

CULTIVO SUSTENTABLE DEL BERRRO (*Nasturtium officinale* R. Br.) EN ZONAS SERRANAS FORESTALES

Gabino A. Martínez Gutiérrez,¹

Juana Yolanda López Cruz²

RESUMEN

La producción de berro en Oaxaca, proviene principalmente de la recolección de plantas que crecen a las orillas de los arroyos. Con el fin de establecerlo como un cultivo alternativo semintensivo en esa región se realizó la presente investigación, donde se evaluaron diferentes soluciones nutritivas y porcentajes de sombreo, utilizando la técnica de cultivo de flujo laminar de nutrientes. La distribución de los tratamientos se realizó mediante un arreglo bifactorial, con cuatro soluciones nutritivas y cuatro porcentajes de sombreo (0, 10, 50 y 70% de sombreo) en cuatro épocas del año. Las variables evaluadas en la planta fueron: altura, peso fresco y seco, materia seca y diámetro de tallo. Las soluciones nutritivas mostraron diferencias significativas para las variables evaluadas durante las cuatro épocas de cosecha. En tres temporadas de cosecha fue mayor el efecto de las soluciones nutritivas en las variables evaluadas que la del sombreo; mientras que en la época de sequía (abril) hubo mayor efecto tanto de las soluciones nutritivas como del sombreo. Las soluciones con mayor contenido de nutrimentos favorecieron la mayor expresión de la altura y diámetro del tallo de las plantas de berro. En cambio, el factor sombra, fue mayor para las variables evaluadas en las épocas de abril y noviembre.

Palabras clave: Berro de agua dulce, *nasturtium officinale*, flujo laminar de nutrientes (NFT), hidroponía

SUMMARY

The production of watercress in Oaxaca, comes mainly from the collection of plants growing on the banks of stream. This investigation was conducted in order to establish it in that region as a semi-intensive alternative crop. It was evaluated different nutrient solutions and

¹ Doctorado en Horticultura Protegida. Profesora investigadora del Instituto Politécnico Nacional, en el CIIDIR Unidad Oaxaca en la línea de Producción y Protección Vegetal, Becaria COFAA. Tel. 951-5170610 ext. 82761, correo electrónico: gmartinezg@ipn.mx ó megabinin@yahoo.es

² Maestra en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional, Profesora investigadora del Instituto Politécnico Nacional, en el CIIDIR Unidad Oaxaca en la línea de Desarrollo Regional, Becaria COFAA. Tel. 951-5170610 ext. 82747, correo electrónico: jylopez@ipn.mx ó jylopez_2000@yahoo.com.mx

percentages of shading, using the culture technique laminar flow of nutrients. The distribution of treatments was done using a bivariate basis, with four nutrient solutions and four percentages of shading (0, 10, 50 and 70% shade) in four seasons. The variables evaluated in the plant were: height, fresh and dry weight, dry matter and stem diameter. The nutrient solutions showed significant differences for the variables evaluated during the four harvests. In three seasons harvest was more the effect of nutrient solutions for the estimated variables than the shade, lie in the dry season (April) there was a greater effect of both nutrient solutions and the shade. The solutions with higher nutrient content favored increased expression of the height and diameter of plant stems of watercress. Instead, the shade factor was higher for the variables assessed in the periods of April and November.

Keywords: fresh watercress, *nasturtium officinale*, laminar flow of nutrient (NFT), hydroponics.

Palavras-chave: agrião fresco, *Nasturtium officinale*, fluxo laminar de nutrientes (NFT) de hidroponia

INTRODUCCIÓN

El berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) es una hortaliza de hoja de importancia económica a nivel mundial debido a sus valores alimenticios y medicinales. Tanto hojas como tallos tienen alto valor nutricional como, vitaminas A y C, minerales como hierro, calcio, zinc y yodo (De Chavéz *et al.*, 1992; Palaniswamy *et al.*, 2003). Además de arginina glicina, lisina, triptofano y antioxidantes (Palaniswamy y McAvoy, 2001; Engelen-Eigles *et al.*, 2006).

También se ha demostrado que su consumo disminuye problemas de artritis reumatoides, esclerosis múltiple y cáncer (De Chavéz *et al.*, 1992; Pal-Johan *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 2006), así como ayuda a mantener las funciones normales del hígado (Ebadolahi Natanzi *et al.* 2010).

En Oaxaca, México el berro sin ser cultivado, crece y se desarrolla en arroyos con agua limpia y cristalina de zonas serranas forestales con clima templado y frío como la Sierra Norte, Mixteca y Sierra Sur. Los habitantes de estas zonas; en su mayoría indígenas zapotecos y mixtecos, la recolectan para su consumo y venta en el mercado regional, obteniendo más de 60 familias un ingreso económico permanente. Sin embargo en los últimos años y en los meses de marzo, abril, mayo y parte de junio, la radiación solar aumenta, ocasionando disminución e incremento de la temperatura del agua. Esto ha repercutido en la disminución del crecimiento y calidad de las plantas y en algunos sitios su completa desaparición. Contrariamente en estos meses su precio en el mercado regional se triplica, por lo que se recurre a la “importación” de este vegetal del Estado de México, en donde el cultivo se riega con aguas de mala calidad poniendo en riesgo a los consumidores por la posible contaminación con *Fasciola hepatica* (Sena *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2011).

Al respecto Tagnoni (2000) menciona que el aumento de la temperatura del agua en los cultivos afecta diversos procesos fisiológicos como: la actividad metabólica celular, absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso la producción y gasto de carbohidratos y reguladores del crecimiento mientras que Adams (1994) reporta que la temperatura de la solución nutritiva tuvo mayor efecto en la absorción de fósforo que de nitrógeno y agua y que a bajas temperaturas la suberización de la endodermis se extiende al ápice de la raíz e influye en la absorción de los nutrimentos. En sistema hidropónico, la temperatura de la solución nutritiva tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta e inversamente con el oxígeno disuelto en la solución nutritiva (Lara, 1999). Temperaturas menores a 22°C, la gran demanda de oxígeno no es satisfecha por la solución nutritiva debido a que aumenta la difusión de este gas (Graves, 1983) con carencia de oxígeno prosperarán todo tipo de enfermedades y gérmenes patógenos; por lo general, se recomienda mantener el agua a temperatura ambiente, lo más próximo a los 18 - 22°C (Noucetta, 2005).

En su forma cultivada, el berro es una planta con altos requerimientos de agua o humedad y de poca radiación solar, adaptándose a climas templados y fríos (Moroto, 1992; Cabanillas, 1990). A través de la nutrición vegetal es posible incrementar su tasa de crecimiento vegetativo, producción y calidad (Resh, 2001), lo cual se puede lograr mediante la adopción y adecuación de técnicas hidropónicas de cultivo como la de NFT, que permite la recirculación y ahorro de hasta el 40 % de fertilizantes y 30 % de agua en comparación al cultivo convencional en suelo (Urrestarazu, 2000; Van Os, 1999). Además se evita el lixiviado de elementos nocivos al suelo disminuyendo su eutrofización. En un cultivo hidropónico los nutrientes son suministrados mediante una solución nutritiva y asimilable por las raíces de la planta. La forma más simple se logra disolviendo fertilizantes en agua, los cuales se disocian quedando los elementos en forma iónica. La composición de la solución es muy importante para lograr el éxito del cultivo ya que no existe una formulación única para la solución nutritiva. Las concentraciones adecuadas de los elementos nutricionales dependen de varios factores como la especie y variedad cultivada, estado de desarrollo, época del año, clima, calidad del agua y temperaturas entre otras (Urrestarazu, 2000).

El consumo de vegetales con alto contenido de nitratos es potencialmente peligroso para la salud humana. El problema radica en que después de su ingesta pueden ser reducidos a nitritos en el interior del organismo, especialmente en los niños y en adultos con ciertos problemas, aunque no es restrictivo para adultos. La toxicidad del nitrato se debe a su reducción a nitritos que, al combinarse con las aminas y amidas forman compuestos de nitrosaminas o nitrosamidas respectivamente, las cuales son agentes cancerígenos (Walke, 1990). Otro de los principales mecanismos de toxicidad es la oxidación del hierro ferroso (Fe^{+2}) en la hemoglobina a ferrico (Fe^{+3}), produciendo metahemoglobina. Una consecuencia de la formación de metahemoglobina radica en el impedimento de la liberación del oxígeno en los tejidos humanos (Knobeloch *et al.*, 2000; Hanafy *et al.*, 2000; Anjana *et al.*, 2007).

En general, los vegetales que son consumidos con su raíz, tallo y hojas tienen una alta acumulación de nitratos a diferencia de los frutos. El contenido de nitrato varía dependiendo de la parte de la planta (Santamaría *et al.*, 1999; Zhou *et al.*, 2000). Anjana *et al.* (2007) mencionan que aproximadamente el 70% de la absorción de nitratos, en la

dieta humana provienen de los vegetales. Ysart *et al.* (1999) muestran una proporción de la absorción de éste ión para papas (33%), vegetales de hoja (21%), y otros vegetales (15%), bebidas (8.5%), carnes (4.2%), fruta fresca (3.5%), leche (2.9%), cereales (2.1%) y pan (1.6%).

Con respecto a la radiación solar que le llega a la planta, esta puede ser modificada utilizando materiales oscuros como mallas de sombra (Castilla, 2005). Escalante 1980, menciona que el sombreo o disminución de la absorción de luz en frijol no afecto el rendimiento engrano y que el sombreo en horas de alta intensidad luminosa disminuye el ángulo foliar a fin de mejorar la fotosíntesis.

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes soluciones nutritivas y porcentajes de sombreo en el cultivo hidropónico recirculante de berro en una comunidad indígena serrana, que permitan mejorar su eficiencia productiva y calidad en los meses de mayor radiación solar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la localidad de “La Nevería”, Municipio de Santa Catarina Lachatao, Distrito de Ixtlán, Sierra Norte de Oaxaca, ubicado a 17°07' LN y 96°14' de LO y 2700 msnm, con clima templado húmedo, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18 °C, clasificado de acuerdo a García (1988) como C (w"1) (w) big. Los contenedores utilizados fueron canaletas de madera de 7.5 m de largo por 0.30 m de ancho y 0.15 m de profundidad, colcadas sobre postes también de madera a 1 m de altura y recubiertas en su interior con polipropileno negro calibre 700 y pendiente del 2% para la recuperación de la solución nutritiva, de acuerdo a lo indicado por Carrasco (2004), en su interior se depositó grava fina de 0.5 cm de diámetro como medio de soporte.

Los tratamientos evaluados fueron: tres soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de elementos, mas el testigo con agua del arroyo de la localidad (Cuadro No.1) y cuatro porcentajes de sombreo: 0 (testigo), 10, 50 y 70 %. La solución nutritiva universal de Steiner (1968) se modificó para obtener tres soluciones con diferentes concentraciones de elementos y para su preparacion se utilizaron fertilizantes comerciales de acuerdo a lo indicado por Urrestarazu (2000).

Se utilizó un diseño de tratamientos bifactorial; con cuatro soluciones nutritivas y cuatro porcentajes de sombreo generando 16 tratamientos. Cada una de las canaletas tuvo una solución nutritiva específica y en cada canaleta se distribuyeron aleatoriamente los cuatro porcentajes de sombreo mediante el uso de mallas sombra.

Cuadro No. 1. Soluciones nutritivas (mmol L^{-1}) evaluadas en el cultivo de berro bajo un sistema hidropónico recirculante.

Sal	A	B	C
NH_4NO_3	0.75	0.50	0.25
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3.00	2.00	1.00
KNO_3	4.50	3.00	1.50
KH_2PO_4	1.31	0.87	0.44
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.90	0.62	0.31

El sistema de recirculación de la solución nutritiva se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Salas y Urrestarazu (2004) y consistió en utilizar cuatro micro bombas, una por canaleta; cada vez que se preparó la solución nutritiva se midió la conductividad eléctrica (CE), el pH y la temperatura, con un potenciómetro Hanna modelo H199 1300. El comportamiento promedio de las soluciones respecto a esos parámetros se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores medios del agua utilizada en la preparación de la solución nutritiva

Parámetro	Solución nutritiva			
	A	B	C	D
C.E. (dS m^{-1})	1.52	1.31	0.68	0.34
pH	6.36	6.23	6.74	6.71
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	14.97	15.13	14.77	13.77

Las plantas de berro utilizadas fueron esquejes de 2 a 3 cm de altura obtenidas en los arroyos de la localidad y fueron sembrados en enero del 2010, un mes después de la siembra se les aplicó un corte de uniformidad a 2.5 cm de altura para su posterior crecimiento y evaluación.

Se realizaron cortes en abril, junio, septiembre y noviembre del mismo año, cuando la mayoría de las plantas alcanzaron 20 cm de altura, para lo cual se aplicó un muestreo en cada parcela experimental, constituida por un cuadrante de 27.5 x 21.5 cm, que en promedio contenían 124 plantas. En cada cuadrante se seleccionaron al azar seis plantas, a quienes se les midió: longitud del tallo (cm); de la parte basal al folio más alto; peso fresco (g) y peso seco, mediante secado en estufa a 70°C durante 72 horas, con estos valores se calculó también el porcentaje de materia seca; y por último el diámetro del tallo (cm) para lo cual se midió la parte basal del tallo.

La determinación de nitratos en la planta se realizó utilizando el método de Cataldo (1975) y el de fosfatos mediante la técnica del fósforo en material vegetal por el método del vanadato molibdato amarillo (Alcántar y Sandoval, 1999). Así también, se realizó un análisis en laboratorio para conocer el contenido de macronutrientes (Na, K, Ca y Mg) y micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) presentes en la parte aérea de cuatro muestras de la planta de acuerdo a las metodologías indicadas por (Alcántar y Sandoval, 1999).

Para proceder al análisis estadístico los datos se re-escalaron a través de la adición de la unidad a cada valor real para la eliminación de ceros y hacer estimables las ecuaciones normales en los análisis realizados (Steel y Torrie, 1985; Restrepo, 2007). El efecto del factor sombreado se encuentra anidado en el factor solución nutritiva y la interacción de los factores no existe, para probar las diferencias entre los niveles de cada factor en el ensayo, se recurrió, bajo la teoría del modelo lineal general (Steel y Torrie, 1985; Martínez, 1996), a un modelo lineal aditivo. Así, el modelo lineal utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Som}_{i(j)} + \text{Sol}_{(j)} + \epsilon_{ijk} ,$$

asumiendo que Y_{ijk} y $\epsilon_{ijk} \sim \text{NI}(0, \sigma^2)$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (altura, peso seco, peso fresco, etc.)

μ = media general de todos los tratamientos

$\text{Som}_{i(j)}$ = efecto del factor sombra

$\text{Sol}_{(j)}$ = efecto del factor solución nutritiva

ϵ_{ijk} = error de muestreo en cada unidad experimental

El análisis estadístico de los factores: sombreeo y soluciones nutritivas se realizó por separado en cada temporada de cosecha (abril, junio, septiembre y noviembre) Cuando se obtuvieron diferencias significativas entre los niveles de cada factor, se hizo la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), al igual que para la determinación de nitratos y fosfatos, Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SAS (1999)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el año 2008, en La Nevería” Mpio. de Santa Catarina Lachatao, Ixtlán de Juárez, Oax. se registró una temperatura promedio y precipitación anual de 18 °C y 786.7 mm respectivamente. Asimismo, durante los meses de marzo a mayo se tuvieron en el día las temperaturas más altas, posteriormente declinaron debido a la mayor presencia de lluvia, principalmente en los meses de junio y julio (Figura 1). Berry J and Björkman (1980), mencionan que la mejor cosecha de berro ocurre cuando las temperaturas diurnas fluctúan entre los 20 a 25 °C y las temperaturas nocturnas entre los 15 a 20°C y que inclusive a los 28 °C puede crecer con éxito. En este estudio, las mejores cosechas se obtuvieron en junio y septiembre, donde las temperaturas máximas diurnas coincidieron dentro del intervalo anteriormente mencionado (de 23 a 25 °C) no así las temperaturas mínimas porque en promedio fueron de 12 °C. En cambio cuando la máxima temperatura diurna fue mayor de los 25 °C y la temperatura mínima nocturna de 10 °C la respuesta no fue exitosa.

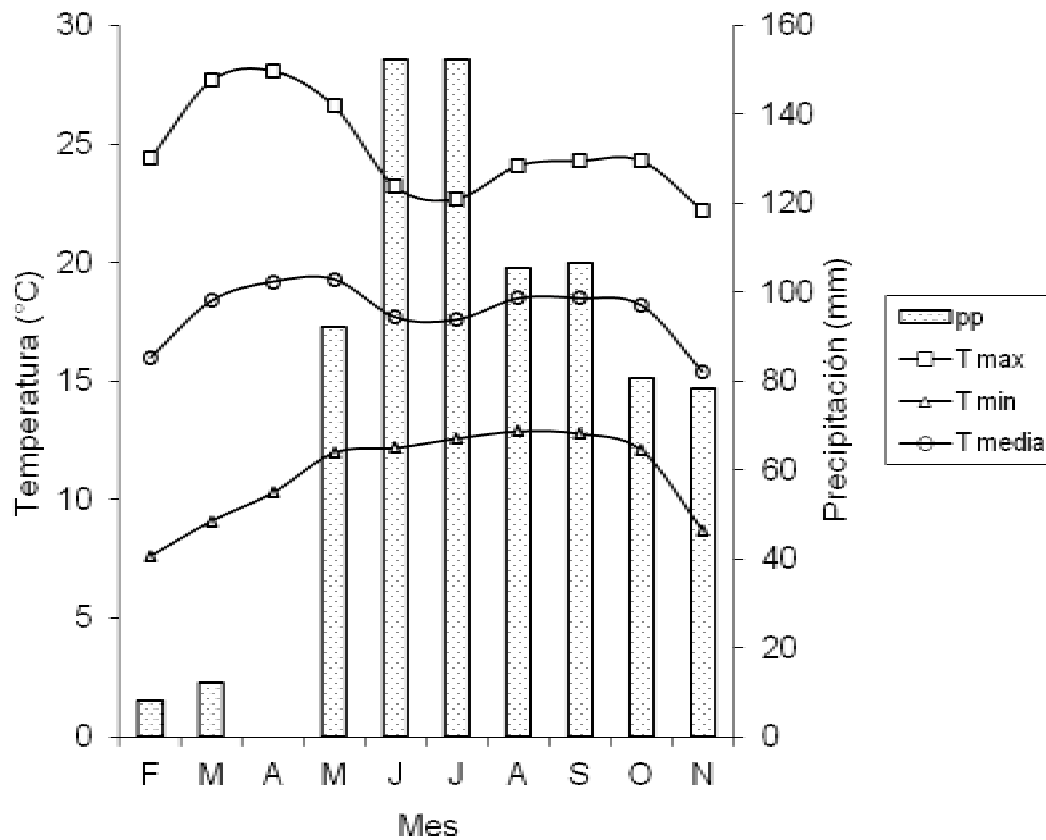


Figura 1. Distribución de la temperatura y precipitación durante el año 2008, en “La Nevería” Mpio. de Santa Catarina Lachatao, Ixtlán de Juárez, Oax.

Cabanillas (1990), menciona que la temperatura mínima para mantener un sistema comercial es de 10 °C y en este sentido los resultados obtenidos lo corroboran porque las temperaturas mínimas de mayo a octubre fueron mayores a los 10 °C (Figura 1). Por otra parte, existen evidencias que el berro cultivado con temperaturas diurnas de entre 10 °C a 25 °C acumulan más agentes anticancerígenos: PEITC y gluconasturtina (Palaniswamy *et al.*, 1997; Engelen-Eigles *et al.*, 2006), como estas temperaturas prevalecen en la región de estudio, sería mayor la justificación para sembrar intensivamente el berro bajo NFT en dicha región y también para obtener un producto más sano no transmisor de la *Fasciola hepatica* como podría suceder con la producción obtenida tradicionalmente en la región a orillas de los arroyos (Sena *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2011).

Por otra parte, en el Cuadro No. 3 se puede observar que los coeficientes de determinación (r^2) del modelo lineal aditivo utilizado para la respuesta de cada variable; en promedio

fueron de 0.8. Por lo tanto, el modelo aditivo propuesto es confiable para el desglose de los efectos de los factores solución nutritiva y porcentaje de sombreado. Asimismo, se observan diferencias significativas para el factor solución nutritiva en todas las variables evaluadas durante las cuatro temporadas de cosecha. De igual manera el factor sombra tuvo una respuesta similar; sin embargo, la materia seca producida en junio y septiembre fue invariable al efecto de la sombra, posiblemente, porque en esos meses hubo mayor precipitación pluvial (Figura 1) con mayor número de días nublados.

Cuadro No. 3. Prueba de F calculada del análisis de varianza y sus significancias estadísticas para los factores solución nutritiva y factor sombra en relación a las variables evaluadas por período de cosecha

Factor	Mes de Cosecha	Altura (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Materia seca (%)	Diámetro (mm)
Solución Nutritiva						
Fc	Abril	262.09**	16.48**	9.30**	25.05**	33.72**
r ²		0.92	0.52	0.48	0.82	0.63
C.V. (%)		14.34	33.45	4.55	20.46	17.30
Fc	Junio	990.51**	52.31**	42.35**	61.28**	236.94**
r ²		0.97	0.76	0.73	0.79	0.91
C.V. (%)		10.59	39.65	9.31	31.70	15.89
Fc	Septiembre	306.90**	111.50**	96.95**	6.03**	52.59**
r ²		0.93	0.83	0.80	0.41	0.72
C.V. (%)		12.13	17.66	3.29	14.07	13.92
Fc	Noviembre	714.88**	58.41**	89.49**	217.07**	18.14**
r ²		0.72	0.79	0.87	0.93	0.90
C.V. (%)		13.92	32.48	2.87	17.83	16.19
Sombra						
Fc	Abril	39.09**	5.29**	6.07**	19.95**	2.86*
r ²		0.92	0.52	0.48	0.82	0.63
C.V. (%)		14.34	33.45	4.55	20.46	17.30
Fc	Junio	48.71**	9.11**	6.25**	1.62 ^{ns}	6.19**
r ²		0.97	0.76	0.73	0.79	0.91
C.V. (%)		10.59	39.65	9.31	31.70	15.89

Fc	Septiembre	4.62**	2.66 NS	3.50*	1.41 ^{ns}	5.45**
r ²		0.93	0.83	0.80	0.41	0.72
C.V. (%)		12.13	17.66	3.29	14.07	13.92
Fc	Noviembre	130.40**	19.03**	31.75**	30.07**	14.42**
r ²		0.72	0.79	0.87	0.93	0.90
C.V. (%)		13.92	32.48	2.87	17.83	16.19

*, **, NS = Diferencias significativas ($p=0.05$), altamente significativas ($p=0.01$) y no significativas.

r² = Coeficiente de determinación

CV = coeficiente de variación

Efecto de las soluciones nutritivas

En el Cuadro No. 4 se observa que todas las soluciones nutritivas tuvieron efecto significativo en todas las variables morfológicas con relación al testigo (D) el cual solamente tuvo la recirculación de agua. Los mayores índices para todas las variables morfológicas se obtuvieron en junio y septiembre, tiempo que hubo mayor precipitación pluvial y las temperaturas promedio mensual fueron de 17 a 18.5 °C (Figura 1), la cual es cercana a la temperatura promedio anual de la región (18 °C). Al respecto existen evidencias que la máxima absorción de CO₂ de las plantas se presenta cuando las temperaturas se mantienen cercanas a la temperatura promedio anual como una adaptación a su medio de los hábitats de las especies (Berry and Björman, 1980), lo cual probablemente ocurrió favoreciendo en estas épocas el mayor crecimiento y desarrollo de las plantas de berro.

Durante el mes de septiembre en el cual las lluvias no fueron intensas, la altura de la planta fue de 25 cm con la solución A (que contenía mayor concentración de elementos esenciales) mientras que con la solución B se tuvo mayor altura (27.5 cm).

Durante la época de lluvias intensas, las plantas que recibieron la mayor concentración de nutrimentos (solución A) presentaron un mayor crecimiento; sin embargo, este efecto no estuvo relacionado directamente con un elevado consumo de nutrimentos; más bien, fue debido a la pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de estos, por efecto del agua de lluvia, lo que además puede en ciertos casos, inducir una deficiencia en la planta. Esto también puede ocasionar un desbalance en la relación mutua entre los iones de las diferentes soluciones empleadas (Lara, 1999). Por otro lado, el fotoperíodo, la humedad relativa y probablemente la temperatura también influyeron en

el crecimiento o recuperación de las plantas porque en abril y noviembre las plantas tuvieron menor altura. Al respecto, Adams (2004) señala que las plantas en un ambiente frío “consumen” más elementos que en un ambiente cálido.

El diámetro del tallo del berro también mostró efecto similar a la altura del tallo con todas las soluciones nutritivas respecto al testigo (tratamiento D). Es de gran importancia el grosor o diámetro del tallo, el tamaño de los tallos y de las hojas para adquirir mayor precio. Urrestrazu y Salas (2005) indican que una concentración alta de elementos en la solución nutritiva puede afectar seriamente algunos órganos de la planta, frecuentemente aumenta el grosor del tallo y disminuye la altura de la planta, lo cual baja la producción pero aumenta la calidad, como ocurre en el tomate hidropónico (Salas y Urrestrazu, 2004)..

El peso fresco (PF) y peso seco (PS) son variables que ayudan a estimar la acumulación del materia seca. Al igual que en las variables anteriores, las soluciones nutritivas incrementaron el peso fresco de las plantas (Cuadro No. 4). En las cosechas de abril y junio, las plantas que recibieron concentraciones mediante las soluciones nutritivas (A y B) tuvieron significativamente mayor peso fresco (de 1.2 a 1.4 g). En septiembre la solución B presentó el mayor peso fresco, por lo cual podría sugerirse que de abril a septiembre se utilice ésta solución por su menor costo para la preparación y mayor efecto en el peso fresco y posteriormente utilizar en noviembre la solución A. Por otra parte, el fotoperiodo largo tiene un efecto positivo en el peso fresco de la planta.

En relación al peso seco, no hubo diferencias significativas en respuesta a las soluciones para la cosecha de abril. Para junio y septiembre la solución B, presentó el mayor peso seco; sin embargo, en noviembre la solución A supero a todas las demás (Cuadro No. 4). Por lo tanto, las soluciones afectan el peso seco de las plantas y varían de acuerdo a la época de cosecha, siendo las soluciones A y B las que generan mejor respuesta.

En la Cuadro No. 4 se observa que las plantas cosechadas en junio y noviembre, acumularon significativamente mayor cantidad de materia seca, cuando se agregaron soluciones nutritivas (A, B y C) respecto al testigo (D). Sin embargo, en abril y septiembre la respuesta fue inversa. Lo cual podría sugerir que la acumulación de materia seca depende más de la época de cosecha que de las soluciones nutritivas.

Cuadro No. 4. Efecto de las soluciones nutritivas en las diferentes variables durante las cuatro temporadas de cosecha del berro en un sistema hidropónico recirculante.

Solución nutritiva	Variables	Temporada de cosecha			
		Abril	Junio	Septiembre	Noviembre
A	Altura (cm)	14.8 b	42.1 a	25.0 b	21.6 a
B		25.9 a	28.6 b	27.5 a	14.4 b
C		14.3 b	30.7 b	26.4 abc	7.4 c
D		3.8 c	0 c	6.9d	0 d
A	Diámetro (cm)	1.9 a	3.8 a	3.3 a	2.6 a
B		1.9 a	3.9 a	3.7 a	2.4 a
C		1.7 a	3.0 b	3.3 a	1.6 b
D		0.8 b	0 c	1.8 b	0 c
A	Peso fresco (g)	1.136 a	6.299 a	2.897 c	2.627 a
B		1.434 a	6.138 a	4.375 a	1.640 b
C		1.233 a	3.664 b	3.541 b	0.721 c
D		0.188 b	0 c	0.873 d	0 d
A	Peso seco (g)	0.08 a	0.22 b	0.13 c	0.14 a
B		0.09 a	0.32 a	0.22 a	0.10 b
C		0.10 a	0.08 c	0.16 b	0.05 c
D		0.03 b	0 c	0.04 d	0 d

Promedios seguidos de la misma letra, en las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$)

Para el corte de junio, las plantas que recibieron solución nutritiva con concentración intermedia de nutrientes (B), acumularon 5.4% de materia seca, una cantidad significativamente mayor a la respuesta de las otras dos soluciones evaluadas; sin embargo, para la cosecha de noviembre, no hubo diferencia significativa en la producción de materia seca producida con las diferentes soluciones nutritivas Cuadro No. 4.

Efecto de la sombra

En las cosechas de abril y septiembre la sombra incrementó significativamente la altura. Sin

embargo, en junio y noviembre la reacción fue inversa, el testigo (0% de sombra) presentó mayor altura que los tratamientos de sombra. Además, en un porcentaje de sombra del 70% la respuesta en altura fue significativamente menor desde abril a noviembre.

Para el corte de septiembre, las plantas con mayor crecimiento fueron aquellas que tuvieron cubierta de sombra al 10% (23.1 cm), pero este no fue significativamente diferente a las que estuvieron con el 50% de sombreo (21.37 cm).

Los resultados señalan que, el factor porcentaje de sombreo en época seca (febrero a abril) favoreció el crecimiento de las plantas, debido a la generación de un microclima más idóneo para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, en la época de lluvias (mayo a septiembre) hubo abundante presencia de nubes, por lo que los materiales de sombreo tuvieron poca incidencia en el cultivo.

En general, los diferentes niveles de sombra no afectaron significativamente el engrosamiento del tallo de plantas de berro en las diferentes épocas de cosecha, a excepción de abril, donde la malla sombra al 50% influyó significativamente con mayor diámetro de tallo (Cuadro No. 5).

Las plantas que estuvieron con un 10% de sombreo, presentaron mayor acumulación del peso fresco y seco de abril a septiembre (Cuadro No. 5). En junio y noviembre el testigo (0% de sombra) produjo mayor peso fresco y seco. Esto último sugiere, que no se recomienda utilizar la malla sombra en la época lluviosa (mayo - agosto) y tampoco en la época más fría del año en la comunidad de La Nevería. En junio y septiembre no hubo efecto significativo del sombreo en la cantidad de materia seca acumulada. Sin embargo, en abril y noviembre puede utilizarse sombra del 10% debido a que no difiere significativamente del tratamiento con 70% (Cuadro No. 5). El berro puede tolerar una amplia gama de condiciones de luz y sombra parcial a pleno sol y cuando hay más luz se promueve crecimiento. También es posible que las plantas que recibieron más luz (testigo) estuvieran más estresadas hídricamente, en relación a las plantas sombreadas, ya que la diferencia de temperatura entre planta y el aire es mayor en las plantas expuestas a mayor radiación solar.

Cuadro 5. Efecto de la sombra en todas las variables en las diferentes temporadas de cosecha.

Porcentaje de sombra	Variables	Temporada de cosecha			
		Abril	Junio	Septiembre	Noviembre
0	Altura (cm)	9.51 c	29.86 a	20.35 b	15.21 a
10		15.09 a	26.27 b	23.12 a	13.01 b
50		14.99 a	24.27 c	21.37 ab	8.55 c
70		13.31 b	20.47 d	20.92 b	6.61 d
0	Diámetro (cm)	1.37 b	3.10 a	3.23 a	2.13 a
10		1.58 ab	2.60 a	3.23 a	1.60 b
50		1.75 a	2.58 ab	2.98 ab	1.33 b
70		1.56 ab	2.42 b	2.67 b	1.60 b
0	Peso fresco (g)	0.605 b	5.603 a	2.957 ab	2.091 a
10		1.395 a	4.389 ab	3.231 a	1.327 b
50		1.076 ab	2.958 b	2.794 ab	1.029 bc
70		0.855 b	3.154 b	2.705 ab	0.539 c
0	Peso seco (g)	0.047 b	0.224 a	0.128 b	0.122 a
10		0.112 a	0.178 ab	0.161 a	0.073 b
50		0.075 ab	0.125 b	0.135 ab	0.054 bc
70		0.068 b	0.101 b	0.143 ab	0.041 c

Promedios seguidos de la misma letra, en las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, p=0.05)

Acumulación de nitratos y fosfatos en el tejido de las plantas de berro hidropónico

En general, las soluciones nutritivas incrementaron el contenido de nitratos en las plantas de berro, los valores significativos fueron propiciados por las soluciones A y B (Cuadro 6). Asimismo, se observa una correlación positiva entre la cantidad de nitratos adicionados a la solución nutritiva (Cuadro 2) y el contenido de nitratos en el tejido de la parte aérea del berro (Cuadro 6). Una mayor concentración de elementos en la solución nutritiva provocó una mayor concentración de nitrógeno en los tejidos de la planta, debido a la mayor adición del

ión NO_3^- .

El contenido de nitrato es asociado con un pobre crecimiento bajo condiciones de poca luz según Reinink (1992). Sin embargo, Anjana (2007) menciona que la acumulación de nitratos en los órganos de las plantas se ve afectados por el ambiente. La concentración del ión fosfato en las plantas de berro mostró diferencias significativas (Cuadro No. 6) y como era de esperarse fue mayor en las plantas cultivadas en soluciones nutritivas.

Cuadro No. 6. Promedios del contenido de nitratos y fosfatos en la plantas de berro por las diferentes soluciones nutritivas.

Solución	NO_3^- (mg kg^{-1})	PO_4^- (mg kg^{-1})
A	9.22 a	4.08 a
B	7.59 a	3.68 a
C	5.25 b	3.23 a
D	2.61 c	1.94 bc

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

CONCLUSIONES

Las soluciones nutritivas influyeron significativamente en todas las variables respuesta durante las diferentes épocas de cosecha.

La mayor altura y diámetro de los tallos de la plantas se obtuvo con las soluciones de mayor contenido de nutrientes, principalmente en la cosechas producidas de junio y septiembre.

El peso fresco y seco de la planta se obtuvo con la solución B para las cosechas de abril, junio y septiembre; en cambio la solución A tuvo mayor efecto para la época de noviembre.

La concentración de nutrientes en las soluciones presentó una relación directa con los nitratos y fosfatos acumulados en las plantas de berro. La mayor concentración de nitratos y fosfatos acumulados en los tejidos de las plantas, se presentó cuando el contenido de nutrientes en las soluciones nutritivas fue mayor.

El 10 % de sombra indujo mayor incremento en la altura de planta, diámetro del tallo, peso seco y fresco.

La producción de berro en comunidades forestales serranas es una tecnología que pueden ser implementada utilizando de manera sustentable los recursos con que cuentan las comunidades, generando nuevos empleos e incrementando los niveles de calidad de vida de la población participante.

Sin embargo es recomendable capacitar al personal periódicamente sobre diversos temas que competen a la producción; como diversificación de cultivos, mejorar las técnicas para las diferentes fases del sistema de producción, etc., así como también en aspectos administrativos y de comercialización para garantizar que la actividad sea permanente, y lograr que su producto sea colocado en un mercado justo.

La conjunción de esfuerzos entre población, autoridades municipales y organizaciones sociales y civiles es fundamental para promover el desarrollo local de las comunidades en condiciones de marginación y pobreza.

LITERATURA CITADA

- Adams, P.** 2004. Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *In*: Urrestarazu, G. M. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi – Prensa. España. pp: 81-11.
- Adams, P.** 1994. Some effects of the environmental on the nutrition of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 366: 405-416.
- Alcántar G., G. y Sandoval V., M.** 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial Núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 156 p.
- Sena Bernabé A, Nogueira Ferraz R. R., Pincinato E., Ferreira Gomes C. C** 2010. Análisis comparativo de los métodos para la detección de parásitos en las hortalizas para el consumo humano. *Rev Cubana Med Trop* 62(1):21-27
- Anjana, S. U.; Muhammand, I. and Abrol, P.** 2007. Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits. *Current Science.* 92 (3): 355-360.
- Berry J and Björkman O:** 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperatura in higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 31: 491-543.
- Castilla, N.** 2005. Invernaderos de plástico Tecnologías y Manejo. Ediciones Mundi Prensa. 457 p.

- Cabanillas, A. G.** 1990. El berro, características y cultivo. Editora Junta de Extremadura, Conserjería de Agricultura, Industria y Comercio. 72 p. Cárdenas-Navarro, R.; Adamowicz, S. and Robin, P. 1999. Nitrate accumulation in plants: a role for water. *Journal of Experimental Botany* 50 (334): 613–624.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., and Youngs, V.L.** 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate plant tissue by nitration of salicylic-acid. *Commun. Soil Sci. and Plant Analysis*. 6: 71-80.
- Cruz, M. S. R.; Vicira, C. M and Silva, L. M. C.** 2006. Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*). *Journal of Food Engineering* 72: 8-15.
- De Chávez, M. M.; Hernández, M. y Roldan, J. A.** 1992. Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Comisión Nacional de Alimentación. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Subirán. México. 30 p.
- Díaz Fernández, R., Garcés Martínez M, Milán Alvarez L, Pérez Lastre J. Millán Marcelo J. C.** 2011. Comportamiento clínico-terapéutico de *Fasciola hepatica* en una serie de 87 pacientes. *Rev Cubana Med Trop* vol. 63 (3): 268-274.
- Ebadollahi Natanzi, A. R.; M.H. Ghahremani, H.R. Monsef Esfehiani, M.B. Minaei, H. Nazarian and O. Sabzevari.** 2010. Evaluation of antihepatotoxic effect of watercress extract and its fractions in rats. *International Journal of Pharmacology*. Vol. 6 (6): 896-902.
- Engelen-Eigles, G., Holden G., Cohen J. D. and Gardner G.** 2006. The Effect of Temperature, Photoperiod, and Light Quality on Gluconasturtiin Concentration in Watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *J. Agric. Food Chem.* 54: 328-334.
- Graves, C. I.** 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5: 1-4.
- Hanafi, A.; Mishriky, J. F and Fand Khalil, M. K.** 2000. Reducing Nitrate accumulation in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants by using different biofertilizer. Cairo University, Egypt. Pp: 509-517.
- Knobeloch, L.; Salna, B; Hogan, A.; Postle, J. and Anderson, H.** 2000. Blue babies and nitrate contaminated well water. *Environ. Health Persp.* 108: 675-678.
- Lara, H. A.** 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *TERRA Latinoamericana* 17(3): 221-229.
- Martínez G., A.** 1996. Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Edit. Trillas, México D.F. 756 p.
- Moroto J., V.** 2000. Elementos de horticultura genera. 2ª edición. Ediciones Mundi-

Prensa. España. pp: 57-59.

Noucetta, K. 2005. ¿Qué hay en nuestra agua? <http://www.eurohydro.com/espagnol/castellano.pdf>

Palaniswamy, U.; McAvoy, R.; Bible, B. 1997. Supplemental light before harvest increases phenethyl isothiocyanate in watercress under 8-hour photoperiod. *HortScience* (32): 222-223

Palaniswamy, U.R. and R.J. McAvoy. 2001. Watercress: A salad crop with chemopreventative potential. *HortTechnology* 11(4):622-626.

Palaniswamy, U. R.; McAvoy, R. J.; Bible, B. B and Stuart, J. D. 2003. Ontogenic variations of ascorbic acid and phenethyl isothiocyanate concentration in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) leaves. *J. Agric. Food Chem.* 51: 5504-5509.

Reinink, K. 1993. Relationship between effects of seasonal change on nitrate and dry matter content in lettuce. *Scientia Hort.* 53: 33-44.

Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi – prensa. Madrid, España. 558 p.

Restrepo, B. L. F. 2007. Diagramas de estructura en el análisis de Varianza. *Rev. Col Cienc Pec* 20: 202-208

Salas M. del C. y Urrestarazu, M. 2004. Método de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo. *In: tratado de cultivo sin suelo.* Ed. Mundi-prensa. p p.161-237.

Santamaria, P.; Elia A., Serio, F.; Todaro, E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in real fresh vegetables. *JSci. Food Agr.* 79: 1882-1888.

Scientific Committee on Food. 1995. Opinion on nitrate and nitrite, annex 4. *Document III(5):* 611-695.

Steel, G. R. y Torrie, H. J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. Ed. McGraw – Hill. Colombia. 622 p.

Steiner, A A. 1968. Soilles culture. *Proceeding of the colloquium of the Internacional Patash Institute.* pp: 324-341.

SAS Institute (1999) SAS/STAT User's guide. Ver. 6. SAS Institute, Inc. Cary, NC 1686 p.

Tognoni, F. 2000. Temperatura. *In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería. Manejo y Operación de invernaderos para la Producción Intensiva d Hortalizas.* Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, s.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp:12-27

Urrestarazu G., M. 2000. Manual de cultivos sin suelo. Ed. Mundi- prensa. España. 250 p.

Van Os E. A. 1999. Closed soilless growing systems: a sustainable solution for dutch greenhouse. *Water Science and Technology* 39(5): 105-112.

Walker, R. 1990. Nitrates and N nitroso compounds. A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Addit. Contam.* 7: 717–768.

Ysart, G.; Miller, P; Barrelet, G.; Farrington, B.; Lawrance, P. and Harrison, N. 1999. Dietary exposures to nitrate in the UK. *Food Addit Contain.* 16: 521-532.

Zhou, Z. Y.; Wang, M. J. and Wang, J. S. 2000. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Rev. Int.* 16: 61-76