

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS A BASE DE
BIOESTIMULANTES Y AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca
sativa* L.) VARIEDAD CAPITATA EN SISTEMA DE TUBULARES, BAJO
INVERNADERO EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS**

EDIMIO VEGA H

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO
2014**

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS A BASE DE
BIOESTIMULANTES Y AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca
sativa* L.) VARIEDAD CAPITATA EN SISTEMA DE TUBULARES, BAJO
INVERNADERO EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS**

EDIMIO VEGA H

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^o del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y METODOS	9
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
ANÁLISIS ECONÓMICO.	19
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
CIBERGRAFIA	24

EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS A BASE DE BIOESTIMULANTES Y AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CAPITATA EN SISTEMA DE TUBULARES, BAJO INVERNADERO EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS¹

EVALUATION OF THREE NUTRIENT SOLUTIONS ON THE BASIS OF BIOSTIMULANTS AND AMINO ACIDS IN THE CROP OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) VARIETY CAPITATA IN TUBULAR SYSTEM, UNDER GREENHOUSE CONDITIONS IN HYDROPONIC

Edimio Vega H.²; German Chaves J.³, Orlando Benavides B.³ Hugo Ruiz E.³,

RESUMEN

La investigación se realizó en el invernadero, del Centro de Investigaciones de CORPOICA localizado a 1° 19' 81" Latitud Norte y 77° 30' 96" Longitud Oeste a una altitud de 2740 msnm y una precipitación promedio de 600 mm/año en la Granja, ubicado en el Corregimiento de Obonuco Municipio de Pasto, Departamento de Nariño; (IGAC 2004).

La metodología a seguir en esta investigación fue evaluar tres soluciones nutritivas en diferentes concentraciones en el cultivo de lechuga en sistema de tubulares en condiciones hidropónicas; los controles correspondieron a FI 275 cm³/100 L agua, RA300 cm³/100 L agua, FL75 cm³ /100 L agua para cada uno, de las cuales se diluyó en 50% consecutivos para obtener de cada solución nutritiva comercial tres tratamientos con tres repeticiones, cada uno con nueve tratamientos, para un total de 27 unidades experimentales.

La Unidad Experimental correspondió a un tubular, de polietileno de color negro calibre 8 de 0.15 m de diámetro, 1.50m de longitud, suspendidos desde una estructura soporte a base de madera y guadua, instalados en orientación vertical, cada uno con 21 plantas, distribuidas en forma lineal desde la base hasta el extremo superior para un total de 567 plantas del ensayo.

1 Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

2 Estudiante, Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, e-mail: evegah22@yahoo.es

3 I. A. M. Sc, Docente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, e-mail: g-ch-j@hotmail.com

3 Profesor Asistente. I. A. M. Sc, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, orlando.benavides2@gmail.com

3 Profesor Asistente. I. A. Ph. D. Docente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, hugoruizeraso@yahoo.es

Se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) mediante la aplicación de un Diseño Irrestringidamente al Azar (DIA) y se utilizó la Prueba de Comparación de Medias de Tukey, para las variables, Altura de Planta (AP), Diámetro de Cabeza (DC), Peso de Planta (PP) y Rendimiento (Rto), cotejando tres soluciones nutritivas a base de Bioestimulantes y aminoácidos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), donde los tres controles fueron las dosis comerciales recomendadas, de cada solución.

Los resultados obtenidos para Rendimiento en kg/m² para Peso de Planta fueron FI 275(cm³/100 L para todos los casos) 3.01 kg/m², RA300 2.91 kg/m², FL 75 2.85 kg/m², RA 150 2,84 kg/m², FI 138 2.84 kg/m² respectivamente que corresponden a los tratamientos altamente significativos, los cuatro tratamientos restantes resultaron estadísticamente no significativos.

Palabras claves: Nutrición, Concentración, fertilización, dosis

ABSTRACT

The investigation was realized in the greenhouse, of the Center of CORPOICA's Investigations located to 1° 19' 81" Latitude North and 77° 30' 96" Length West to an altitude of 2740 msnm and an average rainfall of 600 mm / year in the Farm, located in the Corregimiental of Obonuco Municipality of Pasture, Nariño's Department; (IGAC 2004).

The methodology to continuing in this investigation was to evaluate three nourishing solutions in different concentrations in the culture of lettuce in system of tubular in conditions hidropónicas; the controls corresponded to FI 275 cm³/100 L water, RA300 cm³/100 L waters down, FL75 cm³/100 L it waters down for each one, of which it was diluted in 50 consecutive % to obtain of every nourishing commercial solution three treatments with three repetitions, each one with nine treatments, for a total of 27 experimental units.

The Experimental Unit corresponded to the tubular one, of polyethylene of black color calibrate 8 of 0.15 m of diameter, 1.50m of length, suspended from a structure support based on wood and guadua, installed in vertical orientation, each one with 21 plants distributed in linear form from the base up to the top end for a total of 567 plants of the test.

There was realized an Analysis of Variance (ANDEVA) by means of the application of a Design Irrestrictamente at random (DAY) and there was in use the Test of Comparison of Tukey's Averages, for the variables, Height of Plant (AP), Tip diameter (DC), Weight of Plant (PP) and Performance (Rto), arranging three nourishing solutions based on Bioestimulantes and amino acids in the culture of lettuce (*Lactuca sativa* L.), where three controls were the commercial doses recommended, of every solution.

The results obtained for Performance in kg/m² for Weight of Plant were FI 275 (cm³/100 L for all the cases) 3.01 kg/m², RA300 2.91 kg/m², FL 75 2.85 kg/m², RA 150 2.84 kg/m², FI 138 2.84 kg/m² respectively that correspond to the highly significant treatments, four remaining treatments turned out to be statistically not significant.

Key words: Nutrition, Concentration, fertilization, dose.

INTRODUCCIÓN

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, al parecer procede de la India, y Asia Central, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, (*Lactuca scariola* L.), que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas, siendo las variedades cultivadas actualmente una hibridación entre especies distintas (Valadez, 1989)

La producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Capitata en Invernadero, en condiciones hidropónicas, es un proceso que ofrece ventaja frente al cultivo tradicional, para un mercado cada vez más exigente. El sistema en hidroponía garantiza la producción de forma continua en todas las épocas del año; esta tecnología, es una alternativa recomendable para la agricultura urbana aunque no esté muy difundido debido a su alto costo inicial, por otro lado la importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido a la diversificación de tipos varietales y su correspondiente ingreso al mercado agrícola, eso nos ofrece un reto a lo que se tiene que responder con eficiencia con el uso de las técnicas hidropónicas como la utilización de los tubulares.

El sistema de cultivo en tubulares y el efecto que tienen sobre la producción la utilización de soluciones nutritivas, por debajo de la recomendación comercial de dosificación, pueden arrojar resultados que pueden ser favorables o desfavorables para la recomendación de acuerdo al nivel económico del agricultor (Resh, 2006)

El cultivo a campo abierto presenta un gran riesgo de pérdidas en las cosechas debido, a factores ambientales de control limitado a las plagas y enfermedades que se proliferan a gran escala son restrictivos (Devera *et al* 2006).

Según Turchi (1990), el cultivo de lechuga se debe realizar en invernaderos con posibilidad de manejar las condiciones climáticas, de modo que no haya grandes cambios de temperatura, para este fin sugieren los siguientes límites: después del trasplante 15-16 °C, unos 20 días; después no deberían superarse los 18-22°C durante el día y 10- 13° C por la noche.

En cultivo a campo abierto se pueden presentar parásitos de humanos, sin embargo el sistema de tubulares previene estos riesgos de infección; el diagnóstico de laboratorio de protozoarios y helmintos parásitos de humanos en hortalizas es de gran importancia para la salud pública ya que aporta datos sobre las condiciones higiénicas involucradas en la producción, almacenamiento, transporte y manipulación de estos productos (Devera *et al* 2006).

El objetivo del presente trabajo, fue la evaluación de tres soluciones nutritivas en el cultivo de lechuga, bajo invernadero y en condiciones hidropónicas con diferentes concentraciones de soluciones nutritivas, para llegar a un análisis económico de dicho cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Localización.

La investigación se realizó en el invernadero, del Centro de Investigaciones de CORPOICA el cual se encuentra localizado a 1° 19' 81'' Latitud Norte y 77° 30' 96'' Longitud Oeste y una precipitación promedio de 600 mm/año, a una altitud de 2740 msnm ubicado en el Corregimiento de Obonuco Municipio de Pasto, Departamento de Nariño (IGAC 2004).

La lechuga por ser una planta de propagación sexual, la adquisición de la semilla se hizo en un almacén de insumos agrícolas en la ciudad de Pasto; la semilla se sembró bajo condiciones de semillero para su germinación, con toda la asistencia que este proceso requiere, donde las plántulas permanecieron hasta la formación de tres hojas verdaderas (10 cm aprox).

Se procedió al trasplante en los tubulares, en los cuales previamente se practicaron orificios de 7 cm de diámetro y una profundidad de 7 cm a 20 cm entre plantas y 20 cm entre surcos con tres surcos de 7 plantas en orientación lineal paralela a razón de 21 plantas por cada tubular, en distribución separado a 40 cm de distancia entre hileras de tubulares y 40 cm entre tubulares.

Los tubulares de polietileno color negro calibre 8 de 15cm de diámetro, con longitud 1.50 m, los cuales se llenaron con cascarilla de arroz previamente lavada y desinfectada y se instalaron en orientación vertical suspendidos desde una estructura soporte a base de madera y guadua.

El cultivo se estableció sobre cascarilla de arroz como sustrato, por sus buenas cualidades de resistencia mecánica y permeabilidad de agua y nutrientes, que favorecen el cultivo; el sustrato se procedió al lavado y desinfección con una solución de formol al 3% y se mantuvo tapado durante 7 días para que el reactivo actúe adecuadamente, luego se procedió a llenar los tubulares, preparados para tal fin (Gutiérrez 1994).

Sabiendo que del sistema de siembra dependen las labores culturales, se implementó la nutrición con soluciones nutritivas a base de bioestimulantes y aminoácidos cada tres días a través de microtubulos de 0.16 pulgadas alimentados por el tubo matriz de 2 pulgadas de diámetro conectado al tanque de alimentación con la solución

Labores culturales. Para la obtención de las plántulas, las semillas se sembraron en germinador en estructura de concreto de 0.90m x 3.70m con suelo estéril; durante la etapa del semillero y hasta la emergencia de las plántulas, cuando estas alcanzaron 10 cm de altura se procedió a hacer el trasplante al sitio definitivo de 21 plantas por tubular, en 27 tubulares, para un total de 567 plantas.

Para el riego se calibró el caudal en tiempo, utilizando un piezómetro, una probeta y un cronómetro en nueve puntos del sistema antes de la entrada de los microtúbulos a los tubulares

estableciendo la lámina de agua a aplicar, donde se midió la cantidad de gotas por minuto debiendo aplicarse 2 litros por cada ciclo de riego (diario) para cada Unidad Experimental para un total de 50 litros/riego.

La solución nutritiva se suministró cada dos días, por el extremo superior y la parte media de los tubulares para asegurar la uniformidad, que circula por gravedad; después del recorrido de la solución a través de todo el tubular, el excedente se colectó por el extremo inferior, hacia un depósito. Este residuo fue de mínima cantidad por lo que no se reutilizó ya que se calcularon los caudales exactos respecto al tiempo de riego de la solución por área.

Cuadro 1 Mapa de campo con la distribución de los tratamientos con las soluciones nutritivas en el cultivo de lechuga Lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Capitata en sistema de tubulares bajo invernadero en condiciones hidropónicas

Fi 138	Fl 75	Fi 275	Fi 19	Ra75	Fl 38	Fi 275	Fi 69	Ra 150
Fl 38	Ra 300	Fi 138	Ra 75	Fi 69	Fl 75	Fi 138	Ra 300	Fi 275
Ra 75	Fi 69	Fi 19	Fl 38	Ra 150	Fi 19	Ra 300	Ra 150	Fl 75

Fi: Fitomere, Fl: Florone, Ra: Razormin, aplicados en $\text{cm}^3/100\text{l}$ de agua para todos los casos

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las variables evaluadas se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA) donde se utilizó el programa InfoStat versión 2007d con probabilidad menor o igual a 0.05 y la prueba de comparación de Tukey al 5%,

Se utilizó un Diseño Irrestringidamente al Azar (DIA) en el cual se evaluaron tres soluciones nutritivas, cada una con tres dosis de los nutrientes para un total de 9 tratamientos con tres repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales. La unidad experimental correspondió a un tubular, cada una con 21 plantas de lechuga, distribuidas en hileras desde la base hasta la parte superior para un total de 567 plantas.

Cuadro 2 Tratamientos correspondientes a la solución y su concentración en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Capitata en sistema de tubulares bajo invernadero en condiciones hidropónicas.

N° Tram	Soluciones	Dosis
T1	Fitomare control	275 cm ³ /100 l agua
T2	Fitomare	138 cm ³ /100 l agua
T3	Fitomare	69 cm ³ /100 l agua
T4	Razormin control	300 cm ³ /100 l agua
T5	Razormin	150 cm ³ /100 l agua
T6	Razormin	75 cm ³ /100 l agua
T7	Florone control	75 cm ³ /100 l agua
T8	Florone	38 cm ³ /100 l agua
T9	Florone	19 cm ³ /100 l agua

Fuente: Esta investigación

Cuadro 3 Contenido porcentual de N total, N orgánico, P₂O₅, K₂O, B y Mo de las soluciones nutritivas a base de bioestimulantes y aminoácidos evaluados en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. Capitata en sistema de tubulares bajo invernadero en condiciones hidropónicas.

Soluciones	Composición % p/p					
	N total	N org	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Mo
Fitomare	5.5	1	3.0	3.5	0.35	0.2
Razormin	4	2.1	4	3	0.1	0.01
Florone	1	0.4	10	10	0.25	0.20

Fuente: Atlántica, agricultura natural

Se utilizó tres soluciones nutritivas a base de bioestimulantes y aminoácidos (cuadro 3) de fácil consecución en el mercado, teniendo en cuenta la recomendación comercial como control para los tres casos y en una proporción de 50% por debajo en dos fracciones consecutivas para cada uno de los fertilizantes. El área útil de todo el cultivo fue de 24.30 m² para 567 plantas y del 50% de las plántulas (Muestras) fue de 12.15 m²

Respecto a la dosificación Vera (2008), en la adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa*) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante, encontró que con dosis menores en el 50% de lo recomendado comercialmente que la dosificación comercial con rendimientos de 26 t.ha⁻¹ y 27 t.ha⁻¹ respectivamente.

Mujica y Cordero (2008) en el cultivo hidropónico de lechuga: Una experiencia pedagógica creativa aplicaron la fertilización cada tres días, de elementos mayores y menores de acuerdo a

los requerimientos del cultivo y encontraron rendimientos de hasta 28 t.ha^{-1} ; en el presente caso los tiempos de aplicación de los fertilizantes fueron cada dos días durante todo el ciclo del cultivo.

EVALUACION.

Altura de las plantas (AP).- Durante el ensayo se hicieron las mediciones periódicas cada 10 días iniciando 25 días después del trasplante hasta la cosecha, para establecer la altura total de la parte aérea de la planta en cada uno de los tratamientos, determinando la variación en la altura acorde a la formación de cabeza, expresando los resultados en cm/planta en 10 plantas /tratamiento.

Diámetro de cabeza (DC).- Para establecer los diámetros de las cabezas, se utilizó una cinta métrica en el anillo ecuatorial de la arquitectura de la planta, desde la formación de cabeza a los 25 días después del trasplante, hasta la cosecha en cuatro muestras por tratamiento, cada diez días.

Peso de planta (PP).- Al finalizar el ensayo (cosecha de las cabezas) se tomaron los pesos de 10 plantas por tratamiento (el 50% de la Unidad Experimental que es representativo) para establecer los promedios correspondientes y se consignaron los datos para su respectivo proceso.

Rendimiento y Análisis económico (Rto).- Para establecer el rendimiento del cultivo se hicieron los cálculos tomando como base la variable inmediatamente anterior, expresando los resultados en kg /m^2 con lo que se estableció un balance en el costo de producción; teniendo en cuenta el presupuesto total de precios que el sistema de tubulares ofrece en cada uno de los tratamientos.

Se hizo un análisis económico de presupuesto de costo, donde se anotó costos variables, fijos, que incluyen las labores culturales; para obtener el parámetro de relación beneficio /costo se empleó la siguiente fórmula: $B/C = \text{Ingresos totales} / \text{Costos totales}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Análisis de varianza realizado para las variables Peso de Planta (PP) y Rendimiento (Rto) presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para Altura de Planta (AP), Diámetro de Cabeza (DC), no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 3) en los 9 tratamientos evaluados.

Cuadro 4 Análisis de Varianza para las variables, Altura de Planta (AP), Diámetro de Cabeza (DC), Peso de Planta (PP) y Rendimiento (Rto), evaluadas con tres soluciones nutritivas y sus dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

F. V.	G L	C. M.			
		A. P. Cm	D. C. Cm	P. P. Kg	Rto kg/trat
Modelo	8	8,17 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0.0045 ^{**}	1,45 ^{**}
S. Nutritiva	8	8,17 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0.0045 ^{**}	1,45 ^{**}
Error	18	2,33	0,78	0.000052	0,03
Total	26				

Diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

ns: No significativo. **Altamente Significativo

Cuadro 5 Prueba de Comparación de Medias para las variables Altura de Planta (A.P.), Diámetro de Cabeza (D.C.), Peso de Planta (P.P.) y Rendimiento (Rto), evaluadas con tres soluciones nutritivas y en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Tratamientos		Medias			
Solución	Concentraciones	A.P. Cm	D. C. Cm	P. P. kg	Rto kg/m ²
Fitomare control (FI)	275 cm ³ /100 L agua	18.10 a	13.70 a	0.35a	3,01 a
Razormin control (RA)	300 cm ³ /100 L agua	14.98 a	12.87 a	0,34a	2,91 a
Florone control (FL)	75 cm ³ /100 L agua	14.11 a	13.07 a	0.33ab	2,85 ab
Razormin (RA)	150 cm ³ /100 L agua	15.43 a	14.01 a	0.33ab	2,84 ab
Fitomare (FI)	138 cm ³ /100 L agua	17.21 a	13.21 a	0.33ab	2,84 ab
Florone (FL)	38 cm ³ /100 L agua	14.52 a	13.92 a	0,31b	2,68 b
Razormin (RA)	75 cm ³ /100 L agua	15.34 a	13.55 a	0,28c	2,45 c
Fitomare (FI)	69 cm ³ /100 L agua	15.96 a	13.22 a	0,28c	2,39 c
Florone (FL)	19 cm ³ /100 L agua	14.73 a	13.49 a	0,23d	2,28 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

La Prueba de Comparación de Medias de Tukey (Cuadro 4) indica que al utilizar las tres soluciones nutritivas con las dosis de control, los cuales son de recomendación comercial y la

utilización de Razormin y Fitomare a la mitad de la dosis comercial son los requerimientos nutricionales que demanda la lechuga para alcanzar los pesos adecuados y teniendo en cuenta en el cultivo de la lechuga variedad Capitata para el presente estudio.

De acuerdo al Análisis de la Prueba de Comparación de Medias (Cuadro 4), el rendimiento de la lechuga en kg/m^2 en orden descendente fueron Fitomare control 275 $\text{cm}^3/100$ L agua 3.01 kg/m^2 , Razormin control 300 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.91 kg/m^2 , Florone control 75 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.85 kg/m^2 , Razormin 150 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.84 kg/m^2 , Fitomare 138 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.84 kg/m^2 , los que presentan diferencias estadísticas significativas.

Por lo anterior resultaría lo mismo utilizar cualquier dosis de fertilización de los que presenten diferencias estadísticas significativas debido a que resultaron también eficientes en cuanto a producción pero difieren de los tratamientos con menor producción que no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a los de mayor producción.

La prueba de Tukey para Comparación de Medias (Cuadro 3) para las variables Peso de planta y Rendimientos mostraron diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos con base en los bioestimulantes y aminoácidos.

Peso de planta (P.P.).- Para esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos, Fitomare control 275 $\text{cm}^3/100$ L agua 3.01 kg/m^2 , Razormin control 300 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.91 kg/m^2 , Florone control 75 $\text{cm}^3/100$ L agua 2,85 kg/m^2 , Razormin 150 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.84 kg/m^2 , Fitomare 138 $\text{cm}^3/100$ L agua 2,84 kg/m^2 con las mayores producciones respectivamente, frente a los que no mostraron diferencias estadísticas con los tratamientos Florone 38 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.68 kg/m^2 , Razormin 75 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.45 kg/m^2 , Fitomare 69 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.39 kg/m^2 , Florone 19 $\text{cm}^3/100$ L agua 2.28 kg/m^2

Lo anterior indica que al utilizar las soluciones nutritivas en las dosis comerciales recomendadas Fitomare 275 $\text{cm}^3/100$ L agua, Razormin 300 $\text{cm}^3/100$ L agua, Florone 75 $\text{cm}^3/100$ L agua y la utilización de Razormin 150 $\text{cm}^3/100$ L agua y Fitomare 138 $\text{cm}^3/100$ L agua, alcanzan los mayores pesos de planta, lo cual permite señalar que las dosis comerciales están dentro de los requerimientos nutricionales que necesita la lechuga.

Arcos y Benavides, (2010) obtuvieron la mayor acumulación de biomasa promedio en el tratamiento 4 con 464.10 g y 529.85 g, utilizando ladrillo molido como sustrato y 6 gramos de elementos mayores y 6 de elementos menores, resultando estos valores mayores que lo encontrado en el presente ensayo, con 3.01 kg/m², 2,91 kg/m², 2,85 kg/m², 2,84 kg/m², 2,84 kg/m² para los tratamientos con los mayores rendimientos (Cuadro 4)

Lo anterior se puede corroborar según lo manifestado por Guerrero y Revelo (2012) con 200 plantas en 10 m² y con producciones de 0.39 kg por planta equivalente a 3.9 kg/m² con rendimientos cercanos a los encontrados en la presente investigación donde se obtuvo 567 plantas en 24.30 m² equivalente a 3.01 kg/m² (Cuadro 4)

Lara y Vallejo (2009) en cultivo en condiciones de campo, reportaron que la aplicación de 150 kg/ha de urea, 50 kg/ha de SPT y 250 kg/ha de KCL mostraron los mayores incrementos en peso de cabeza de lechuga de hasta 390 gramos por planta frente a 3.01 kg/m² cercano a los encontrados en esta investigación.

Alvarado, *et. al* (2001) en la producción de lechuga en un sistema de raíz flotante encontraron que el peso de la lechuga llegó a 114 gramos por planta a los 32 días después del trasplante análogos a los encontrados en el presente estudio con valores entre 2.84 kg/m² y 2.84 kg/m². (Cuadro 4)

Sàbada *et al* (2010) afirman que el peso medio de las lechugas tiene poca variación en los distintos sistemas, balsa, NFT, bancadas, suelo, etc., debido a que el ensayo está planteado para conseguir lechugas de tamaño similar en todas las plantaciones, de forma, que se va controlando el peso y aspecto de las lechugas, hasta que se consiguen el objetivo de piezas con pesos comprendidos entre 450 y 500 gramos aproximadamente

Rendimiento.- En el presente caso, el área por tratamiento equivale a 2.7 m² y las concentraciones dadas en cm³/100 L agua; para el tratamiento con Ftiomare control 275 se obtuvo una producción de 3.01 kg/m², Razormin control 300 2.91 kg/m², Florone control 75 2.85 kg/m², Razormin 150 2.84 kg/m², Fitomare 138 2.84 kg/m² lo cual es equivalente a 30.10

t.ha⁻¹, 29.110 t.ha⁻¹, 28.510 t.ha⁻¹, 28.400 t.ha⁻¹, 28.400 t.ha⁻¹ para los cinco primeros tratamientos que resultaron ser los mejores respectivamente (Cuadro 5)

Cuadro 6 rendimientos reales y proyectados en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) evaluadas con tres soluciones nutritivas y en condiciones hidropónicas bajo invernadero

Soluciones	Tratamientos	Rendimientos				
		Reales	Proyectados			
		kg/m ²	kg/2.7m ²	kg/1000 m ²	kg/ha	t.ha ⁻¹
Fitomare control	275 cm ³ /100 L agua	3.01	8.127	3.010	30.100	30.10
Razormin control	300 cm ³ /100 L agua	2.91	7.86	2.911	29.110	29.11
Florone control	75 cm ³ /100 L agua	2.85	7.70	2.851	28.510	28.51
Razormin	150 cm ³ /100 L agua	2.84	7.67	2.840	28.400	28.40
Fitomare	138 cm ³ /100 L agua	2.84	7.67	2.840	28.400	28.40

Además se presentan los rendimientos reales y proyectados en kg/m², kg/2.7m², kg/1000 m², kg/ha y t.ha⁻¹ para una mejor visualización económica del proyecto (Cuadro 6)

Según el Análisis de medias (Cuadro 5) de la producción de lechuga en kg/m² indica que existen diferencias estadísticas entre sistemas de fertilización a nivel del 0.05% de probabilidad estadística indicando que las mayores producciones se obtuvieron al utilizar Fitomare control 275 cm³/100 L agua 3.01 kg/m², Razormin control 300 cm³/100 L agua 2.91 kg/m², Florone control 75 cm³/100 L agua 2.85 kg/m², Razormin 150 cm³/100 L agua 2.84 kg/m² y Fitomare 138 cm³/100 L agua 2.84 kg/m²

En este sentido es lo mismo utilizar Fitomare 275 control, Razormin 300 control, Florone 75 control, Razormin 150, Florone 138 (cm³/100 L agua en todos los casos) que tienen diferencias estadísticamente significativas.

Resultados que van acorde con lo encontrado por Guerrero y Revelo (2012) en la evaluación de dos sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz, quienes encontraron una producción que oscila entre 22 a 26 tn/ha frente a 26.96 t/ha promedio encontrada en la presente evaluación.

Lo anterior corrobora lo encontrado por Arcos y Benavides, (2010) al evaluar dos sustratos y dos dosis de fertilización con una solución nutritiva comercial en lechuga, determinando que los

tratamientos con menor dosis de 3 gr de elementos mayores y 3 de elementos menores por litro de agua, con granzón de arena y ladrillo molido, mostraron mejor comportamiento con los tratamientos dos y cuatro con mejores rentabilidades con 28% y 85 % respectivamente.

Por otro lado Bravo *et al* (2009) evaluando tres fuentes de fosforo como DAP (18-46-0), MAP (10-50-0) y DAP AVAIL recubierto con maleico itacónico copolímero P_2O_5 /ha aplicado en cuatro dosis de 0, 50, 100 y 150 kg de P_2O_5 / ha, en cultivo de lechuga a campo abierto, encontraron que las lechugas fertilizada con MAP en dosis de 100 kg de P_2O_5 / ha presentaron mayores rendimientos con 27 t.ha^{-1} respecto a los demás fertilizantes.

Según Castilla, (2007) la densidad de siembra está recomendada 14 a 15 mil plantas por hectárea que equivale a 1.5 plantas/m^2 , sin embargo con el sistema de tubulares se llegó a ajustar la densidad de siembra a 20 cm entre plantas con lo que se obtuvo 21 plantas en 1 m^2 comprendido en el tubular; cabe resaltar que en la presente investigación se evaluó solamente hasta la primera producción.

Ojeda, (1995), al hacer una evaluación de cultivo de lechuga bajo cubierta obtuvo un rendimiento de 27.2 t.ha^{-1} , para el cultivo en suelo, catalogado como bueno en condiciones nutricionales.

Lasso y Álvarez (2012) por su parte encontraron en la fertilización con azufre y magnesio en brócoli cultivado en suelo indican que la fertilización con magnesio incrementó visiblemente la cabeza de la pella en brócoli mostrando que la aplicación de este elemento favorece la acumulación de biomasa en esta planta de 3.2 kg/m^2 frente a 3.01 kg/m^2 obtenido en el presente estudio.

Además, otro factor en la producción de lechuga es la luminosidad dentro del invernadero que interviene en la fotosíntesis y el fotoperiodismo, fototropismo, crecimiento de los tejidos, la floración y en la maduración de los frutos, a medida que aumenta la luminosidad en el interior del invernadero hay que aumentar la temperatura, la humedad relativa y el CO_2 para obtener el máximo rendimiento en la fotosíntesis (Resh 2006)

Para Acuña, (2009), la temperatura es una variable muy importante no solo como condición climática para el desarrollo de los cultivos sino que incide en el comportamiento del flujo de aire en el interior del invernadero, pues de ella depende la densidad del aire y por lo tanto el flujo másico de la renovación de este.

ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para el presente análisis los cálculos de la durabilidad del sistema (con durabilidad de tres años aprox.) y aplicando una depreciación anual y el interés al capital invertido para los accesorios y la motobomba; los rendimientos están calculados para un ciclo en m^2 y con una proyección para $1000 m^2$; la producción de lechuga en tubulares con un área de $0.90 m^2$ cada uno y por cada tratamiento corresponde a $2.7 m^2$ para un total de 9 tratamientos con $24.30 m^2$

La demanda de tecnología y por ende la aceptación y adopción de la misma por parte de los productores, depende, en gran medida, de los aspectos económicos relacionados con la escasez o abundancia relativa de los recursos productivos que se manifiesta a través de sus precios relativos y costos (Castilla 2007).

De acuerdo a Sàbada (2008), en un cultivo de lechuga tradicional en suelo, los trabajos de preparación, plantación, recolección y limpieza posterior, además de los relacionados con la preparación del suelo, pueden suponer más del 80 % del trabajo total, en cualquiera de los ciclos del cultivo.

Para iniciar la discusión de este tema, trataremos con el experimento terminado, de cuyos resultados existe un interés en realizar una comparación de un determinado tratamiento contra un testigo, sus costos pueden haber resultado mayores, iguales o menores que los del testigo, los rendimientos del tratamiento pueden, a su vez, ser mayores, iguales o menores que los del testigo, y esta diferencia puede haber sido definida como estadísticamente diferente de cero, o no, para un determinado nivel de probabilidad de error (o de significancia).

En el cuadro 6 se observa que durante el primer ciclo de producción, la rentabilidad es negativa debido a que la relación ingreso costo aun no ha logrado su punto de equilibrio, toda vez que los costos totales en el inicio de esta investigación son superiores a los rendimientos obtenidos.

Cuadro 7 Costos fijos y variables para la producción de lechuga/ m² y proyectado para 1000 m² en el corregimiento de Obonuco Municipio de Pasto, Nariño.

COSTOS FIJOS	VALOR		PROYECCIÓN 1000 m ²	
	PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL
MAT PARA ESTABLEC		\$214.650		\$7.886.831,28
Plástico Negro	46.650		1.919.753,09	
Guaduas y Tablas	40.000		1.646.090,53	
Mangueras	57.200		2.353.909,47	
Tanques	18.000		740.740,74	
Accesorios	12.800*		526.748,97	
Motobomba	2.000*		82.304,53	
Grapas	10.000		411.522,63	
Servicio de Agua	5.000		205.761,32	
TOTAL COSTOS FIJOS		\$214.650		\$7.886.831,28
COSTOS VARIABLES	VALOR			
	PARCIAL	TOTAL		
INSUMOS		\$200.600		\$ 8.255.144,03
Semillas	28.600		1.176.954,73	
Cascarilla de Arroz	84.000		3.456.790,12	
Soluciones Nutritivas	83.000		3.415.637,86	
Formol	5.000		205.761,32	
M. DE OBRA (\$15.000 Jornal)		\$343.125		\$14.120.370,37
Establecimiento Estructura	45.000		1.851.851,85	
Siembra Semillero	15.000		617.283,95	
Siembra Tubulares	30.000		1.234.567,90	
Aplicación de Fertilizantes	84.375		3.472.222,22	
Riego	168.750		6.944.444,44	
TRANSPORTE		\$198.000		\$198.000
TOTAL COSTOS VARIABLES		\$741.725		\$22.573.514,4
TOTAL COSTOS ANTES DE IMPREVISTOS		\$956.375		\$30.460.345,68
IMPREVISTOS		\$47.819		\$1.523.017,28
TOTAL COSTOS		\$1.004.194		\$31.983.362,96

Cuadro 8 Costos para la producción de lechuga/ m² y proyectado para 1000 m² en el corregimiento de Obonuco Municipio de Pasto, Nariño.

CONCEPTO	UNID	CANT.	COSTOS \$		PROYECCION 1000 M ²		
			UNIT.	TOTAL	CANT.	UNIT.	TOTAL
MATERIALES PARA ESTABLECIMIENTO							
Plástico Negro	M	5.4	10367	46.650	222,22	10367	2.303.777,78
Guaduas y Tablas	Unid	10	4000	40.000	411,52	4000	1.646.090,53
Mangueras	M	41	1395	57.200	1.687,24	1395	2.353.703,70
Tanques	Unid	9	2000	18.000	370,37	2000	740.740,74
Accesorios	Unid	20	640	12800*	823,05	640	526.748,97
Motobomba	Unid	1	25000	25000*	41,15	25000	1.028.806,58
Grapas	Caja	2	5000	10.000	82,30	5000	411.522,63
Servicio de Agua	Litro	4860	1,028	5.000	200.000,00	1,028	205.600,00
Subtotal			48403	214650		48403,028	9.216.990,95
INSUMOS							

Semillas	Sobre	8	3500	28600	329,22	3500	1.152.263,37
Cascarilla de Arroz	Bulto	3	32333	84.000	123,46	32333	3.991.728,40
Fitomare	Litro	1	35.000	35.000	41,15	35.000	1.440.329,22
Razormin	Litro	0,25	22.000	22.000	10,29	22.000	226.337,45
Florone	Litro	0,25	26.000	26.000	10,29	26.000	267.489,71
Formol	Litro	0.5	2500	5000	20,58	2500	51.440,33
Subtotal			104.041	200.600		121.333	7.129.588,48
MANO DE OBRA (\$15.000 Jornal)							
Establecimiento Estruc	Jornal	3	15.000	45.000	123,46	15000	1.851.851,85
Siembra Semillero	Jornal	1	15.000	15.000	41,15	15000	617.283,95
Siembra Tubulares	Jornal	2	15.000	30.000	82,30	15000	1.234.567,90
Aplic. de Fertilizantes	Hora	45	1.875	84.375	1.851,85	1875	3.472.222,22
Riego	Hora	90	1.875	168750	3.703,70	1875	6.944.444,44
Subtotal			48.750	343.125		48.750	14.120.370,37
TRANSPORTE	Viaje	180	1.100	198.000	180	1100	198000
Subtotal				198.000			198000
TOTAL COSTOS ANTES DE IMPREVISTOS				956.375			
Imprevistos	-	-	52.954	47.819			
Totales			255.248	1.004.194			

Cuadro 9 Análisis de costos e ingresos en la producción de lechuga/tratamiento en kg para un ciclo de cultivo

Param Tratam	COSTO (\$)			P. V. (\$)	Pro/ Kg	INGRESO (\$)		Rent (%)	Rel B/C	
	Fijo	Var	Total			Brut	Neto			
T1	FI 275	23.850	90.172	114.022	1.500	24,39	36.585	-77.437	-67,91	0,32
T2	RA300	23.850	90.172	114.022	1.500	23,03	34.545	-79.477	-69,70	0,30
T3	FL 75	23.850	90.172	114.022	1.500	19,41	29.115	-84.907	-74,47	0,26
T4	RA150	23.850	85.838	109.688	1.500	23,63	35.445	-74.243	-67,69	0,32
T5	FI138	23.850	85.838	109.688	1.500	23,04	34.560	-75.128	-68,49	0,32
T6	FL38	23.850	85.838	109.688	1.500	19,88	29.820	-79.868	-72,81	0,27
T7	RA75	23.850	87.171	111.021	1.500	23,09	34.635	-76.386	-68,80	0,31
T8	FL 69	23.850	87.171	111.021	1.500	21,71	32.565	-78.456	-70,67	0,29
T9	FL 19	23.850	87.171	111.021	1.500	18,55	27.825	-83.196	-74,94	0,25

Fuente: esta investigación; Fitomare (FI), Razormin (RA), Florone (FL)

Para todos los tratamientos las unidades de concentración fueron en $\text{cm}^3/100 \text{ L agua}$,

Cuadro 10 Análisis de costos e ingresos en la producción de lechuga/tratamiento en kg proyectado para cuatro ciclos de cultivo.

Param	COSTO (\$)			P. V. (\$)	Pro/ Kg	INGRESO (\$)			Rent	Rel
	Fijo	Var	Total			Brut	Brut* 4	Neto		

Tratam								Ciclo		(%)	B/C
T1	FI 275	23.850	90.172	114.022	1.500	24,39	36.585	146.340	32.318	28,34	1,28
T2	RA300	23.850	90.172	114.022	1.500	23,03	34.545	138.180	24.158	21,19	1,21
T3	FL 75	23.850	90.172	114.022	1.500	19,41	29.115	116.460	2.438	2,14	1,02
T4	RA150	23.850	85.838	109.688	1.500	23,63	35.445	141.780	32.092	29,26	1,29
T5	FI138	23.850	85.838	109.688	1.500	23,04	34.560	138.240	28.552	26,03	1,26
T6	FL38	23.850	85.838	109.688	1.500	19,88	29.820	119.280	9.592	8,74	1,09
T7	RA75	23.850	87.171	111.021	1.500	23,09	34.635	138.540	27.519	24,79	1,25
T8	FL 69	23.850	87.171	111.021	1.500	21,71	32.565	130.260	19.239	17,33	1,17
T9	FL 19	23.850	87.171	111.021	1.500	18,55	27.825	111.300	279	0,25	1,00

Fuente: esta investigación; Fitomare (FI), Razormin (RA), Florone (FL)

Para todos los tratamientos las unidades de concentración fueron en $\text{cm}^3/100$ L agua,

De acuerdo al análisis económico que se hizo se encontró que el Razormin $150 \text{ cm}^3/100$ L agua y Fitomare $275 \text{ cm}^3/100$ L agua mostraron mayores rendimientos con -67.69% y -67.91% respectivamente, seguido de Fitomare $138 \text{ cm}^3/100$ L agua y Razormin $75 \text{ cm}^3/100$ L agua con -68.49% y -68.80% respectivamente, Razormin $300 \text{ cm}^3/100$ L agua con -69.70% de donde se concluye que se tiene tendencias similares en cuanto a la relación Costo/Beneficio con 0.32 y 0.32 pesos 0.32 y 0.31 pesos, con lo cual se puede concluir que estos cuatro primeros tratamientos son los más recomendables con base en esta investigación realizado en condiciones hidropónicas (Cuadro 9)

Si el comportamiento de la producción se mantiene en condiciones óptimas se espera una rentabilidad de $26.0328.34$ y 29.26 por ciento para los más altos que corresponden a los tratamientos FI138, FI 275 RA150 respectivamente (Cuadro 10)

CONCLUSIONES

Los bioestimulantes Fitomare Razormin y Florone con sus respectivas dosis estudiadas no presentaron efecto sobre la altura de plantas y diámetro de cabeza de la lechuga.

Fitomare en dosis de $275 \text{ cm}^3/100$ L de agua y Razormin control en dosis de $300 \text{ cm}^3/100$ L de agua presentaron los mayores pesos de plantas y la mejor producción de lechuga

La mayor rentabilidad se encontró con Razormin $150 \text{ cm}^3/100$ L de agua y Fitomare $275 \text{ cm}^3/100$ L de agua.

RECOMENDACIONES

El sistema de tubulares es recomendable para el cultivo de lechuga pero para las variedades que no sean exigentes en formación de cabeza, ya que la dispersión de las hojas es un factor

parcialmente limitante por el gasto de energía en el desarrollo de la planta durante el ciclo productivo.

En el cultivo en tubulares se debe dejar al menos 20 cm de distancia en la parte superior del tubular para asegurar la humedad de las plantas en esta sección

En la implementación es de recordar la ubicación de una manguera matriz paralela a los tubulares y luego hacer las derivaciones para cada planta utilizando los microtúbulos, para asegurar que las plantas tengan el agua para cubrir sus requerimientos.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA J. 2009. Control Climático en Invernaderos, Universidad Nacional de Colombia, Opciones Graficas Editores Ltda. Bogotá D. C., p 32 (a)

ARCOS B. y BENAVIDES L. 2010. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactua sativa* L. Universidad de Nariño, Trabajo de grado Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, pg. 12, Ingeniero Agrónomo.

BRAVO S., PASPUR C. y JAMES A. 2009. Evaluación de la fertilización con fosforo en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el altiplano de Pasto Nariño, Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Pasto, pg. 12, Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo.

CASTILLA N. 2007. Invernaderos de Plástico Tecnología y Manejo, 2º ed. Ed Mundi-Prensa Madrid (España) p 66.

DEVERA, R., BLANCO Y. y GONZALEZ, H. 2006. Parásitos intestinales en lechugas comercializadas en mercados populares y supermercados de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela. *Rev. Soc. Ven. Microbiol.*, , vol. 26, no. 2, p.100-107. ISSN 1315-2556.

GUERRERO M. y REVELO J. 2012. Evaluación de tres sustratos en la producción de lechuga en la finca Lope SENA, Pasto Nariño, Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Pasto, pg. 12, Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo)

GUTIERREZ I. 1994. Cultivos hidropónicos, Ediciones Culturales V.E.R. Ltda, Bogotá Colombia vol 20 p 344.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento de Nariño. Pasto Colombia. CDR

LARA M. y VALLEJO Z. 2009. Respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var Capitata a la aplicación de fuentes simples de NPK en dos zonas del altiplano de Pasto, Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Pasto 2009, pg. 49, Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo.

LASSO A. y ALVARES M. 2012. Fertilización con azufre y magnesio en brócoli *Brassica oleracea* Var. *Italica* L sobre suelo vitric Haplustand y Typic Distrandep del altiplano de Pasto, Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Pasto 2012, pg. 49, Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo.

MUJICA H. y CORDERO R. 2008, EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA: Una experiencia pedagógica creativa, Universidad Pedagógica Experimental Libertador (Núcleo Barquisimeto), Venezuela, p. 19

OJEDA L. 1995. Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo cubierta mediante el uso de tensiómetros, Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Pasto, pg. 49, Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo.

RESH H. 2006. Cultivos Hidropónicos, 5 ed., Ed. Mundi - Prensa; Madrid (España), p 400

TURCHI A. 1990. Guía Práctica de Horticultura, CEAC, S. A. Barcelona (España) 2° ed, p 104

VALADEZ A. 1989. Producción de Hortalizas, Limusa; México D. F., p. 149

CIBERGRAFIA

ALVARADO D. MALAGA O., CHAVEZ F., WILHELMINA K. et al 2001. [http://www.up.pe.edu.pe/carrera administración / SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/ Editform/ 11ec](http://www.up.pe.edu.pe/carrera_administración/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/Editform/11ec) hugh. Pdf, Consultado 30 de enero de 2013

SÀBADA S., DEL CASTILLO J., ASTIZ M., SANZ DE GALDEANO J., AMAYA U. y

AGUADO G. 2008. <http://www.navarraagraria.com/n170/arhile.pdf>. Consultado 30 de enero de 2013

VERA J. 2008. Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de

Babahoyo.<http://repositorio.utb.edu.ec:8080/bitstream/123456789/1087/1/tesis%20de%20lechuga%20hiroponica.pdf>. Consultado 30 de enero de 2013