

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

MASTER EN TÉCNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
AGRARIO Y ALIMENTARIO.

PROYECTO FIN DE MASTER:

**“INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CULTIVOS DE BERRO Y
CANÓNIGO EN BANDEJAS FLOTANTES PARA SU
PRODUCCIÓN COMO “BABY LEAF””.**

REALIZADO POR:
Diana Niñirola Campoy.

DIRIGIDO POR:
Juan A. Fernández Hernández.

Cartagena, Julio de 2010

ÍNDICE.

1.-PALABRAS CLAVE.....	1
2.-RESUMEN.....	1
3.-INTRODUCCIÓN.....	2
3.1. Antecedentes.....	2
3.2. La IV Gama.....	4
3.2.1. El berro (<i>Nasturtium officinale</i>).....	6
3.2.2. El canónigo (<i>Valerianella locusta</i>).....	9
3.3. El sistema de riego en bandejas flotantes (Floating System)	13
3.4. Densidad de plantación.....	15
4. OBJETIVOS.....	17
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
5.1. Generales del cultivo.....	18
5.1.1.- Acondicionamiento de las instalaciones.....	18
5.1.2.- Siembra y manejo del cultivo.....	18
5.1.3.- Recolección y toma de datos.....	20
5.1.4.- Tratamiento estadístico de los datos.....	21
5.2. Experimento_1: Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de berro. ...	22
5.3. Experimento_2: Efecto de la densidad de plantación sobre el cultivo de canónigo. ...	22
6. RESULTADOS.....	24
6.1. Experimento_1: Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de berro. ...	24
6.1.1. Parte aérea.....	24
6.1.2. Parte radical.....	27
6.2. Experimento_2: Efecto de la densidad de plantación sobre el cultivo de canónigo. ...	29
6.2.1. Parte aérea.....	29
6.2.2. Parte radical.....	34
7. DISCUSIÓN.....	36
7.1. Parte aérea.....	36
7.2. Parte radical.....	39
8. CONCLUSIÓN.....	40
8.1. Experimento_1.....	40
8.2. Experimento_2.....	40
9. BIBLIOGRAFÍA.....	41

1.- PALABRAS CLAVE.

Nasturtium officinale, *Valerianella locusta*, floating system, densidad de plantación, competencia intraspecifica.

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. Este tipo de cultivo permite utilizar densidades de plantación muy elevadas en las que se debe tener en cuenta la competencia intraespecífica. El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia que tres densidades de plantación sobre la producción y la calidad de las plantas de berro y canónigo cultivadas en el sistema de bandejas flotantes. Las dos especies se sembraron directamente en las bandejas “styrofloat” con sustrato comercial. Las densidades utilizadas en el berro fueron de 1700, 2500 y 3400 plantas/m² y para el canónigo fueron de 680, 1020 y 1360 plantas/m². La duración de los ciclo de cultivo fue de 35 y 40 días para el berro y el canónigo, respectivamente. Para el berro la mayor densidad dio lugar a plantas de menor tamaño y menor número de hojas. En el caso del canónigo, la mayor densidad produjo plantas de mayor tamaño pero con menor número de hojas y, además, un mayor ángulo de inserción de la hoja y mayor distancia entre los nudos de la 3ª y 4ª hoja. En el berro la densidad media (2500 plantas/m²) dio como resultado una planta mejor adaptada a la producción como baby leaf, consiguiendo la máxima producción de la mejor calidad, mientras que en el canónigo, este resultado se dio con las densidades baja (680 plantas/m²) y media (1020 plantas/m²).

3.-INTRODUCCIÓN.

3.1. Antecedentes.

Los cambios sociales de los últimos años han afectado tanto en aspectos familiares (menor número de individuos por familia, etc.) como en lo laboral (comer fuera de casa, la total incorporación de la mujer al trabajo fuera de casa, etc.) que han tenido repercusiones importantes en la nutrición. Prevalece hoy en día, la necesidad de comidas ligeras, equilibradas y sanas siguiendo el patrón saludable que recomienda el consumo de 5 raciones de fruta y verdura al día (Fig.1). En la dieta moderna las verduras tiende a perder el uso característico que se le había dado hasta el momento, para asumir un papel alternativo a la carne y el pescado (Meletti, 2006).



Figura 1: Logotipo de la campaña 5 al día

Desde este punto de vista, cabía la idea de sugerir un nuevo concepto del consumo de frutas y hortalizas, pero siempre desde los más rigurosos controles de calidad y seguridad, tanto alimentaria como ambiental, haciendo llegar al consumidor un producto con ciertos valores añadidos muy atractivos para el usuario y por el que merece la pena gastar un poco más.

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 (Fig.2), e incluso, nuevas especies mejor adaptadas a las nuevas gamas alimentarias.



Figura 2: a y b) Máquina de recolección (Jornada puertas abiertas Rijk Zwaan 2008).

Este cambio en la sociedad ha ido acompañado, en las últimas décadas, 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 sustituido 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.

En la búsqueda constante de productos con mejores cualidades organolépticas, especies con más efectos beneficiosos para la salud, completamente seguras, e incluso, que no perjudique al medioambiente en ninguna de las fases de producción, se ha tenido que hacer uso de lo último en investigación, ajustando y adaptando abonos, optimizando el uso del agua, caracterizando y seleccionando variedades para su adaptación a nuevos sistemas de cultivo, optimizando la producción para cada línea de producción, etc.

3.2. La IV Gama.

Las gamas alimentarias definen los diferentes 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.

Hay cinco gamas alimentarias:

1ª Gama; Son las verduras y frutas frescas, además se incluyen las conservas de tomate.

2ª Gama; incluye las latas de espárragos, alcachofas, judías, etc., aquellas que han sido escaldadas o blanqueadas.

3ª Gama; concentra las hortalizas congeladas que tienen que ser cocinadas.

4ª Gama; son los vegetales conservados listos para comer. Es la gama en la que se encuentran productos mínimamente procesados en fresco y para los que se producen las especies tipo “baby leaf”.

5ª Gama; son las verduras ya cocinadas (platos preparados que sólo hay que calentar), también las salsas y los sofritos.

Se define IV Gama como el conjunto de procesos que sufren las frutas y hortalizas frescas para su consumo en un formato que las ofrece limpias, troceadas y envasadas, manteniendo sus propiedades naturales intactas.

Se caracterizan por embalajes especiales, rigurosos test de calidad y seguridad, y una caducidad de 7 a 10 días.

Los alimentos de la cuarta gama cumplen con los requisitos que en la actualidad demandan los consumidores, son productos con valores añadidos como la alta calidad de sus grasas, como los omega 3 y 6, el aporte de fibra, minerales, vitaminas y otros nutrientes muy beneficiosos para la salud, así como, una presentación atractiva, con los productos listos para consumir.



Figura 3: a) Ensalada Gourmet (horticom.com) y b) refrigerador en local de venta al público.

Las fases de la Cuarta Gama son:

- Producción: Las materias primas se cultivan en las mejores condiciones.
- Recolección; las frutas y hortalizas se recolectan en óptimas condiciones higiénicas.
- Selección; es un proceso manual que consiste en desechar partes o productos que no cumplan los parámetros de calidad.
- Lavado: Prepara el producto para su consumo directo, se suelen realizar varias fases.
- Envasado: Dependiendo del producto se optará por un envase u otro.
- Almacenamiento: El producto se mantiene entre 1 y 4 ° C tanto en centro de venta como durante el transporte.

En la actualidad el consumo de productos de Cuarta Gama alcanza un 60% de los hogares españoles. La comercialización en España de estos productos supera las 60000 t al año dando un volumen de negocio de 200 millones de euros.

Este producto se ha implantado en los países con mayor poder adquisitivo, siendo Reino Unido, Francia e Italia los países de Europa donde hay mayor consumo.

3.2.1. El berro (*Nasturtium officinale*).

Nasturtium viene del latín *nasus* = "naríz" y *tortus* = "torcido" debido al olor picante que desprende la planta, El *Nasturtium officinale* es conocido comúnmente como berro, mastuerzo de agua o 'watercress' en inglés. 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.



Figura 4: a) Detalle hojas de berro e b) imagen de planta salvaje de berro.

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 5: a) Detalle de las raíces en los entrenudos y b) fruto del berro

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 (Fig. 5b). La raíz es fibrosa.



Figura 6: Grabado de la planta del berro.

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, fluor, azufre, cloro, yodo, germanio, silicio y zinc.

Especies	VITAMINAS (CDR)					MINERALES (CDR)		
	K (330 µg)	A (3000 IU)	B1 (1,5 mg)	B3 (1,6 mg)	C (75 mg)	K (330 mg)	Fe (12 mg)	Ca (1000 mg)
BERRO	541	4530	0,08	0,169	65,6	330	1,8	300
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

Tabla 1: Contenido en vitaminas y minerales de diferentes vegetales y su cantidad diaria recomendada en 100g.

A menudo se utiliza como antibiótico, antibacteriano, diurético, expectorante, digestivo, antiséptico, antioxidante y tónico. También se usa popularmente como hierba terapéutica para aliviar problemas como tos, resfriados, afecciones bronquiales, tuberculosis, asma, enfisema, estrés, dolor, artritis, espalda recta, diabetes, anemia, estreñimiento, cataratas, ceguera nocturna, leucemia, cáncer, hemorragias, enfermedades del corazón, eczema, sarna, edema, sangrado de las encías, indigestión, alcoholismo, parásitos intestinales, circulación, menstruación lenta, falta de energía, cálculos de riñón y vesícula, enfermedades del bazo, tiroides, hígado, para normalizar el colesterol y la presión arterial, mejorar la memoria, para la disminución de la función mental, para retardar el envejecimiento, los fallos o escasa producción de leche de las madres lactantes, para regular el flujo de bilis, mejorar la salud de las glándulas y las funciones del metabolismo del cuerpo.

Contiene más azufre que cualquier otra verdura, a excepción del rábano picante. El azufre ayuda a la absorción de proteínas, purifica la sangre, ayuda en la creación de nuevas células y ayuda a tener un cabello y una piel sanos.

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 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.

3.2.2. El canónigo (*Valerianella locusta*).

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.

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., sinónima de *Valerianella olitoria* L.



Figura 7: Grabado de la planta del canónigo.

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 glabras.



Figura 8: Hojas de canónigo.

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 9: a) Inflorescencia y b) plantas en bandejas de canónigos.

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-linoleico

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.

CANÓNIGOS	COMPOSICIÓN		VITAMINAS		MINERALES	
<i>Valerianella locusta</i> Por 100g de hojas	Calorías	21	Vit. A	7092 UI	Calcio	38mg
	Agua	92,8g	Vit. C	38,2mg	Fósforo	53mg
	Ceniza	1,2g	Vit. E	nd	Hierro	2,2mg
	Grasa	0,4g	Tiamina	0,1mg	Magnesio	13mg
	Carbohid.	3,6g	Riboflavina	0,1mg	Potasio	459mg
	Fibra	nd	Niacina	0,4mg	Sodio	4mg
	Azúcares	nd	Piridoxina	0,3mg	Zinc	0,6mg
	Proteínas	2,0g	Folatos	14mcg	Cobre	0,1mg
	Rel. Ca:P	0.7:1	Ác.Panto.	0,0mg	Mang	0,4mg
			Vitamina K	nd	Selenio	0,9mcg
				Nitratos	219mg	

Tabla 2: Composición, vitaminas y minerales en 100g de canónigo.

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 berro 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).

3.3. El sistema de riego en bandejas flotantes (Floating System).

La hidroponía hace referencia a los cultivos realizados en el agua y fue inventada por W.F. Gericke en 1938. En la actualidad el interés por la utilización de esta tecnología se ha expandido por todo el mundo, desde los países más desarrollados para la producción de hortalizas con elevado valor añadido, a países del Tercer Mundo, por su capacidad para adaptarse a las diferentes realidades socioeconómicas.

Los sistemas de cultivo sin suelo permiten la producción de hojas limpias, facilitando y acortando el manejo de postcosecha en las industrias de procesado, y controlando los factores de crecimiento (Fontana et al., 2004)



Figura 9: Cultivo de bandejas flotantes.

El Floating System es un sistema de riego basado en un conjunto de bandejas que flotan sobre una lámina de agua o solución nutritiva de unos 5 a 10 cm de altura (Fig.9). Utilizado en la horticultura italiana presenta grandes ventajas en cultivos protegidos. Esta 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).

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 plantas 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.

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 (Fig.10).



Figura 10: Lechugas iceberg en bandejas flotantes.

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 muy utilizado es el “styrofloat” (Fig.11a), 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.

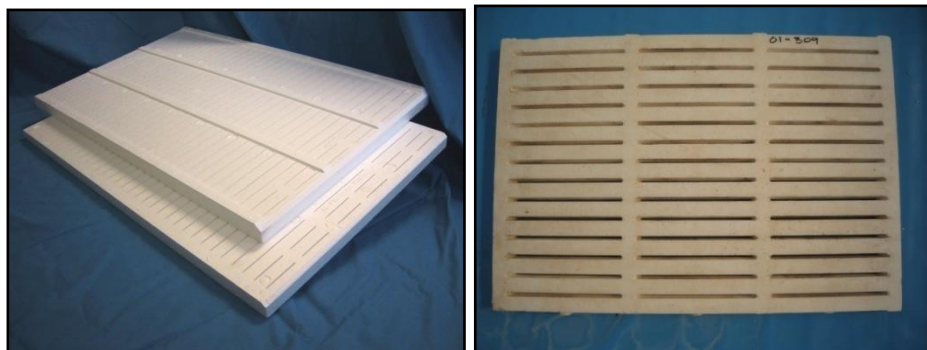


Figura 11: a) Bandeja Eurofloat (EUROPAK S.p.A.) y b) bandeja adaptada para las distintas experiencias.

3.4. Densidad de plantación.

La hidroponía fue descrita por Gericke (1940) como la primera competidora real de la agricultura tal y como se conoce. Además, aseguró que se puede obtener de 4 a 10 veces más rendimiento que en la misma superficie de suelo y que, para el mismo volumen de suelo, la solución nutritiva puede contener 6 veces más agua y nutrientes. Por esta razón, las plantas pueden crecer a una mayor densidad que en la agricultura tradicional. Esta primera afirmación del aumento en la densidad de plantación en hidropónico frente a la agricultura convencional, ha motivado gran número de estudios para ajustar las producciones en este sistema y sus diferentes variantes.

Debido a la multitud de factores que influyen en la producción de los cultivos, cuando se va a decidir sobre las distancias de siembra a emplear, no sólo debe brindarse atención al espacio radical, sino también al tamaño del follaje y considerar la variedad, el potencial productivo por planta y las condiciones de clima y suelo del sitio de ubicación de la explotación (Añez et al., 2005).

En el caso de los cultivos a elevadas densidades se debe tener muy presente la competencia intraespecífica, entendiéndose como tal al proceso mediante el cual, dos

o más plantas de la misma especie que crecen juntas, se disputan parte de un factor ambiental no disponible en cantidades suficientes para suplir adecuadamente las demandas de las plantas involucradas (Añez et al., 1999).

El incremento de la densidad poblacional conduce a una reducción en la tasa de los recursos por planta, al tiempo que reduce el crecimiento y el desarrollo de los individuos debido a los cambios en las cantidades de los recursos en reserva (Vera et al., 2005). La limitación de estos factores, como son la luz, el agua y los nutrientes tienen un impacto negativo sobre el crecimiento de las plantas que presentan elevadas densidades, dando lugar a una fuerte competencia intraespecífica y a una disminución de la biomasa (Stibbe et al., 2002).

La adaptación de las plantas a la disminución de factores tan importantes como la luz puede dar lugar a cambios morfológicos como una variación en la altura, la longitud de los entrenudos, el área foliar e incluso en procesos tan importantes como la tasa de fotosíntesis o la conductancia estomática (Wang et al., 2005).

El uso del agua dependiendo de la competencia que haya por dicho recurso puede provocar un consumo de agua mayor para las densidades más bajas que en tratamientos de mayor densidad como en el caso de las plantas de té (Kigalu et al., 2007) o lo apreciado en girasol (Barros et al., 2004).

En relación a la competencia por los nutrientes las plantas pueden mostrar síntomas de carencia o algún tipo de desorden nutricional, mermando la calidad o la cantidad de producto final.

En la búsqueda de la densidad más apropiada no sólo se deben tener en cuenta los marcos de plantación, sino también el momento de emergencia de las plantas, ya que en el caso de que existan plantas más retrasadas, éstas suelen sufrir una reducción de la luz por la sombra de las plantas más adelantadas (Stibbe et al., 2002).

De todos estos factores, en bandejas flotantes, sólo podemos excluir la competencia por el agua, debido a que el sistema de cultivo mantiene un contacto permanente con la solución nutritiva. Por tanto, serán los factores de luz y nutrición los determinantes en la interacción ecológica del cultivo.

4. OBJETIVOS.

Los ensayos se proyectaron para conseguir la información necesaria para optimizar la producción de berro (*Nasturtium officinale*) y canónigo (*Valerianaella locusta*) en bandejas styrofloat con el sistema de bandejas flotantes, buscando la densidad que proporcionase mayor calidad y producción, adaptándose a las características de los cultivos baby leaf.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1. Generales del cultivo.

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agraria “Finca Tomás Ferro” de la UPCT ubicada en La Palma (Cartagena).

5.1.1.- Acondicionamiento de las instalaciones.

Antes de comenzar con las experiencias se procedió a la limpieza y acondicionamiento de los materiales y las instalaciones utilizadas.

En primer lugar se realizó la desinfección y limpieza de elementos primordiales como son las bandejas styrofloat, las mesas de flotación y los bidones donde se prepararía la solución nutritiva.

Tras esto, se comprobaron todos aquellos mecanismos de bombeo, así como los datalogger utilizados en la adquisición de datos ambientales.

El sistema de aireación de la solución nutritiva fue mediante una bomba de agitación y una red de tubos de pvc que llegan a cada una de las mesas, una vez en las mesas unos tubos de pvc perforados permiten que las inyecciones de aire se repartan uniformemente por toda la mesa. Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron bidones de 100 L y bombas Decor 12 (ESPA) para introducirla en las mesas. Para el registro de las variables ambientales se utilizó el datalogger es CR1000 (Campbell Scientific) , con sondas que miden la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar, el oxígeno disuelto en agua, la conductividad eléctrica y la temperatura de la solución.

5.1.2.- Siembra y manejo del cultivo.

La siembra de las distintas especies y variedades se realizó a mano, estimando el número de semillas por fisura. Los materiales utilizados fueron:

Bandejas styrofloat. Son bandejas de poliestireno expandido fabricadas por Europak s.p.a., que poseen unas fisuras de 17,1x0,25 cm de forma troncocónica con unas dimensiones de 96x60x3,5 cm y el número de fisuras por bandeja es de 34x3 filas, que se adaptan a las mesa de flotación dividiéndolas en dos para dar lugar a dos bandejas de 60x41 cm y un trozo sobrante.

Turba. El sustrato utilizado era una mezcla equilibrada de turba rubia y negra de la marca Floragard denominada Substrato comercial tipo S, que se introdujo en las fisuras de forma manual presionando y distribuyéndola bien por toda la superficie. Seguidamente se utilizaron unos utensilios circulares y planos para comprimir la turba.

Tras la siembra las bandejas se acomodaron en una cámara climática (Fitotron de Sanyo) con condiciones ambientales de 21⁰ C, 90% de humedad relativa y en oscuridad durante 3 días para el primer ensayo y 4 para el segundo.



Figura 12: Bandejas en el interior de la cámara climática y exterior cámara climática.

Seguidamente se transportaron, hasta el invernadero donde, a priori, se había procedido al llenado de las mesas con agua.

Una vez allí se depositaron las bandejas en las mesas de flotación y se dejaron en esas condiciones varios días hasta que las plantas experimentaron cierto desarrollo.

Cuando las plantas tuvieron entre 6 y 8 hojas se suministró la solución nutritiva formada por elementos compuestos comerciales, previamente estudiados y calculados y que se pesaron y añadieron al agua en el mismo invernadero. La solución nutritiva para ambos ensayos estuvo compuesta por agua fresca desde la colocación de las

bandejas en las mesas de cultivo hasta 17 días después la siembra (dds). A partir de esta fecha y hasta el final del cultivo se empleó una solución nutritiva con un pH: 5,8 y una CE: 2,8 dS/m, conteniendo los siguientes elementos en $\mu\text{mol/L}$: NO_3^- , 7200; NH_4^+ , 4800; H_2PO_4^- , 2000; K^+ , 6000; Mg^{2+} , 1500; Ca^{2+} , 2000. 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. La solución nutritiva fue oxigenada con un sistema de aireación mediante una bomba de aireación y una instalación de tubos perforados.

Además a la solución nutritiva se le midió la salinidad mediante un conductivímetro modelo 524 de la marca CRISON y el pH mediante un phmetro Ecotester (Oakton). El pH se corrigió con ácido sulfúrico al 95%, que se fue añadiendo a la solución nutritiva a la vez que se removía y se medía el pH para ajustarlo al deseado.

Una vez que la solución nutritiva se adaptó a las necesidades del cultivo se acoplaron los sistemas de bombeo de aire, para la oxigenación de la solución y se cubrieron los huecos con trozos sobrantes de bandejas para evitar el desarrollo de algas. El sistema de aireación insufló aire durante treinta segundos cada cuatro minutos permitiendo la renovación del oxígeno disuelto en la solución nutritiva durante todo el ciclo de cultivo.

5.1.3.- Recolección y toma de datos

La recolección 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. Las plantas, con raíz incluida, se separaron por repeticiones y se transportaron al laboratorio donde se separó la parte aérea y la radical para facilitar el manejo.

Los datos que se tomaron en el laboratorio fueron:

Peso fresco; la medida se toma con una balanza con precisión de miligramos.

Altura de la planta.

Número de hojas; se cuentan la cantidad de hojas por planta mayores de 1 cm.

Área foliar; medida tomada con un medidor de área foliar modelo LI-3100C (LI-COR) hoja por hoja de cada repetición.

Clorofila (SPAD); se toman hojas al azar por muestra y el aparato nos da una media. El aparato utilizado es SPAD-502 (Konica-Minolta).

Peso seco; tras la toma de los demás datos las muestras se introdujeron en una estufa a 60°C durante unos 3 días y tras esto se efectuó, de nuevo, el peso.

Análisis parte radical; de donde se obtuvo información de la longitud, el diámetro medio, el área, el volumen y las distintas longitudes de cada diámetro, gracias al programa WinRhizo y mediante el escaneado de raíces con el escáner Expression de la marca Epson.



Figura 13: Escáner y software de análisis de raíces

5.1.4.- Tratamiento estadístico de los datos.

Para el diseño experimental se consideró como parcela elemental una bandeja de styrofloat de dimensiones 60 cm x 41 cm, disponiendo de 3 repeticiones al azar por cada una de las combinaciones de densidad. Los datos anteriormente trasladados a una hoja de cálculo se sometieron a un estudio estadístico mediante el programa StatGraphic 2.1, utilizando un ANOVA con el test LSD (95%) para el cálculo del análisis de la varianza y de separación de medias.

5.2. Experimento_1: Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de berro.

En el experimento se utilizaron semillas de berro (*Nasturtium officinale*) de la casa de semillas Tozer Seeds Ltd.. La siembra se realizó en todas las fisuras a chorrillo el 15 de Septiembre de 2009 en bandejas de poliestireno expandido denominadas “styrofloat”.

Transcurrida una semana se realizó un aclareo de plántulas, dejando unas densidades de 10, 15 y 20 plantas por fisura, lo que supuso unas densidades de plantación de 1700, 2500 y 3400 plantas/m², respectivamente.

CULTIVAR	SIEMBRA	RECOLECCIÓN	DURACIÓN
<i>Nasturtium officinale</i>	15/09/2009	19/10/2009	35 días
DENSIDAD DE PLANTACIÓN			
1700 plantas/m ²			
2500 plantas/m ²			
3400 plantas/m ²			

Tabla 3: Resumen datos Experimento 1.

La duración del ciclo de cultivo fue de 35 días. En el momento de la recolección se analizó por repetición el área foliar, el peso fresco, el peso seco y el contenido relativo en clorofila en unidades SPAD, además, se tomaron 10 plantas de cada repetición para obtener el número de hojas y la altura de las plantas.

5.3. Experimento_2: Efecto de la densidad de plantación sobre el cultivo de canónigo.

Para este segundo ensayo se utilizaron semillas de canónigo (*Valerianella locusta*) de la casa de semillas Rijk Zwaan. La siembra se realizó a chorrillo el 14 de Septiembre de 2009 en bandejas de poliestireno expandido denominadas “styrofloat” alternando fisuras.

CULTIVAR	SIEMBRA	RECOLECCIÓN	DURACIÓN
<i>Valerianella locusta</i>	14/09/2009	23/10/2009	40 días
DENSIDAD DE PLANTACIÓN			
680 plantas/m ²			
1020 plantas/m ²			
1360 plantas/m ²			

Tabla 4: Resumen datos Experimento 2.

Tras una semana se realizó un aclareo de plántulas, dejando unas densidades de 8, 12 y 16 plantas por fisura, lo que supuso unas densidades de plantación aproximadas de 680, 1020 y 1360 plantas/m², respectivamente.



Figura 14: Preparación de la solución nutritiva y llenado de las mesas.

La duración del ciclo de cultivo fue de 40 días. En el momento de la recolección se tomó una fisura por repetición y se analizó el área foliar, el peso fresco, el peso seco, el contenido relativo en clorofila en unidades SPAD, además, se tomaron 8 plantas de cada repetición para medir el número de hojas, la altura de la planta, el ángulo de inserción de la 2^a y 3^a hoja y la longitud del entrenudo entre el 3^o y el 4^o par de hojas.

6. RESULTADOS.

6.1. Experimento_1: Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de berro.

Durante todo el cultivo el pH de la solución nutritiva osciló entre 5,8 y 6 y se registraron datos ambientales y de la solución nutritiva.

Experiencia berros	
Oxig. (ppm)	7,45
C.E. (dS/m)	2,22
Rad. ($\mu\text{mol/L}$)	313,57
H.R. (%)	66,30
Tª Med.SN (°C)	23,99
Tª Med.Aire (°C)	23,86
Tª Máx.Aire (°C)	34,36
Tª Mín.Aire (°C)	17,74

Tabla 5: Datos ambientales y de la solución nutritiva.

6.1.1. Parte aérea.

La altura total de planta y número de hojas se vieron significativamente afectadas por la densidad de plantación, mientras que para el resto de parámetros analizados: área foliar, peso fresco, peso seco y contenido relativo de clorofila, no hubo diferencias significativas, aunque se puede apreciar en todos ellos una leve diferencia de las dos densidades más elevadas con respecto a la menor densidad.

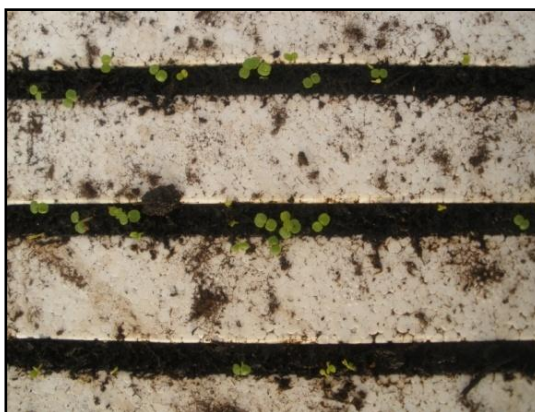


Figura15: Imagen de las plantas 4 dds de la siembra.

La mayor altura (18,12 cm) de las plantas se consiguió con la menor densidad de plantación empleada (1700 plantas/m²), no habiendo diferencias significativas con la densidad media (17,60 cm) pero sí con respecto a la mayor (15,85 cm).

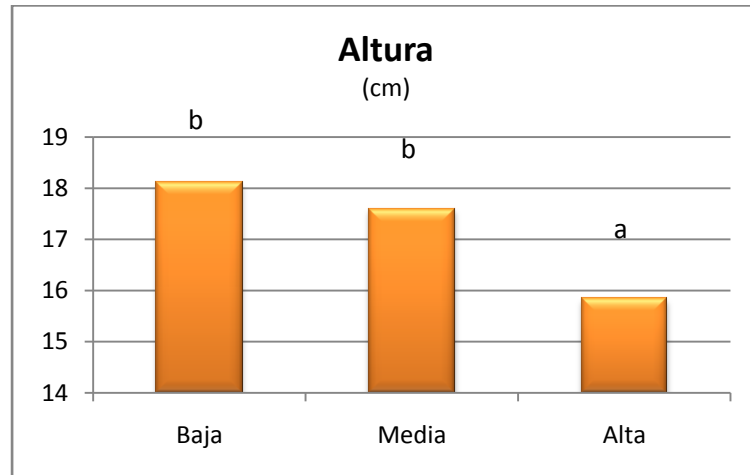


Figura 16: Imagen de las plantas al finalizar el cultivo.

Con respecto al número de hojas por planta este fue disminuyendo al aumentar la densidad de plantación. Para la menor densidad el número de hojas medio fue de 7,33, disminuyó pero sin diferencias significativas para la densidad media (6,8) y ambas se diferenciaron significativamente de la mayor densidad cuya media fue de 5,9 hojas por planta.

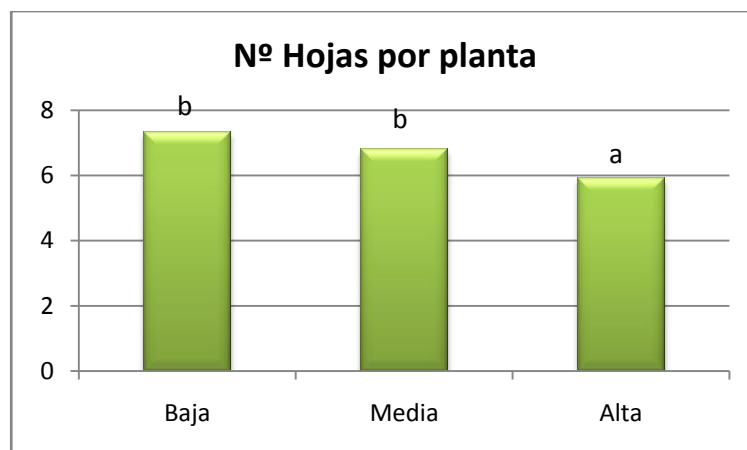


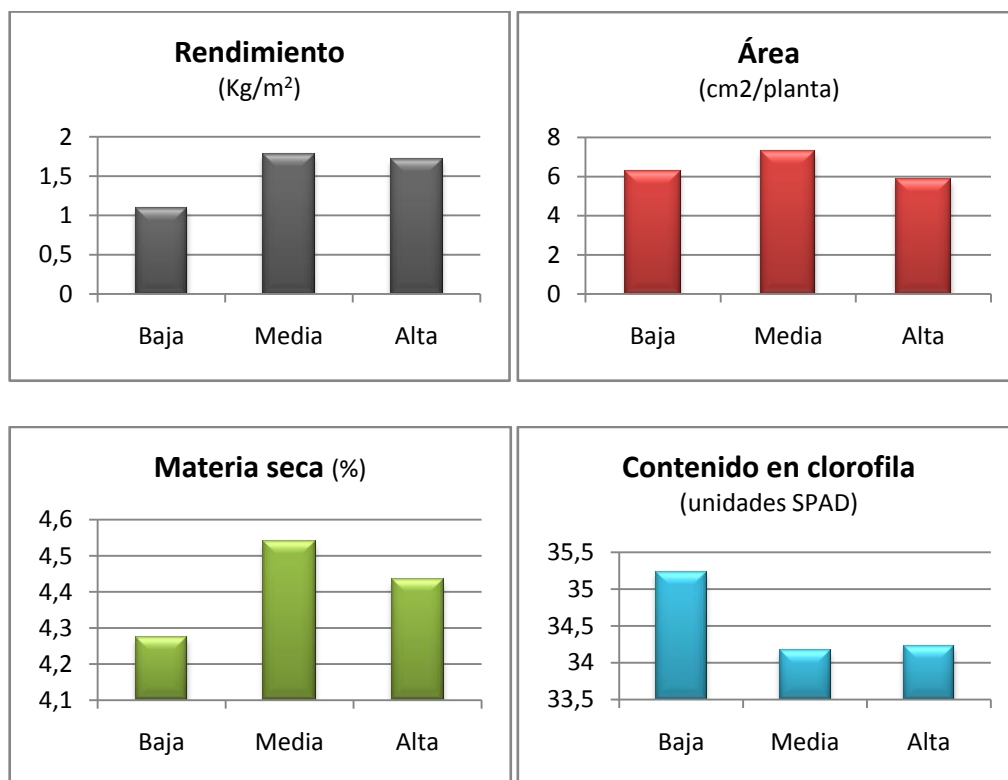
Figura 17: Detalle hojas berro.

Para el rendimiento, y aunque no hay diferencias significativas, se puede apreciar una importante diferencia entre las dos densidades mayores (1,72 kg/m² para la alta y 1,78 Kg/m² para la media) con respecto a la menor densidad de plantación que fue de 1,09 kg/m².

En el caso del área foliar se da el mayor valor con la densidad de plantación media. Así, la menor densidad obtuvo un área de 6,25, para la media fue de 7,29 y la mayor fue de 5,85 cm²/planta.

Con respecto al porcentaje de materia seca se aprecia el mismo comportamiento que en el área foliar. Los resultados obtenidos fueron de 4,27 % para la densidad baja, de 4,54 % para la densidad media y de 4,43 % para la densidad alta.

El contenido en clorofila tiene una tendencia bastante clara a disminuir conforme aumenta la densidad de plantación. Así, para la menor densidad de plantación se obtuvo un contenido en clorofila de 35,23, para la media fue de un 34,16 y para la alta de un 34,23 unidades SPAD.



6.1.2. Parte radical.

Los datos medios por planta de las raíces se muestran resumidos en las siguientes tablas:

Densidad	Longitud (mm)	Área (cm ²)	Diámetro (mm)	Volumen (cm ³)
Baja	85,305 b	5,013 b	0,0587 b	0,0237
Media	76,177 b	4,342 ab	0,0379 a	0,0194
Alta	52,678 a	3,085 a	0,0293 a	0,0142
P-value	0,0061	0,0491	0,0043	0,2312

Tabla 6: Parámetros principales raíces Experimento 1.

En la Tabla 6 se muestran los principales parámetros de la raíz, y observamos las medias por planta de las principales características medidas en el berro y podemos observar que los únicos valores que no mostraron diferencias significativas fueron los correspondientes al volumen obteniendo mayores datos con la densidad menor. Para los parámetros de área y longitud se observan diferencias significativas entre la mayor densidad y las dos menores. En el caso del diámetro las diferencias no existen entre las dos mayores densidades pero sí de ambas con la menor.

Densidad	Longitud de raíz (mm)									
	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	>4,5
Baja	54,175	23,212	5,092	1,472	0,692	0,326	0,186	0,086	0,015	0,049
Media	51,223	17,960	4,158	1,327	0,758	0,278	0,230	0,119	0,044	0,082
Alta	35,245	12,331	2,997	1,063	0,484	0,195	0,171	0,071	0,027	0,093
P-value	0,064	0,050	0,134	0,551	0,546	0,593	0,796	0,635	0,505	0,780

Tabla 7: Longitud de raíces por diámetro de las distintas densidades.

La tabla 7 representa la longitud (mm) por diámetro medio y por planta, no muestra diferencias significativas entre los distintos rangos del diámetro de la raíz. Aunque se puede observar, que la mayor longitud de raíces para menores diámetros se da en las dos menores densidades y por el contrario, se observa una mayor longitud de los mayores diámetros en las densidades más altas.

6.2. Experimento_2: Efecto de la densidad de plantación sobre el cultivo de canónigo.

Al igual que en el caso de berro durante todo el cultivo el pH me mantuvo en valores que rondaron entre el 5,8 y el 6. Los demás datos se muestran por medias en la siguiente tabla:

Experiencia canónigos	
Oxig. (ppm)	7,38
C.E. (dS/m)	2,17
Rad. ($\mu\text{mol/L}$)	305,15
H.R. (%)	65,03
Tª Med.SN (°C)	23,60
Tª Med.Aire (°C)	23,58
Tª Máx.Aire (°C)	33,94
Tª Mín.Aire (°C)	17,56

Tabla 8: Datos ambientales y de la solución nutritiva..

6.2.1. Parte aérea.

En este ensayo todos los parámetros mostraron diferencias significativas excepto el peso seco por planta. Con respecto a la altura, las diferencias significativas se dan entre las dos densidades menores, de 5,937 cm para la baja y 6,122 cm para la media, con la densidad mayor que fue de 6,6 cm.

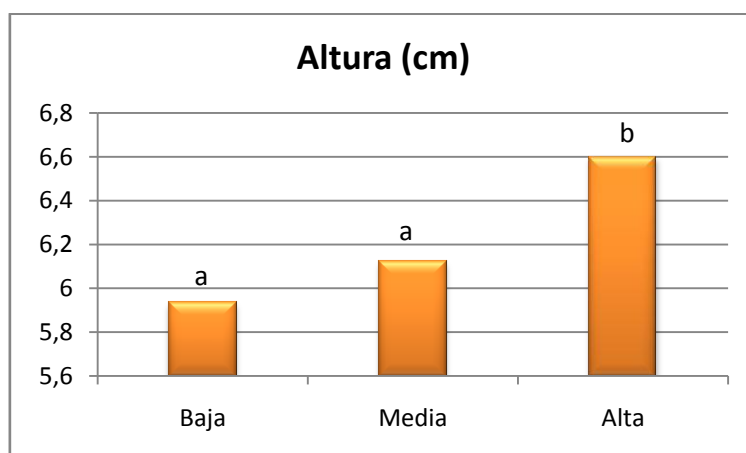
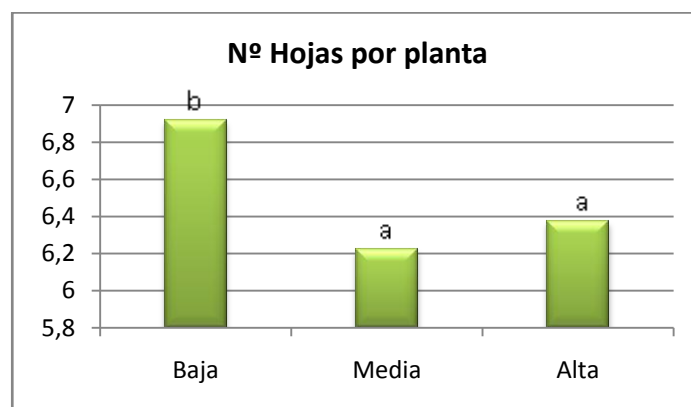


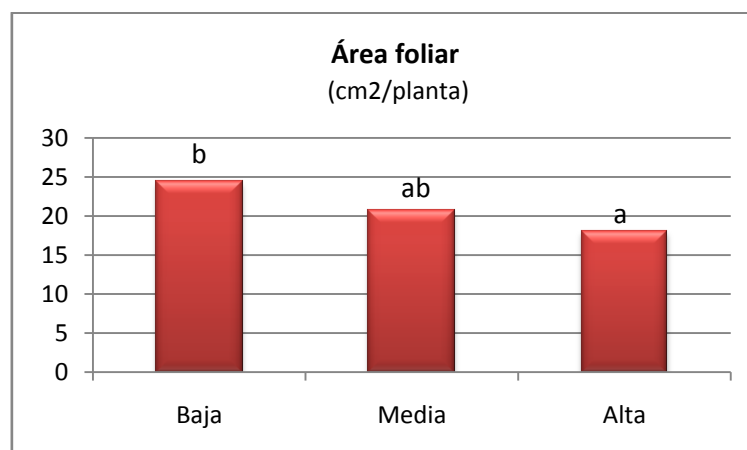


Figura 18: Bandeja fuera de la mesa de flotación.

En el número de hojas medio por planta las diferencias significativas se muestran entre la densidad menor y las dos mayores. La media para la densidad más baja fue de 6,916, para la densidad media de 6,222 y para la mayor fue de 6,375 hojas por planta.



Con respecto al área foliar, las diferencias significativas se dan entre las tres densidades siendo sus valores de 24,425, 20,713 y de 18,107 cm²/planta, ordenados según densidades de menor a mayor.



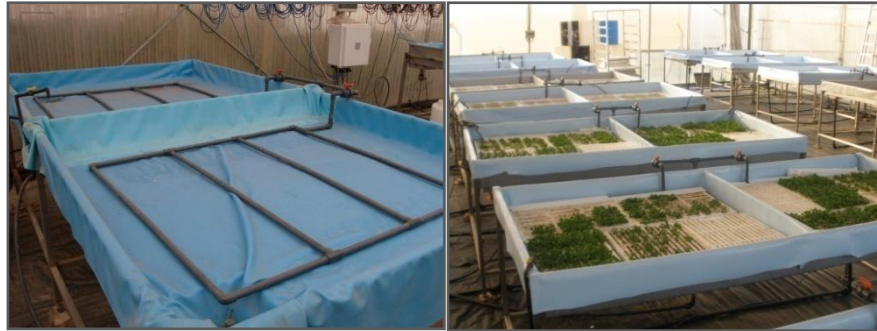
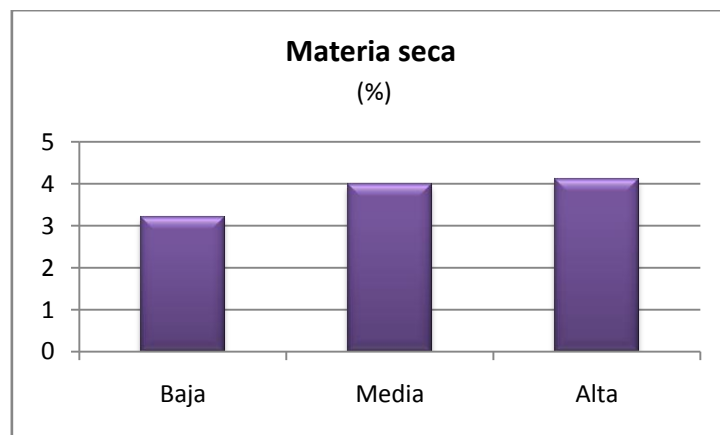


Figura 19: Mesas vacías con sistema de aireación e imagen invernadero en producción.

En el porcentaje en materia seca no se observan diferencias significativas entre los tres tratamientos, el valor para la densidad menor fue de 3,20, para la media de 3,98 y para la mayor densidad fue de 4,10.



En el caso del rendimiento se consiguieron diferencias significativas en los tratamientos con mayor densidad con respecto al de densidad baja. Los rendimientos de menor a mayor densidad fueron de 1,012, 1,313 y 1,514 Kg/m².

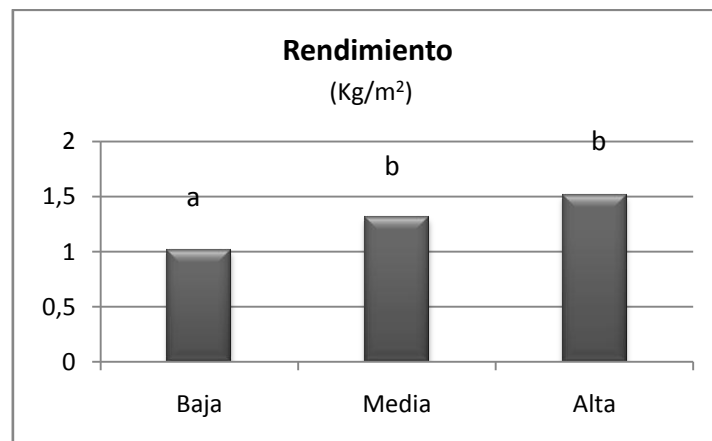




Figura 20: Plantas con raíces extraídas de la fisura.

El contenido relativo en clorofila resultó sin diferencias entre las menores densidades pero sí de estas con la mayor. Los valores fueron, en orden ascendente, de; 41,567, 42,633 y de 36,833 unidades SPAD.

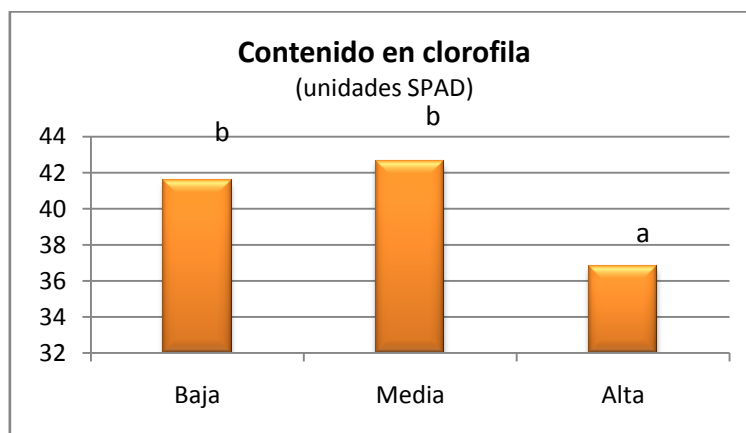
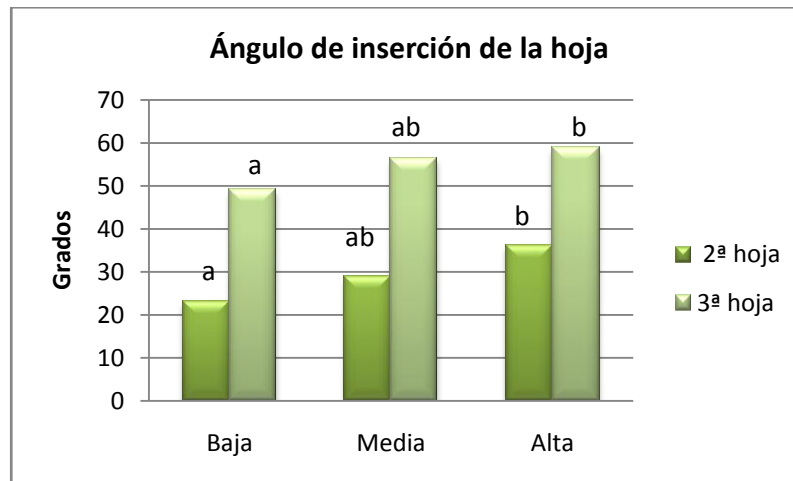
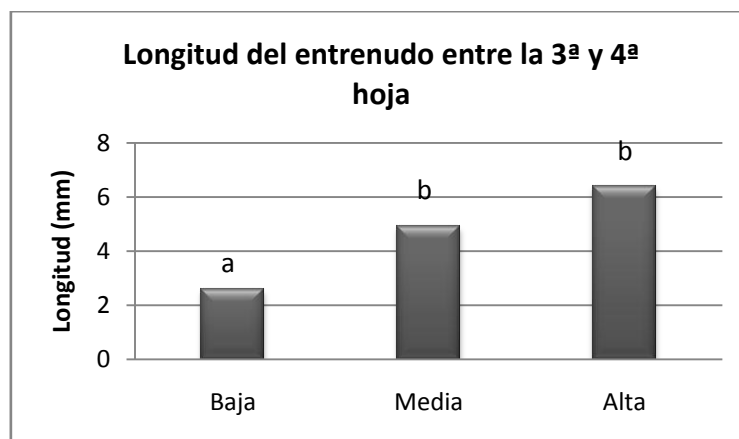


Figura 21: Fisura completa extraída y planta en la fisura.

Los resultados para el ángulo de inserción de la hoja del canónigo mostraron diferencias significativas entre la densidad menor, cuyas medias para los 2 niveles de hojas fueron de 23,2 y 49,2, para la densidad media fueron de 28,9 y 56,4 y para la mayor densidad fueron de 36,1 y 58,8 grados respectivamente.



El parámetro de longitud del entrenudo 2,6 para la menor densidad y de 4,9 y 6,4 para las densidades media y alta, respectivamente. En este parámetro también se encontraron diferencias significativas.



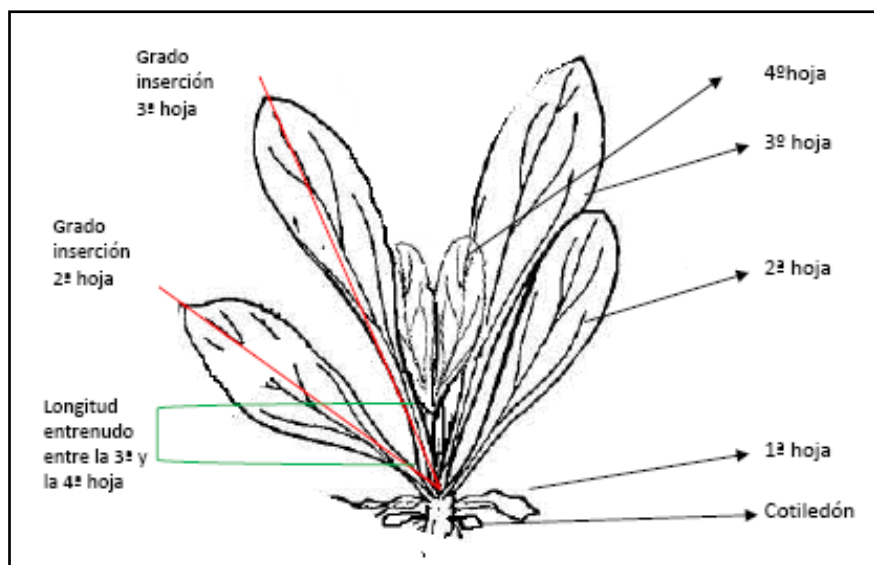


Figura 22: Dibujo explicación medida de grado de inserción y entrenudo.

6.2.2. Parte radical.

Al igual que pasó con el caso del berro, en el canónigo la densidad media es la que alcanzó mayor longitud de raíces y mayor área, aunque sin diferencias significativas. En relación con los valores de diámetro y volumen si hay diferencias significativas dando para ambos casos un mayor valor para la densidad media. Los datos son referidos a medias por planta.

Densidad	Longitud (mm)	Área (cm ²)	Diámetro (mm)	Volumen (cm ³)
Baja	175,603 b	9,807 b	0,071 c	0,431 b
Media	108,158 a	7,262 ab	0,056 b	0,383 b
Alta	78,847 a	9,806 b	0,040 a	0,260 a
P-value	0,0235	0,0186	0,0000	0,0137

Tabla 9: Parámetros principales raíces Experimento 2.



Figura 23: Detalle de raíces saliendo de la bandeja y raíces dispuestas para su análisis.

De la longitud media por planta de raíz por cada diámetro podemos observar cómo para la menor densidad hay mayor longitud de raíces con un diámetro menor pero van disminuyendo después las longitudes de los demás diámetros. El caso de las densidades con mayor número de plantas podemos observar un comportamiento parecido entre ellas y contrario a la densidad baja

En la mayoría de los intervalos no hay diferencias significativas, excepto en tres de ellos que muestran más claramente la tendencia según la densidad utilizada. Es decir, que para diámetros menores hay mayor diferencia entre densidades y que esta diferencia se pierde al aumenta el diámetro.

Densidad	Longitud de raíz (mm)									
	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	>4,5
Baja	125,94 b	32,73 b	9,217	3,219	1,786 b	0,833	0,709	0,561	0,254	0,338
Media	70,32 a	22,75ab	7,702	3,052	1,681 b	0,884	0,602	0,507	0,210	0,438
Alta	52,10 a	16,37 a	5,227	2,203	1,179 a	0,592	0,422	0,356	0,176	0,217
P-value	0,0217	0,0296	0,0511	0,1442	0,0148	0,0896	0,0637	0,0754	0,3362	0,1181

Tabla 10: Longitud media por planta de las raíces, diferenciadas por diámetros.

7. DISCUSIÓN.

7.1. Parte aérea.

Según Beccafichi et al. (2003) el hecho de que disminuya la altura de las plantas con el incremento de la densidad de plantación, como en el caso del berro se puede relacionar con la competencia intraespecífica que se daría a causa del mayor número de plantas en la bandeja y, como consecuencia de esto, al crecimiento individual de las plantas. Este mismo comportamiento de la altura de la planta respecto al incremento de la densidad de plantación fue demostrado por Cros et al. (2007) y Fernández et al. (2008) en verdolaga, por Wang et al. (2005) en acelga falsa y Heuvelink et al. (1995) en tomate. Sin embargo, en otras especies como el canónigo con una mayor densidad se produce una elongación de la planta. En este caso los resultados concuerdan con los de Velikosti et al. (2008) en canónigo, Gonella y Serio (2003) en lechuga, Kigalu et al. (2007) en te y de Mih et al. (2008) en vernonia, aunque se opone a los resultados de Znidarcic et al. (2008) en canónigo, que muestran que a mayor densidad la altura de las plantas disminuye. Esta diferencia de resultados se puede explicar por las bajas densidades utilizadas (de 166 a 667 plantas/m²) en comparación con nuestro ensayo (de 680 a 1360 plantas/m²).

La disminución del número de hojas por planta al aumentar la densidad de plantación ha sido el resultado obtenido tanto en berro como en canónigo y coinciden con los resultados de Znidarcic et al. (2008) en canónigo, Cros et al. (2007) en verdolaga, Gonella y Serio (2003) en lechuga, de Wang et al. (2005) en acelga falsa, Paranjpe et al. (2008) en fresa y Vera et al. (2006) en aloe. Además, es Vera et al. (2006) quien atribuye dichos resultados a una fuerte competencia intraespecífica y a una limitada capacidad competitiva.

En relación al área foliar se observan comportamientos opuestos para el berro y el canónigo. El berro aumenta el área foliar al aumentar la densidad, estos resultados concuerdan con los de Mih et al. (2008) en vernonia. El hecho de la falta de diferencias significativas y la relación que podemos hacer de este parámetro con el del número de

hojas nos muestra que el tamaño de las hojas no varió significativamente, aunque se puede observar cómo las hojas de las plantas de densidad media son ligeramente superiores a las demás. Para el ensayo de canónigo el comportamiento se basó en la disminución del área foliar al aumentar la densidad de plantación. Con este comportamiento encontramos el ensayo de Wang et al. (2005) para la acelga falsa y el trabajo de Bos et al. (2000) con maíz. Por el contrario el trabajo de Zanin et al. (2009) en canónigos observa un comportamiento distinto consiguiendo el máximo valor de área foliar para la densidad media (1800 plantas/m²) aunque sin diferencias significativas.

En rendimiento, los comportamientos tanto del berro como del canónigo tienen tendencias parecidas, aunque sólo se encuentra diferencias significativas en el experimento del canónigo. En los estudios de Fontana et al (2004), Zanin et al. (2009) y Heij (1989) en canónigo, se observa el mismo comportamiento de aumento del rendimiento del cultivo al aumentar la densidad, por el contrario, Znidarcic et al. () halló un comportamiento contrario en esta misma especie.

El hecho de que el contenido en materia seca no muestre diferencias significativas entre densidades en el cultivo del berro, 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) En el canónigo el porcentaje de materia seca carece también de diferencias significativas pero se puede apreciar una tendencia a aumentar con el aumento de la densidad de plantación. Este resultado se contradice con los de Fontana et al. (2009), Znidarcic et al. (2008) y Zanin et al.(2009) en canónigo, aunque coincide con el comportamiento de Mih et al. (2008) en vernonia. Este comportamiento se puede explicar por un aumento del tamaño de las partes de la planta que tienen mayor contenido en materia seca, como es el caso de un aumento en la longitud del tallo.

La medida del contenido en clorofila de las hojas permite comprobar el estado nutricional de las plantas ya que esta medida se relaciona con el N (Novoa et al, 2002). Lo observado tanto en el cultivo del berro como en el del canónigo es una tendencia a disminuir el contenido en clorofila al aumentar la densidad, aunque sin diferencias significativas en el caso del berro. El resultado para ambas especies es el mismo que para Zanin et al. (2009) en canónigo. Esto nos indica que las plantas de la baja densidad están mejor nutridas, aunque muy ligeramente, y que las plantas con el tratamiento de mayor densidad podrían haber sufrido una mayor competencia por el nitrógeno.

En el caso del canónigo se midieron, además, dos factores que influyeron de forma importante en la morfología de la planta como son la longitud de los entrenudos y el ángulo de inserción de las hojas. Los grados de inserción de las hojas de los tratamientos de menor densidad nos muestran una planta más abierta con las hojas más cerca al plano horizontal que se va cerrando conforme aumenta la densidad. La distancia medida desde la base hasta la 2ª y 3ª hoja muestra cómo las plantas han perdieron su característico porte en roseta al aumentar la densidad. Las plantas con menor densidad tendieron a una planta de menor tamaño y con hojas más cerca de la base del tallo que las de los otros tratamientos.

Con respecto a la distancia entre el tercer y el cuarto nudo medidos en canónigo, se pone en evidencia la elongación que sufren las plantas al exponerlas a una mayor densidad. En el ensayo de Wang et al. (2005) con acelga falsa el efecto fue el contrario, aunque se puede deber a la diferente morfología de las dos especies. En las densidades con mayor número de plantas muestran diferencias significativas con la de menor número. Esto nos lleva a pensar que un número elevado de plantas por fisura hace que las plantas pierdan su porte natural en roseta dando lugar a plantas menos atractivas para el consumo como planta entera.

7.2. Parte radical.

El comportamiento de los principales parámetros, como son la longitud total, el área total, el diámetro medio y el volumen total, es el mismo para las dos especies estudiadas, con la diferencia de que en el canónigo hay diferencias significativas en todos ellos. La tendencia, tanto para el canónigo como para el berro, de la longitud, el área, el diámetro y el volumen es la de reducirse al aumentar la densidad. Es decir, muestran unas raíces mejor desarrolladas para las densidades más bajas, que queda patente al ser de aproximadamente el doble los valores de la mayor densidad en las dos especies. Esto se debe a una menor competencia por el espacio que permite un crecimiento mayor de las raíces.

En las tablas 7 y 10 se muestran las diferentes longitudes de raíz por diámetro dependiendo de la densidad de plantación y se observa, que para los mayores diámetros, tanto para berro como para canónigo, las raíces tienden a disminuir en longitud al aumentar la densidad, un comportamiento que se invierte al observar que, para los menores diámetros, las raíces tienden a aumentar en longitud al aumentar la densidad. Este mayor crecimiento lateral de la raíz en la menor densidad, se debe a una menor competencia por los elementos minerales. Durante el ensayo la solución nutritiva permanece con elevadas concentraciones de nutrientes provocando esta respuesta de la planta ante las condiciones ambientales.

8. CONCLUSIÓN.

8.1. Experimento_1.

La influencia de la densidad de plantación sobre el cultivo en bandejas flotantes de una especie como el berro tiene un comportamiento similar a cultivos como la verdolaga, en ambos, la mayor densidad de plantación deriva en plantas de menor altura que se ajustan mejor a las características buscadas en una variedad de cuarta gama. En relación al número de hojas, la mayor densidad da lugar a un menor número de hojas, siendo esta una característica que iría en detrimento de su calidad como producto de cuarta gama. Además, para plantas cuya importancia económica se basa en sus hojas, como es nuestro caso, la disminución del número de éstas, el menor desarrollo de la raíz o deformaciones debidas a un mal manejo del cultivo, puede provocar una pérdida importante de calidad y producción.

La densidad media (2500 plantas/m²) proporcionaría plantas mejor adaptadas para su comercialización como cuarta gama. Lo ideal en este caso sería ajustar de manera más precisa y en sucesivos ensayos la densidad de plantación probando con densidades próximas a la media y controlando la solución nutritiva para evitar posibles deficiencias nutricionales.

8.2. Experimento_2.

En el caso del canónigo, que es una hortaliza consumida como planta entera, el hecho de que la mayor densidad dé como resultado una planta de mayor altura pero con un número de hojas y un área foliar menores en comparación con las otras densidades, nos muestra que la planta empieza a perder las características deseadas para su comercialización. Además, el menor desarrollo de las raíces de la densidad media y alta hacen patente la influencia de la competencia entre plantas.

Para este caso podríamos suponer, por los datos de contenido en clorofila, que el factor nutricional podría afectar ligeramente al desarrollo, aunque no en la misma proporción que el factor luz. En principio, la densidad más adecuada podríamos encontrarla entre la baja y la media densidad para conseguir optimizar producción y calidad.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart S., Otegui M. (1996). Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa. Buenos Aires.
- Añez B., Vásquez J. (2005). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la zábila (*Aloe barbadensis M.*) Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22. 1-12.
- Añez, B., Tavira E. (1999). Estudio de las densidades de población en las primeras cuatro generaciones del plátano (*Musa grupo AAB cv. Hartón*). Rev. Fac. Agron. (LUZ), 16(4). 337-355.
- Ashwin V. Paranjpe A.V., Cantliffe D.J., Peter J. Stoffella P.J., Lamb E.M., Powell C.A. (2008). Relationship of plant density to fruit yield of 'Sweet Charlie' strawberry grown in a pine bark soilless medium in a high-roof passively ventilated greenhouse *Scientia Horticulturae* 115. 117–123.
- Barros J.F.C., Carvalho M., Basch G. (2004). Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agronomy*, 21. 347–356.
- Beccafichi C., Benincasa P., Guiducci M., Tei F. (2003). Effect of crop density on growth and light interception in greenhouse lettuce. *Acta Horticulturae* 614.
- Bos H.J., Vos J., Struik P.C. (2000). Morphological analysis of plant density effects on early leaf area growth in maize. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 48. 199-212.
- 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.

- 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.
- Danalatos N.G., Archontoulis S.V., Mitsios I. (2007). Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus x giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *Biomass and Bioenergy* 31. 145–152.
- Engelen-Eigles, G., Holden G., Cohen J.D., Gardner G. (2006). The effect of temperature, photoperiod, and light quality on gluconasturtiin concentration in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 54. 328-334.
- 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.
- Fontana, E., Nicola, S., Hoeberechts, J., Saglietti, D. (2003). Soilless culture systems produce ready-to-eat corn salad (*Valerianella oleracea* L.) of high quality. *Acta Horticulturae*, 604. 505-509.
- Fontana E., Nicola S., Hoeberechts J., Saglietti D., Piovano G. (2004). Managing traditional and soilless culture systems to produce corn salad (*Valerianella oleracea*) 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.
- Gericke W.F. (1937). Hydroponics. Crop production in liquid culture media. *Science*, 85. 177-178.
- Gonnella M., Conversa G., Santamaria P., Serio F. (2004). Production and nitrate content in lamb's lettuce grown in floating system. *Acta Hort.* 644. 61-68.

- Gonnella M. y Serio D. (2003). Yield and quality of lettuce grown in floating system using different sowing density and plant spatial arrangements. *Acta Hort.* 614. 687-690.
- Heuvelink E. (1995). Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) *Scientia Horticulturae* 64. 193-201.
- 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
- Kigalu J.M. (2007). Effects of planting density on the productivity and water use of tea (*Camellia sinensis L.*) clones. Measurement of water use in young tea using sap flow meters with a stem heat balance method *Agricultural Water Management* 90. 224–232.
- Mazej D., Osvald J., Stibilj V. (2008). Selenium species in leaves of chicory, dandelion, lamb's lettuce and parsley. *Food Chemistry*. 107. 75-83
- Meletti N. (2006). L'innovazione di prodotto in orticoltura: il caso della IV gamma. Tesis doctoral. (www.tesionline.com).
- Novoa R., Villagrán N. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura técnica*. Vol. 62. 166-171.
- 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.
- 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.

- Stibbe C., Märländer B. (2002). Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy* 17. 161–171.
- Vera A., Medrano C., Villar A., Paz V., Páez A. (2006). Evaluación ecofisiológica de la competencia intraespecífica de *Cenchrus ciliaris* L. (Poaceae) en macetas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23. 151-160.
- Velikosti V., Gojivene C., Motovilca P. (2008). Corn salad (*Valerianella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. *Acta Agriculturae Slovenica*. 91. 59-66.
- Wang L.W., Showalter A.M., Ungar I.A.(2005). Effects of intraspecific competition on growth and photosynthesis of *Atriplex prostrata*. *Aquatic Botany* 83. 187–192.
- 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.
- Yazdanparast R, Bahramikia S, Ardestani A. (2008). *Nasturtium officinale* reduces oxidative stress and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolaemic rats. *Chemico-Biological Interactions*. 176-184.
- Zanin G., Ponchia G., Samho P. (2009). Yield and Quality of Vegetables Grown in a Floating System for Ready-to-Eat Produce. *Acta Hort*. 807. 433-438.
- Znidarcic D. y Kacjan-Marsic N. (2008). Corn salad (*Valerianella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. *Acta Agriculturae Slovenica*, 91. 59-66.