás Ferro” de la UPCT, ubicada en La Palma, en el término municipal de Cartagena, provincia de Murcia. [37º 41' N; 0º 57' W].

Se realizaron dos ensayos casi simultáneos. En el primer ensayo se utilizó como material vegetal semillas de canónigo (*Valerianella locusta*) de la variedad “Gala” de Clause Spain, y en el segundo ensayo como material vegetal se utilizaron semillas de berro (*Nasturtium officinalis*) de la variedad “Large leaf” de Tozer Seeds.

La siembra de canónigo se realizó el 1 de diciembre de 2010, y una semana después, el 9 de diciembre se sembró el berro. La duración del ciclo de cultivo fue de 42 días para el primer ensayo y de 35 para el segundo.

La recolección de ambos cultivos tuvo lugar el 12 de Enero de 2011.

#### 5.1.1. Preparación de las instalaciones

Antes de iniciar la experiencia se procedió al acondicionamiento de los materiales e instalaciones que posteriormente se usarían.

En primer lugar se realizó la limpieza y desinfección de los materiales fundamentales, tales como, las bandejas flotantes styrofloat, los bidones donde iría contenida la solución nutritiva, y finalmente, las mesas de cultivo.

Seguidamente, se comprobaron todos los dispositivos de bombeo, así como las sondas y datalogger utilizados para el registro de datos ambientales.

En la base de cada mesa de cultivo se dispuso un entramado de tuberías conectado a una bomba de aire, para proporcionar aireación a la solución nutritiva. Para conseguir los tratamientos de aireación ensayados: sin aireación, bajo y alto, se utilizaron tuberías con distintas perforaciones 0, 6 y 36 agujeros por  $m^2$ , respectivamente.

Para aplicar la solución nutritiva, se utilizaron bidones de 100 L y bombas Decor 12 (ESPA), para hacer llegar ésta a las mesas de cultivo. Para el registro de las variables ambientales se utilizó el datalogger CR1000 (Campbell Scientific), con distintas sondas

para la medición de la temperatura del aire y del agua, humedad relativa, radiación solar, pH, conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto en agua.

### 5.1.2. Siembra y conducción del cultivo

La siembra tanto del canónigo como del berro se realizó a mano, estimando el número de semillas por fisura. (Figura 15).



Ilustración 15. Siembra de canónigos y berros en bandejas styrofloat.

En el caso del canónigo, la siembra se realizó alternando una fisura con semillas y otra sin semillas. Para la siembra del berro se utilizaron todas las fisuras de las bandejas styrofloat.

Para la siembra se utilizaron bandejas flotantes de tipo styrofloat; son bandejas de poliestireno expandido fabricadas por Europak, s.p.a., que poseen unas fisuras de 17,1x2,5 cm de forma troncocónica con unas dimensiones de 96x60x3,5cm y el número de fisuras por bandeja es de 34x3 filas, que se adaptan a las mesas de flotación dividiéndolas en dos para dar lugar a dos bandejas de 60x41 cm y un trozo sobrante.

El sustrato utilizado fue una mezcla equilibrada de turba negra y rubia de la marca Floragard designada como sustrato comercial tipo S, que se introdujo en las fisuras de forma manual presionando y distribuyéndola bien por toda la superficie. Para comprimir la turba se utilizaron unos utensilios circulares y planos.

Una vez finalizada la siembra en las bandejas, se humedecieron e introdujeron en una cámara climática (Fitotron de Sanyo) en condiciones de oscuridad, 21°C de temperatura, y 90% de humedad relativa durante tres días, para facilitar la germinación. (Figura 16). A continuación, las bandejas fueron trasladadas a unas mesas de cultivo de dimensiones 3 x 1,5 x 0,15 m, ubicadas en el interior de un invernadero de policarbonato.(Figura 17).



**Ilustración 16. Cámara climática Fitotron de Sanyo**



**Ilustración 17. Bandejas sobre mesas de cultivo.**

Pasada una semana desde que las bandejas estuvieran en las mesas de cultivo del invernadero, se realizó un aclareo de plántulas, dejando unas 8 plantas por fisura en el caso del canónigo, y 10 en el caso del berro, lo que supuso una densidad de plantación de aproximadamente 680 plantas/m<sup>2</sup> en el primer caso y 2050 plantas/m<sup>2</sup> en el segundo.

### **5.1.3. Composición de la solución nutritiva y el diseño experimental**

La solución nutritiva estuvo compuesta por agua fresca desde la colocación de las bandejas en las mesas de cultivo hasta los 8 días después la siembra en el caso del berro, y 9 en el caso del canónigo.

Con el desarrollo de la raíz, se aplicó una solución nutritiva formada por elementos compuestos comerciales, previamente estudiados y calculados y que se pesaron y añadieron al agua en el mismo invernadero.

A partir de esta fecha y hasta el final del cultivo, dicha solución nutritiva con un pH de 5,8 y una CE igual a 2,8 dS/m, estuvo compuesta por los siguientes elementos en  $\mu\text{mol/L}$ :  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,2570;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,2500;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,3160;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,2000;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 1360. A esta solución se le añadió una mezcla comercial de microelementos a una concentración de 0,02 g/l y un quelato de Fe a una concentración de 0,02 g/l. (Tabla 3).





**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL  
CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNIGOS Y BERROS  
CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES**



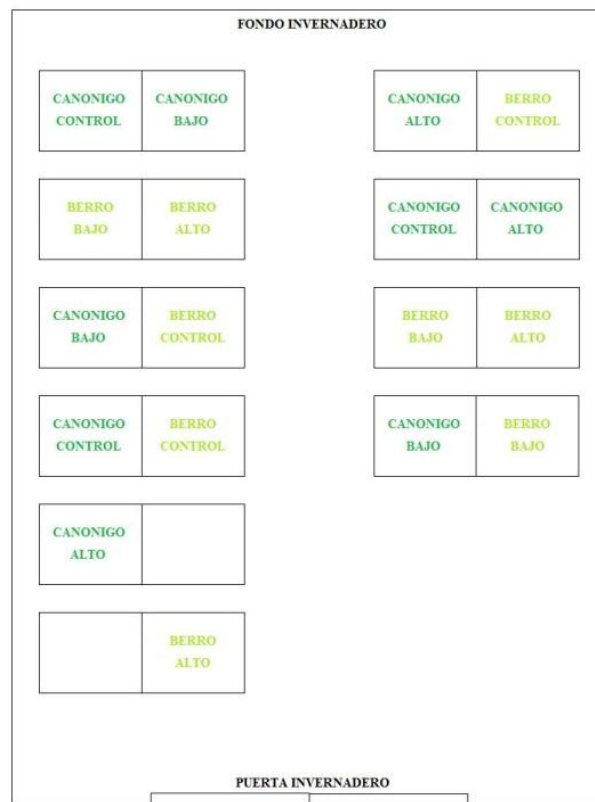
**Tabla 3. Composición de la solución nutritiva**

| ELEMENTOS NUTRITIVOS |  | g/200L | g/L  | mol/L                   | μmol/L |
|----------------------|--|--------|------|-------------------------|--------|
| NITRATO MAGNÉSICO    | [Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]               | 76     | 0,38 | 2,6 x 10 <sup>-3</sup>  | 2.568  |
| NITRATO CÁLCICO      | [Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]               | 82     | 0,41 | 2,5 x 10 <sup>-3</sup>  | 2.500  |
| SULFATO POTÁSICO     | [K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]                  | 110    | 0,55 | 3,16 x 10 <sup>-3</sup> | 3.161  |
| FOSFATO MONOAMÓNICO  | [NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]  | 46     | 0,23 | 2 x 10 <sup>-3</sup>    | 2.000  |
| SULFATO AMÓNICO      | [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] | 36     | 0,18 | 1,36 x 10 <sup>-3</sup> | 1.364  |
| MICROELEMENTOS       |  | 4      | 0,02 | -                       | -      |
| QUELATO DE HIERRO    |  | 4      | 0,02 | -                       | -      |

Para ambos ensayos la temperaturas media, máxima y mínima fueron 14,14°C, 17,46°C y 9,32°C, respectivamente, en cuanto a la humedad relativa la máxima se situó en un 90,3%, la mínima en 21,41% y la media fue de 71,68%. La radiación solar media fue de 10,70W/m<sup>2</sup>, la conductividad media para el caso del berro fue de 2,36 dS/m, y para el canónigo de 2,43dS/m.

Para llevar a cabo los ensayos se ocuparon 18 mesas de cultivo, de dimensiones 3 x 1,5 x 0,15 m, que contenían cinco bandejas de 60 x 41 cm, que cubrían el área total de la mesa, con tres repeticiones por tratamiento distribuidas al azar, ubicadas en el interior de un invernadero de policarbonato. (Figuras 18,19 y 20).

Los dos cultivos estaban distribuidos en el invernadero de la siguiente manera:



**Ilustración 18. Plano de distribución de mesas en el invernadero.**



Ilustración 19 y 20. Imagen real de la distribución de las mesas de cultivo en el invernadero

#### 5.1.4. Muestreo y toma de datos

La recolección tuvo lugar el 12 de enero de 2011; ésta se realizó cuando las plantas desarrollaron de 6 a 8 hojas y se llevó a cabo sacando a mano las filas necesarias de cada bandeja.

En el momento de la recolección se recogieron varios tipos de muestras para los diferentes análisis a realizar:

##### *Medidas de crecimiento*

Para las medidas de crecimiento de la planta se tomaron plantas enteras, con raíz incluida, una ranura por bandeja, de dos bandejas de cada mesa. Estas muestras se transportaron al laboratorio donde se separó la parte aérea y la radical para facilitar el manejo, y se realizaron en 20 plantas las siguientes mediciones:

- Altura de planta; la medida se toma desde el peciolo hasta la hoja más alta de cada planta con una regla con precisión de cm.
- Número de hojas por planta; se cuentan las hojas mayores de 1cm por planta.

- Área foliar; medida tomada con un medidor de área foliar modelo LI-3100C (LICOR). (Figura 21).

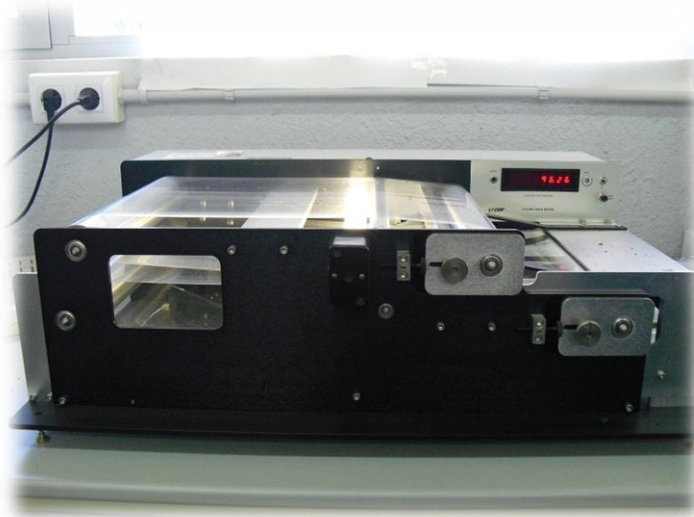


Ilustración 21. Medidor de área foliar.

- Color; se toman hojas al azar y se toma la medida con un colorímetro.
- Análisis de la parte radical; de donde se obtuvo información de la longitud, el diámetro medio, el área, el volumen, y las distintas longitudes de cada diámetro, mediante el programa Winrhizo y mediante el escaneado de raíces con un scanner EPSON-Expression 836XL. (Figuras 22 y 23).

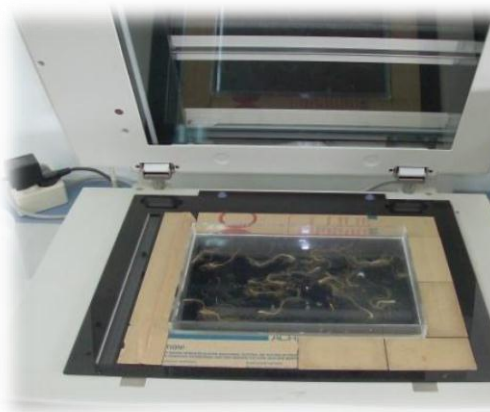


Ilustración 22 y 23. Escáner de raíces y software Winrhizo.

- Peso fresco; con una balanza con precisión de miligramos.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES

- Peso seco; tras la toma de los demás datos las muestras se introducen en una estufa a 60°C hasta peso constante y tras estos se efectúan un nuevo pesado.

Además del primer muestreo realizado para las medidas anteriores, se recolectó material vegetal para un posterior análisis del contenido en nitratos, oxalatos y vitamina C en las hojas de las plantas.

### *Determinación de nitratos y oxalatos*

Para el análisis de los nitratos y oxalatos se recogieron 100g de material vegetal por cada tratamiento, que se colocó en una estufa a 60°C hasta que estuvo totalmente seco. Una vez que el material estuvo seco, se procedió a su trituración (el aparato utilizado fue una trituradora Moulinex) hasta que las hojas quedaron en polvo.

La extracción de los nitratos y oxalatos se realizó a partir de 0,2 g de hojas secas en polvo, tres repeticiones por cada tratamiento, bien rotuladas y diferenciadas. Posteriormente, se añadió 50 ml de agua destilada, siendo después agitadas por un agitador (Orbital Shaker – Modelo 481) durante 45 minutos, a una temperatura de 50°C y a 117 rpm. A continuación, los extractos fueron filtrados utilizando embudos y filtros DP 145 110,(Figura 24), y llevados para analizar a un Cromatógrafo Iónico, (Metron HM columna 838-861) en el laboratorio SAIT de la Universidad Politécnica de Cartagena.

El sistema cromatográfico consistió en un módulo de separación Waters 2695 (Waters Corp.), una columna Teknokroma C-18 (Teknokroma SL) y la detección se logró a 260 nm con un detector UV-Vis 2687 (Waters Corp.).





### *Determinación de fenoles y capacidad antioxidante*

El contenido en fenoles totales fue determinado con el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (FCR), que mide la cantidad de sustancia analizada que se necesita para inhibir la oxidación del reactivo, y expresado como equivalente de ácido clorogénico por kg de peso fresco.

La capacidad antioxidante fue evaluada en términos de la desaparición del radical DPPH a 515 nm y expresada como equivalente de ácido ascórbico por kg de peso fresco.

**Ilustración 24. Filtración de muestras**

### **5.1.5. Tratamiento estadístico de datos**

Los datos previamente trasladados a una hoja de cálculo se sometieron a un estudio estadístico mediante el programa StatGraphic plus versión 5.0, utilizando un ANOVA con el test LSD (95%) ( $P < 0,05$ ), para el cálculo del análisis de la varianza y de separación de medias.

## 6. RESULTADOS

### DATOS DEL INVERNADERO Y DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Los datos recogidos en el invernadero donde se realizaron los ensayos, fueron los siguientes:

Tabla 4. Datos ambientales del invernadero y datos de la solución nutritiva del cultivo.

| SOLUCIÓN NUTRITIVA    |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| T <sup>a</sup> máxima | 17,46°C               |
| T <sup>a</sup> media  | 14,144°C              |
| T <sup>a</sup> mínima | 9,32°C                |
| CE berro              | 2,211dS/m             |
| CE canónigo           | 2,397 dS/m            |
| pH berro              | 6,34                  |
| pH canónigo           | 6,12                  |
| AIRE                  |                       |
| T <sup>a</sup> máxima | 18,07°C               |
| T <sup>a</sup> media  | 14,14°C               |
| T <sup>a</sup> mínima | 7,14°C                |
| HR media              | 71,68%                |
| Radiación solar media | 10,70W/m <sup>2</sup> |

### ENSAYO\_1: Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos cultivados en bandejas flotantes



Ilustración 26. Canónigo Control



Ilustración 27. Canónigo Baja aireación



Ilustración 28. Canónigo Alta aireación



## Parte aérea

En los parámetros de crecimiento aéreo se observaron diferencias significativas en la altura, el peso fresco, el área foliar y el ángulo Hue (color), mientras que no aparecieron en el número de hojas y en el peso seco (Tabla 5).

Se puede observar que con el tratamiento de alta aireación se obtuvieron los valores más altos en todos los parámetros analizados, a excepción del parámetro Hue, cuyo mayor valor se obtuvo con el tratamiento control, o sin aireación. (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de crecimiento aéreo al final del cultivo de canónigo

| Tratamiento | Altura (cm) | Nº de hojas | Peso fresco (g) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Peso seco (g) | Hue       |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------|-----------|
| Control     | 4,411 a     | 5,178       | 4,212 a         | 81,57 a                        | 0,325         | 157,665 b |
| Bajo        | 4,897 b     | 5,213       | 6,74 ab         | 119,456 b                      | 0,4           | 155,797 a |
| Alto        | 5,617 c     | 5,533       | 8,188 b         | 148,918 b                      | 0,45          | 156,621 a |
| P-value     | 0           | 0,2164      | 0,0152          | 0,0056                         | 0,2014        | 0,0026    |

## Parte radicular

Respecto a los análisis de la parte radical del cultivo, las plantas cultivadas en el tratamiento control mostraron los menores valores de longitud total, número de puntas y bifurcaciones (Tabla 6), así como en la longitud de raíces con diámetro comprendido entre 0-0,5 cm. Sin embargo, en el tratamiento de aireación baja, se alcanzaron los diámetros más elevados de raíces (Tabla 7).

Tabla 6. Parámetros de crecimiento radicular al final del cultivo de canónigos

| Tratamiento | Longitud (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Diámetro (mm) | Volumen | Nº de puntas | Bifurcaciones |
|-------------|---------------|-------------------------|---------------|---------|--------------|---------------|
| Control     | 1170,68 a     | 92,654                  | 0,7905 b      | 5,791   | 1961,75 a    | 4052,5 a      |
| Bajo        | 1555,4 b      | 110,465                 | 0,712 ab      | 6,371   | 3356,92 b    | 5917,08 b     |
| Alto        | 1468,99 b     | 92,186                  | 0,529 a       | 4,705   | 2802,56 b    | 4516,69 a     |
| P-value     | 0,0173        | 0,1824                  | 0,0105        | 0,1585  | 0,0033       | 0,0068        |



Tabla 7. Longitud de raíces por diámetro (cm) en el cultivo de canónigos

| Tratamiento | 0<L≤0,5      | 0,5<L≤1      | 1<L≤1,5      | 1,5<L≤2      | 2<L≤2,5      | 2,5<L≤3      | 3<L≤3,5      | 3,5<L≤4      | 4<L≤4,5      | L>4,5        |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Control     | 677,32 a     | 308,05       | 103,96       | 39,85        | 19,73 ab     | 9,96 ab      | 5,03 ab      | 3,17 b       | 1,52 ab      | 1,69 ab      |
| Bajo        | 969,80 b     | 37,68        | 120,21       | 46,60        | 22,80 b      | 11,83 b      | 6,82 b       | 3,90 b       | 1,86 b       | 3,38 b       |
| Alto        | 965,66 b     | 351,91       | 93,93        | 32,47        | 13,60 a      | 5,64 a       | 2,92 a       | 1,30 a       | 0,37 a       | 0,51 a       |
| P-value     | <b>0,002</b> | <b>0,273</b> | <b>0,152</b> | <b>0,079</b> | <b>0,034</b> | <b>0,022</b> | <b>0,016</b> | <b>0,008</b> | <b>0,024</b> | <b>0,019</b> |

### Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de canónigo

Aunque no se observan diferencias significativas en ninguno de los compuestos analizados (Tabla 8), el contenido de nitratos en hojas se vio reducido en el tratamiento de elevada aireación, mejorando de esta forma la calidad del producto final.

Los oxalatos también se redujeron con el tratamiento de elevada aireación, siendo su contenido en todos los tratamientos bastante bajo, como previamente demostró Ochoa et al. (2010).

El contenido en fenoles totales se vio afectado por la aireación de la solución nutritiva, pero no la capacidad antioxidante, que apenas se apreciaron diferencias entre los tres tratamientos.

Tabla 8. Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de canónigo

| Tratamiento | Nitratos (mg· kg <sup>-1</sup> f.w.) | Oxalatos (mg· kg <sup>-1</sup> f.w.) | Fenoles totales (CAE) kg <sup>-1</sup> f.w. | Antioxidantes (AAE) kg <sup>-1</sup> f.w. |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Control     | 2204,18                              | 74,688                               | 251,72                                      | 238,5                                     |
| Bajo        | 1304,22                              | 48,884                               | 221,58                                      | 254,8                                     |
| Alto        | 1247,19                              | 70,792                               | 204,34                                      | 254,2                                     |
| P-value     | <b>0,2135</b>                        | <b>0,2297</b>                        | <b>0,2542</b>                               | <b>0,1834</b>                             |





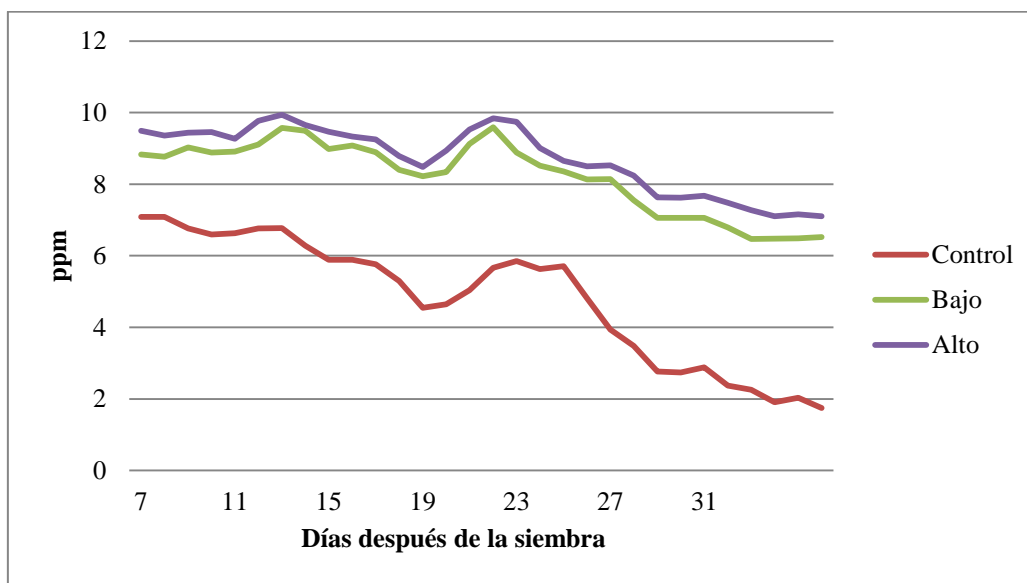
## Oxígeno en la solución nutritiva

La cantidad de oxígeno disuelto en la solución nutritiva depende de varios factores, siendo la temperatura el factor más determinante en los cultivos hidropónicos.

En general, la disminución de la aireación se tradujo en niveles más bajos de oxígeno disuelto en la solución nutritiva, como podemos observar en el gráfico 1, donde el oxígeno disuelto del tratamiento control es muy inferior al de los tratamientos de alta y baja aireación.

En baja y alta aireación los valores de oxígeno disuelto fueron prácticamente similares, y constantes durante todo el ciclo de cultivo, alcanzando un máximo de 9,94 ppm con el tratamiento alta aireación. En el tratamiento control, sin embargo, el oxígeno disuelto se redujo a 1,75 ppm al final del ciclo de cultivo.

Gráfico 1. Evolución del oxígeno diario disuelto en la solución nutritiva en el cultivo de canónigos

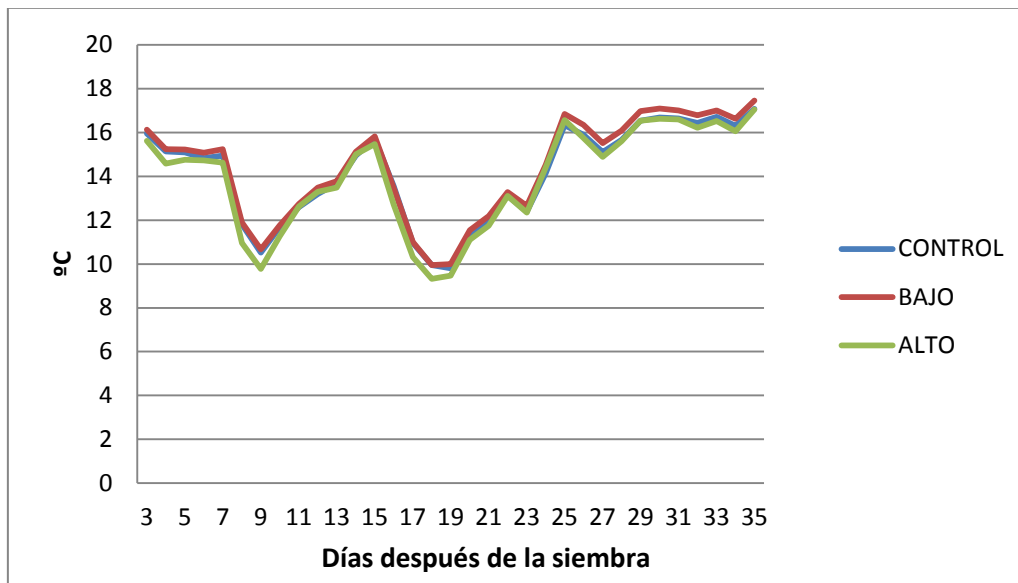




## Temperatura en la solución nutritiva

La temperatura media diaria de la solución nutritiva durante el ciclo de cultivo osciló entre 17,46°C y 9,32°C, y se observa a simple vista que no hubo apenas diferencias entre los tres tratamientos realizados(Gráfico 2).

Gráfico 2. Evolución de la temperatura en la solución nutritiva en el cultivo de canónigos.



## ENSAYO\_2: Efecto de la aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de berros cultivados en bandejas flotantes



Ilustración 29. Berros Control

Ilustración 30. Berros baja aireación

Ilustración 31. Berros alta aireación.

### Parte aérea

De los datos obtenidos en lo que al crecimiento aéreo de la planta se refiere al finalizar el cultivo (tabla 9), se puede observar que solo existen diferencias significativas en los parámetros de altura y Hue (color), presentando un color verde menos intenso con el nivel de baja aireación en el momento de la recolección. Los mayores valores de altura, peso fresco, peso seco, área foliar y Hue se obtienen del cultivo sin aireación, mientras que el cultivo que presentó un mayor número de hojas fue mediante la aplicación de alta aireación.

Tabla 9. Parámetros de crecimiento aéreo al final del cultivo de berros

| Tratamiento | Altura (cm) | Nº de hojas | Peso fresco (g) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) | Peso seco (g) | Hue       |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------|-----------|
| Control     | 16,7061 b   | 5,81818     | 12,26           | 110,643                        | 0,45          | 159,216 b |
| Bajo        | 15,2696 a   | 5,97101     | 10,5633         | 93,6483                        | 0,3333        | 158,247 a |
| Alto        | 16,2897 b   | 6,32353     | 10,2483         | 95,7533                        | 0,3833        | 159,208 b |
| P-value     | 0,018       | 0,1288      | 0,0996          | 0,2417                         | 0,1039        | 0,0276    |



## Parte radicular

En lo que a los parámetros de crecimiento radicular se refiere tomados al final del cultivo no se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los parámetros estudiados, obteniéndose los mayores valores de dichos parámetros para el tratamiento sin aireación, a excepción del diámetro cuyo mayor valor se obtuvo con el tratamiento de baja aireación, aunque la diferencia entre los distintos tratamientos fue mínima (tabla 10). Los valores fueron mínimos en cuanto a longitud y área para el tratamiento de baja aireación, mientras que el resto de parámetros fueron mínimos en el tratamiento de alta aireación.

Tabla 10. Parámetros de crecimiento radicular al final del cultivo de berros

| Tratamiento    | Longitud (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Diámetro (mm) | Volumen       | Nº de puntas  | Bifurcaciones |
|----------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Control        | 1075,67       | 52,44                   | 0,485167      | 2,01133       | 2369,5        | 2574,33       |
| Bajo           | 835,738       | 40,465                  | 0,48733       | 1,5425        | 1980,83       | 2069,33       |
| Alto           | 842,959       | 40,722                  | 0,48225       | 1,54812       | 1905,38       | 1726,38       |
| <b>P-value</b> | <b>0,1277</b> | <b>0,1305</b>           | <b>0,9247</b> | <b>0,1499</b> | <b>0,3066</b> | <b>0,0977</b> |

En el análisis de la cantidad de raíces por tramos de longitud, la mayor cantidad la encontramos en el tratamiento sin aireación a excepción del tramo comprendido entre 3 y 3,5 cm (tabla 11). No existiendo diferencias significativas para ninguno de los tratamientos aplicados.

Tabla 11. Longitud de raíces por diámetro (cm) en el cultivo de berros

| Tratamiento    | 0<L≤0,5       | 0,5<L≤1       | 1<L≤1,5       | 1,5<L≤2       | 2<L≤2,5       | 2,5<L≤3       | 3<L≤3,5       | 3,5<L≤4  |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| Control        | 745,019       | 283,979       | 34,0447       | 8,75233       | 4,11517       | 0,555         | 0             | 0        |
| Bajo           | 597,742       | 199,363       | 28,7677       | 6,49517       | 2,44933       | 0,270333      | 0             | 0        |
| Alto           | 570,883       | 236,926       | 25,5739       | 6,4755        | 1,86312       | 0,454625      | 0,179625      | 0        |
| <b>P-value</b> | <b>0,1328</b> | <b>0,1161</b> | <b>0,2884</b> | <b>0,2373</b> | <b>0,7046</b> | <b>0,7904</b> | <b>0,4971</b> | <b>0</b> |



## Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de berros

En los compuestos analizados en la cosecha se obtienen diferencias significativas en cuanto a la cantidad de antioxidantes analizados (tabla 12). Las mayores cantidades de nitratos, oxalatos, fenoles y antioxidantes acumulados se observan al aplicar el tratamiento de alta aireación. Los valores más bajos de nitratos, oxalatos y antioxidantes se obtienen con el tratamiento sin aireación, sin embargo los fenoles disminuyen aplicando una baja aireación sobre el cultivo.

Tabla 12. Contenidos en nitratos, oxalatos, fenoles totales y capacidad antioxidante en las hojas de berro

| Tratamiento | Nitratos<br>(mg· kg <sup>-1</sup> f.w.) | Oxalatos<br>(mg· kg <sup>-1</sup> f.w.) | Fenoles totales<br>(CAE) kg <sup>-1</sup> f.w. | Antioxidantes<br>(AAE) kg <sup>-1</sup> f.w. |
|-------------|---|---|--|--|
| Control     | 2520,97                                 | 45,5031                                 | 91,72  | 243,599                                      |
| Bajo        | 2923,47                                 | 48,3652                                 | 85,52  | 232,19                                       |
| Alto        | 3138,69                                 | 50,5166                                 | 105,25   | 258,285                                      |
| P-value     | <b>0,3161</b>                           | <b>0,8361</b>                           | <b>0,3067</b>                                  | <b>0,0278</b>                                |

## Oxígeno en la solución nutritiva

En el cultivo de berro el oxígeno disuelto fue bastante similar en los tratamientos de alta y baja aireación, mientras que el tratamiento control mostró un descenso bastante acusado, alcanzando los valores mínimos al final del ciclo (Gráfico 3).

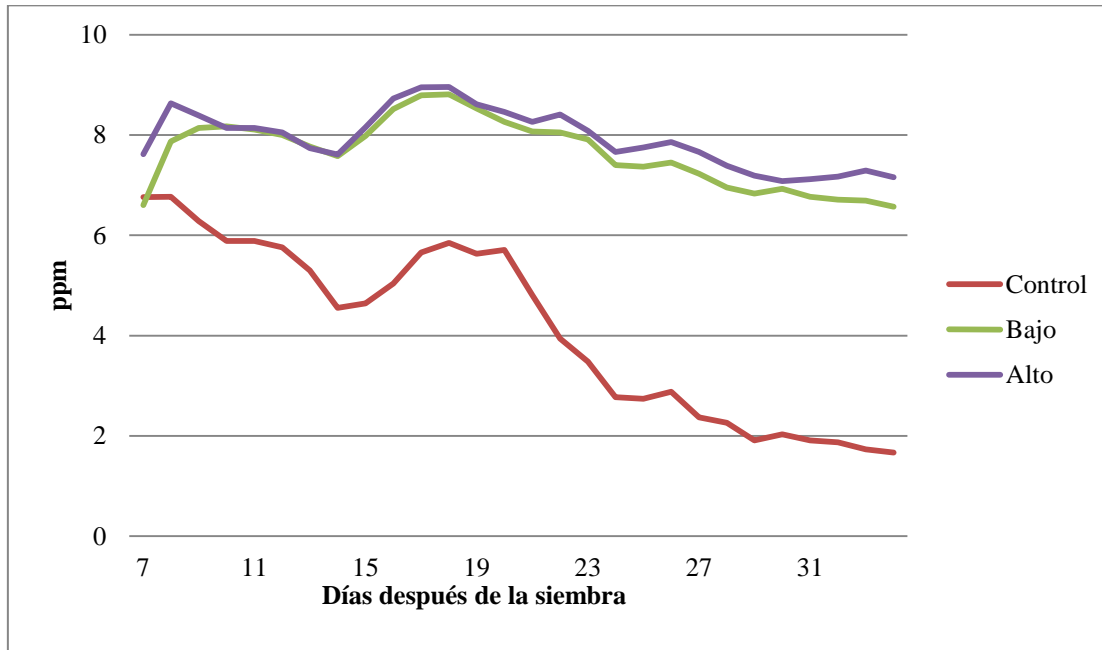
Los menores valores de oxígeno disuelto los encontramos en el cultivo sin aireación donde se redujo hasta un mínimo de 1,67 ppm. El valor máximo se obtuvo aplicando el tratamiento de alta aireación alcanzando un valor máximo de 8,96 ppm hacia el final del ciclo de cultivo.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



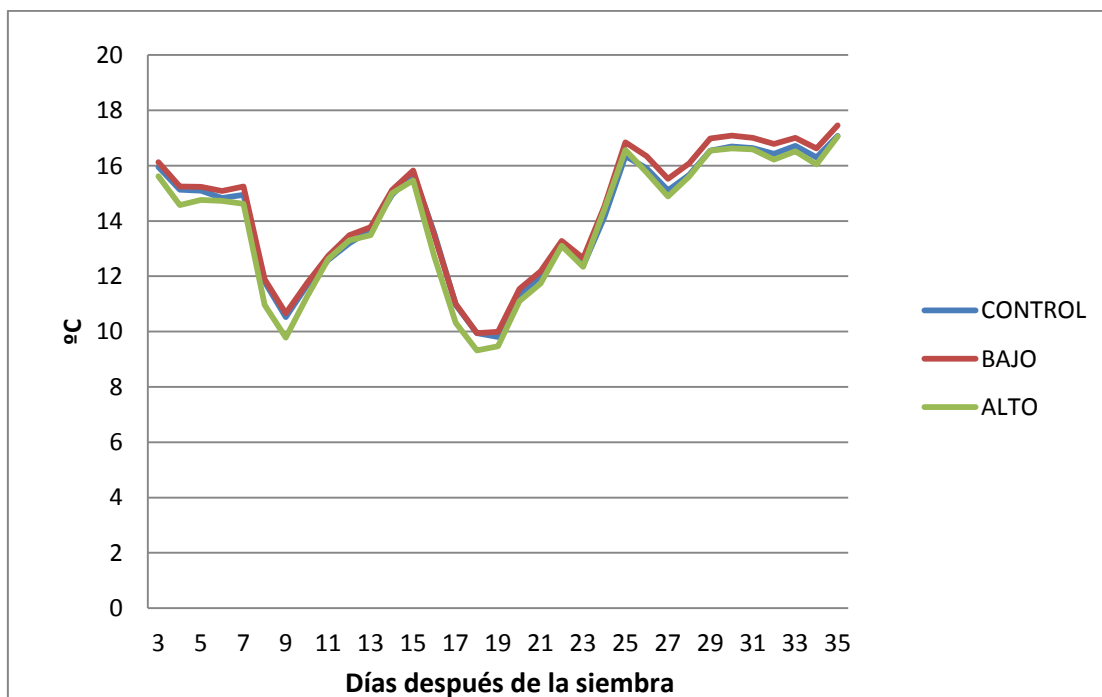
Gráfico 3. Evolución del oxígeno diario disuelto



### Temperatura en la solución nutritiva

Las temperaturas de la solución nutritiva en el cultivo de berro, oscilaron entre 9°C y 17°C, sin apreciarse prácticamente diferencia entre los tres distintos tratamientos.

Gráfico 4. Evolución de la temperatura en la solución nutritiva





## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. PARÁMETROS AÉREOS

Respecto a los resultados obtenidos de altura de planta, en ambos ensayos encontramos diferencias significativas.

En el caso del cultivo del canónigo, los mayores valores de los distintos parámetros aéreos de la planta se obtienen aplicando una alta aireación. En general, el empleo de la aireación elevada mejoró el crecimiento de la planta. Este mayor crecimiento a mayor aireación coincide con los resultados de Tesi et al. (2003) en espinacas y Lara et al. (2009) en verdolaga.

Esto no ocurre en el caso del berro donde la altura mayor tiene lugar en las plantas que no tuvieron aireación, aunque la diferencia de altura con respecto al tratamiento de alta aireación fue mínima, 16,70 cm frente a 16,28 cm, sí que es verdad que a pesar de esto se produjeron un mayor número de hojas en este último tratamiento, siendo este último tratamiento más efectivo porque al ser la diferencia de altura mínima, pero el número de hojas considerablemente mayor, resulta más efectivo ya que el berro es una baby leaf cuyo valor comercial radica en sus hojas y no en su tallo.

El hecho de que el contenido en materia seca no muestre diferencias significativas entre los distintos tratamientos de los cultivos analizados, nos hace entender, que el aprovechamiento de la radiación solar incidente, su capacidad para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla haya sido muy similar ya que todos estos factores están estrechamente vinculados con la producción de materia seca (Andrade et al., 1996). En esta misma línea se comportan cultivos como el tomate (Heuvelink et al., 1995) o la vernonia (Mih et al., 2008).

Por otro lado, los valores obtenidos en los parámetros de crecimiento aéreo al final de ambos cultivos, muestran que condiciones de baja o nula aireación provocan un descenso de los mismos. Análogos resultados se muestran en estudios realizados por Lara et al, 2009., en el cultivo de *Portulaca oleracea*.

Otro de los parámetros analizados y en los que encontramos diferencias significativas entre los distintos tratamientos para cada uno de los cultivos fue en la medida del valor del ángulo Hue para poder cuantificar el color. Esta medida es importante debido a que la intensidad del color en las hojas puede representar un parámetro de calidad visual en la comercialización de las baby leaf.



Los resultados del ángulo Hue mostraron que las plantas que presentaron menores valores en cuanto a altura presentaron un color más verde, probablemente debido a un crecimiento más lento (Zheng et al., 2007). Aunque esto no ocurre en el caso del berro y coincide con estudios de Tesi et. al., 2003 y Vodnik et al., 2009, los cuales no encontraron diferencias en los datos colorimétricos de las hojas de cultivos sometidos a aireación de espinaca y maíz.

## 7.2 PARÁMETROS RADICULARES

Con respecto al crecimiento de la raíz, según el cultivo analizado encontramos diferentes resultados. En el caso del canónigo, las plantas cultivadas en el tratamiento control mostraron los menores valores de peso seco, longitud total, longitud de raíces de diámetro entre 0-0,5 mm y número de puntas, aunque alcanzaron el diámetro más elevado de raíces. Estos resultados son similares a los de Lorenzen et al., (2001) que demostraron en *Cladium* y en *Typha* una disminución del crecimiento de raíces y un acortamiento de las mismas en condiciones de bajos niveles de oxigenación respecto a soluciones aireadas. Asimismo, los tratamientos con aireación promovieron la aparición de raíces finas y nuevos puntos de crecimiento, lo que mejoraría la absorción de agua y nutrientes por la planta.

Sin embargo, para el cultivo del berro fue el tratamiento sin aireación el que provocó un mayor crecimiento de la raíz, además de un mayor número de raíces para los diámetros analizados (0-3cm). Estos resultados son contradictorios a los que se obtuvieron en canónigo, pero coinciden con los obtenidos por Pimpini et al., 2000 para *Eruca sativa*, donde se observó un crecimiento reducido probablemente debido a una interacción entre el oxígeno disuelto y la solubilidad de algunos micronutrientes. Además, cabe señalar que el berro es una planta adaptada a vivir en medio acuático, y de ahí que los niveles de aireación hacen que no le afecten tanto como al resto de cultivos no acuáticos.





## 7.3 CONTENIDO EN NITRATOS, OXALATOS, FENOLES TOTALES Y ANTIOXIDANTES EN LA RECOLECCIÓN.

### Nitratos

El comportamiento en lo que se refiere al contenido de nitratos, varió de una especie a otra; así, en el caso del berro, los valores más bajos de nitratos en la cosecha, se centran en los tratamientos que no estuvieron sometidos a aireación. Esto coincide con los estudios realizados por Ferrante et al., 2003; Tesi et al., 2003b, donde comprobaron que la falta de aireación de la solución nutritiva disminuye la concentración de nitratos en los cultivos de rúcula y espinaca, respectivamente, lo cual a su vez coincide con los resultados de otras especies cultivadas en bandejas flotantes. Este hecho puede ser debido, según Igamberdiev and Hill (2004) a que el nitrato puede actuar como aceptor intermedio de electrones bajo condiciones de deficiencia de oxígeno. Parece que estas plantas son capaces de activar una ruta alternativa de respiración en la cual el nitrato que contiene es utilizado para liberar oxígeno. Esta circunstancia podría reducir la disponibilidad del nitrato y su concentración comparado con condiciones de aireación.

Sin embargo, en el cultivo de canónigo, los menores valores de nitratos se dieron en el tratamiento de alta aireación, hecho que contradice lo expuesto anteriormente por los autores mencionados.

### Oxalatos

En cuanto al contenido de oxalatos, los contenidos más bajos se dan en los tratamientos de baja aireación en canónigo, y sin aireación en berro. Esto coincide con un estudio realizado en *A. triangularis* por Karimi y Ungar (1986) donde llegaron a la conclusión de que cuando no hay aireación suficiente en dicha especie disminuyó la concentración de oxalatos. Estos resultados pueden ser explicados por el hecho de que el ácido oxálico es sintetizado por varias vías principales de entre las cuales, glioxilato, glicolato y ácido ascórbico aparecen para ser los principales precursores. (Noonan y Savage, 1999).



## Fenoles

El contenido de fenoles no se vio afectado por los tratamientos aplicados puesto que no se encontraron diferencias significativas en los cultivos analizados. El resultado más elevado de fenoles totales, dado en el tratamiento sin aireación en el cultivo del canónigo, se puede explicar por la producción de fitoquímicos relacionados con el estrés producido en las condiciones a las que han sido expuestas. (Rajapakse et al., 2009).

## Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante no se vio afectada por los distintos tratamientos aplicados en ninguna de las especies analizadas, obteniéndose los valores más elevados en el tratamiento control.



## 8. CONCLUSIÓN

En vista a los resultados obtenidos en el estudio realizado sobre el efecto de diferentes niveles de aireación en cultivos de canónigos y berros sobre un sistema de bandejas flotantes, se extraen las siguientes conclusiones:

1- Con respecto a los resultados obtenidos en los parámetros de crecimiento aéreo al final del cultivo, observamos que en el caso del cultivo del canónigo, los mayores valores de los distintos parámetros aéreos de la planta se obtuvieron aplicando una alta aireación. En general, el empleo de la aireación elevada mejoró el crecimiento de la planta. En el caso del berro, aunque la alta aireación no se manifestó en una mayor altura de planta, sí que se tradujo en un mayor número de hojas, siendo por lo tanto este último tratamiento más efectivo, ya que el berro es una baby leaf cuyo valor comercial radica en sus hojas y no en su tallo.

2- En ambos ensayos, los resultados del ángulo Hue mostraron que las plantas del tratamiento control tuvieron un color más verde que las de los tratamientos de aireación, probablemente debido a un crecimiento más lento.

3- Respecto al crecimiento de la raíz, según el cultivo analizado, extraemos distintas conclusiones. En el caso del canónigo, las plantas cultivadas en el tratamiento control mostraron una disminución del crecimiento de raíces y un acortamiento de las mismas con respecto a soluciones aireadas. Asimismo, los tratamientos con aireación promovieron la aparición de raíces finas y nuevos puntos de crecimiento, lo que mejoraría la absorción de agua y nutrientes por la planta. Sin embargo, para el cultivo del berro fue con el tratamiento sin aireación el que provocó un mayor crecimiento de la raíz, además de una mayor cantidad de raíces para los diámetros analizados (0-3cm). Cabe señalar que el berro es una planta adaptada a vivir en medio acuático, y de ahí que los niveles de aireación hicieran que no le afectara tanto como al resto de cultivos no acuáticos.

4- El comportamiento en lo que se refiere al contenido de nitratos, varió de una especie a otra. Así, en el caso del berro, los valores más bajos de nitratos en la cosecha, se centraron en los tratamientos que no estuvieron sometidos a aireación. Sin embargo, en el cultivo de canónigo, el contenido de nitratos en hojas se vio reducido considerablemente en el tratamiento de elevada aireación, mejorando de esta forma la calidad del producto final.

5- En cuanto al contenido de oxalatos, los contenidos más bajos se dieron en los tratamientos de baja aireación en canónigo, y sin aireación en berro, siendo su contenido en todos los tratamientos bastante bajo. El contenido en fenoles y la capacidad antioxidante, no se vio afectada por los diferentes tratamientos de aireación.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

Adams, P., Massey; D.M. (1984). "Nutrient uptake by Tomatoes from Recirculating solutions". Proceedings ISOSC.

Andrade, F.H., Cirilo, A.G., Ubart, S.A. y Otegui, M.E. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Baicarce, INTA-UL.

Antonio L. Alarcón Vera. Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratempranas. <http://www.infoagro.com>

Bohn, T., Davidsson, L., Walczyk, T., Hurrell, R.F., 2004. Fractional magnesium absorption is significantly lower in human subjects from a meal served with an oxalate-rich vegetable, spinach, as compared with a meal served with kale, a vegetable with low oxalate content. Br.J. Nutr. 91, 601–606.

Castagnino, A.M., Sastre Vásquez, P., Sasale, S., Boubeé, C., Menet, A. y Cardozo, J., 2005. Evaluación de la eficacia de la técnica de floating system para la producción de Radicchio rosso var. di Verona en condiciones controladas. Trabajo de investigación. Facultad de Ciencias Agrarias-UCA, Buenos Aires.

Chu,C.B.;Toop, E.W.(1975)."Effects of substrate potassium, substrate temperature and light intensity on growth and uptake of mayor cations by greenhouse tomato plants". Canad. J. Pl. Sci.,55:121-126.

Clements, F. E., 1921. Role of oxygen in root activity. Carnegie Inst. Pub 315 p.

Collins, M., McCoy, J.E., 1997. Chicory production, forage quality, and response to nitrogen fertilization. Agron. J. 89, 232–238.

Conesa E., Lara L.J., Niñirola D., Ochoa J., Fernández J.A. (2009). Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el desarrollo y el contenido de nitratos y oxalatos en colleja cultivada en bandejas flotantes. III Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH.

Cornillon, P., Obeid, S. (1993). "Influence of root temperature and phosphorus content in the substrate on muskmelon growth". Advances in Horticultural Science, 7:69-72.

Cros, V., Nicola, S., Fernández, J. A., Martínez, J. J., Carreño, S. (2003). Cultivo de hortalizas en bandejas flotantes: Sistema de riego y control de la solución nutritiva. Agrícola Vergel 268. 20-26.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



Engels, C.H. (1993). "Difference between maize and wheat in growth-related nutrient demand and uptake of potassium and phosphorus at suboptimal root zone temperatures". *Plant and Soil*, 150:129-138.

Fernández J.A., Niñirola D., Vicente M.J., Conesa E., López J, González A. (2007). Efecto de la densidad de plantación y del tipo de sustrato sobre la producción de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) en un cultivo hidropónico de bandejas. XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura: Almería 2007. 707-714.

Ferrante, A., Incrocci, L., Maggini, R., and Tognoni, F. (2003) Preharvest and postharvest strategies for reducing nitrate content in rocket (*Eruca sativa*). *Acta Horticulturae*, 628, 153–159.

Fontana E., Nicola S., Hoeberechts J., Saglietti D., Piovano G. (2004). Managing traditional and soilless culture systems to produce corn salad (*Valerianella olitoria*) with low nitrate content and lasting postharvest shelf-life. *ISHS Acta Horticulturae* 659.

Galloway B.A., Monks D.W., Schultheis J.R., (1996). Effect of herbicides on pepper transplants produced using various irrigation systems. Dept. of Horticultural Science. North Carolina University. 323-332.

Gastal, F., Lemaire, G., 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53, 789–799.

Gilbert, S. G. and Shive, J. W., 1942. The significance of oxygen in nutrient substrates for plants: I the oxygen requirement. *Soil Science*, Vol. 59: 143 - 152.

Gislerod, H. R. and Kemptom, R. J., 1983. The oxygen content of flowing nutrient solutions used for cucumber and tomato culture. *Scientia Horticulturae*, Vol. 20: 23 – 33.

Gonzalez, A. Abellan, M.A. Lopez, J. Fernandez, J.A. (2004). Aprovechamiento de especies de hoja pequeña, baby leaf, para IV gama, en cultivo de invernadero. *Agrícola Vergel*, 272: 399-408.

Harris, J.R., 1996. *Subcellular Biochemistry, Ascorbic Acid: Biochemistry and Biomedical Cell Biology*, vol. 25, Plenum, New York.

Heaney, R.P., Weaver, C.M., Recker, R.R., 1988. Calcium absorbability from spinach. *Am. J. Clin. Nutr.* 47, 707–709.

Heuvelink, E. 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: Periodic destructive measurements in a greenhouse, *Scientia Horticulturae* 61.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



Igamberdiev, A. U. and Hill, R.D. (2004) Nitrate, NO and haemoglobin in plant adaptation to hypoxia: an alternative to classic fermentation pathways. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2473–2482.

Jackson, M. B., 1980. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Hort.* Vol. 98: 61 - 75.

Javier Sanz de Galdeano, Amaya Uribarri, Salomón Sádaba, Goyo Aguado, Juan del Castillo (2003). Aspectos a considerar en una instalación de cultivo hidropónico. ITGA. Publicación Septiembre-Octubre 2003.

Kabaskalis, V., Tsitouridou, R., y Niarchos, M. (1995). Study of oxalic acid content in vegetables and its implication on health. *Fresenius Environmental Bulletin*, 4, 445–448.

Kara Y. (2006). Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated *Nasturtium officinale*. *International Journal of Environment Science and Technology*. Vol. 2, Num. 1, 2005-2006. 63-67.

KARIMI, S. H. and UNGAR, I. A. (1986). Oxalate and inorganic ion concentrations in *Atriplex triangularis* Willd. organs in response to salinity, light level, and aeration. *Botanical Gazette*, 147, 65–70.

Lara, L.J., López-Marín, J., González, A., Niñirola, D., Conesa, E. y Fernández, J.A. 2009. Efecto del nivel oxigenación de la solución nutritiva sobre el crecimiento de *Portulaca oleracea* cultivada en bandejas flotantes. *Actas de Horticultura*, 54: 510.

Lilbert, B., and Franceschi, V. R. (1987). Oxalate in crop plants. *J. Agric. Food Chem.* 35, 926-938.

Lorenzen, B., Brix, H., Mendelssohn, I.A., McKee, K.L. and Miao, S.L., 2001. Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* as affected by phosphorus and oxygen availability. *Aquat. Bot.* 70: 117–133.

Lynette Morgan. (Abril-Junio- Año 2001). La importancia del oxígeno en hidroponía. *Practical Hydroponics & Greenhouses* Nº 52

Makus, D. J., y Hettiarachchy, N. S. (1999). Effect of nitrogen source and rate on vegetable amaranth leaf blade mineral nutrients, pigments and oxalates. *Subtropical Plant Science*, 51, 10–15.

Mazej D., Osvald J., Stibilj V. (2008). Selenium species in leaves of chicory, dandelion, lamb's lettuce and parsley. *Food Chemistry*. 107.



Morard E, Silvestre J (1996). Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: a review. *Plant Soil* 184: 243- 254.

NOONAN, S. C. and SAVAGE, G. P. (1999). Oxalate content of foods and its effect on humans. *Asia-Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 8, 64–74.

Ochoa, J., Conesa, E., Lara, L.J., Niñirola, D. y Fernández, J.A. 2010. Producción de canónigos en bandejas flotantes con distintas concentraciones de nitrógeno. *Actas de Horticultura* 56: 65-69.

Osweller, G. D., Carson, T. L., Buck, W. B., and Van Gelder, G. A. (1985). *Clinical and Diagnostic veterinary Toxicology*. 3rd edn. pp. 471}475. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.

Ozturk F., Duman F., Leblebici Z., Temizgul R. (2010). Arsenic accumulation and biological responses of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) exposed to arsenite. *Environmental and Experimental Botany* 69. 167–174.

Palaniswamy, U.R., Mcavoy, R.J. y Bible, B.B., 2004. Oxalic acid concentrations in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is altered by the stage oh harvest and the nitrate to ammonium ratios in hidroponics. *Scientia Horticulturae*.

Pepkowitz, L. P. and Shive, J. W., 1944. The importance of oxygen in the nutrient substrate for plants - ion absorption. *Soil Science* Vol 57: 143 - 154.

Pimpini, F., Sambo, P. and Lunardi,G. (2000). Effects of nutritive solution electric conductivity (EC) on quality and yield of floating system cultivated rocket (*Eruca sativa* Mill.). *Atti 'V Giornate Scientifiche SOI'*, 1, 255–256.

Rajapakse, N.,HE, C, Cisneros-Zevallos, L. and Davies JR, F.T. (2009). Hypobaría and hypoxia affects growth and phytochemical contents of lettuce. *Scientia Horticulturae*, 122, 171–178.

Resh, H. M., 2001 – *Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de producción*. Madrid, Mundi-Prensa, 5ª Edición rev. y ampl.

Romer, J. [1993]. *Hidroponic crop production*. Kangaroo Press, Australia. 142 p.

Santamaria, P., Elia, A., Gonnella, M., Serio, F., Todazo, E. (1997). I fattori che influenzano l'accumulo dei nitrati negli ortaggi. *L'Informatore agrario* 40. 117-121.

Santamaria P., 2002. Breve storia della pericolosità del nitrato. *Colture Protette*, 31 (12, supplemento), 4-6.



## EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AIREACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE CANÓNICOS Y BERROS CULTIVADOS EN BANDEJAS FLOTANTES



Sisson, V.A., Rufty, T.W., Williamson, R.E., 1991. Nitrogen-use efficiency among flue-cured tobacco genotypes. *Crop Sci.* 31, 1615–1620.

Takebe, M., y Yoneyama, T. (1997). Effect of ammonium–nitrogen supply on oxalic acid content in spinach grown in hydroponics and fields. In T. Ando et al. (Eds.), *Plant nutrition – for sustainable food production and environment* (pp. 957–958). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Tesi, R. Lenzi, A. and Lombardi, P. 2003. Effect of different O<sub>2</sub> levels on spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in a floating system. *Act. Hort.*, 614: 631-637.

Urrestarazu, M. [2004]. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. In: M. Urrestarazu (Ed.), *Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 3-37.

Vodnik, D., Strainar, P., JEMC, S. and Macek, I. (2009). Respiratory potential of maize (*Zea mays* L.) roots exposed to hypoxia. *Environmental and Experimental Botany*, 65, 107–110.

Wang, Z.-H., Wang, L., He, C.Y., Wang, H., Kui, X.L., Jiang, Z.X., 2000. Studies on effect of over N fertilization on nitrate accumulation in different vegetables and its regulation. *Agroenviron. Protect.* 19 (1), 46–49.

Wang, Z.-H., Zong, Z.-Q., Li, S.-X., Chen, B.-M., 2002. Nitrate accumulation in vegetables and its residual in vegetable fields. *Environ. Sci.* 23, 79–83.

Williams ,D.J., Critchleya ,C., Punb ,S., Chalihab, M., O’Harec, T.J. (2009). Differing mechanisms of simple nitrile formation on glucosinolate degradation in *Lepidium sativum* and *Nasturtium officinale* seeds. *Phytochemistry.* 70. 1401-1409.

Zheng, Y., Wang, L. and Dixon, M. (2007). An upper limit for elevated root zone dissolved oxygen concentration for tomato. *Scientia Hort*, 113: 162-165.

Zeroni, M., Gale, J. y Ben-Asher, J. [1983]. Root Aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae* 19, 213-220.

### Páginas web consultadas

<http://www.afhorla.com/ivgama.php> - Tema: Asociación española de frutas y hortalizas lavadas, listas para su empleo.

<http://www.intiasa.es/> - Tema: Tecnologías e infraestructuras agroalimentarias.

<http://www.terralia.com> – Tema: Revista Terralia, de divulgación técnica e información lúdica – Ediciones agrotécnicas.