

RESPUESTA DE LA LECHUGA *Lactuca sativa* L. var. Batavia A LA APLICACION DE FUENTES SIMPLES DE N -P- K EN DOS ZONAS DEL ALTIPLANO DE PASTO*

THE RESPONSE OF LETTUCE *Lactuca sativa* L. var. Batavia TO THE IMPLEMENTATION OF SOURCES SIMPLE N- P-K IN TWO ZONES IN THE ALTIPLANO OF PASTO

Mónica Lara C. **, Zayda Vallejo R** y Jairo Mosquera G.***

RESUMEN

La investigación se realizó en dos zonas correspondientes a los Corregimientos de Catambuco y Gualmatán del altiplano de Pasto, se estudio la respuesta de la lechuga *Lactuca sativa* L. var. Batavia a la aplicación de fuentes simples Urea (46% N), Superfosfato triple (SPT, 46% P₂O₅) y Cloruro de potasio (KCl, 60% K₂O), en dosificaciones de 50 Kg ha⁻¹, 150 Kg ha⁻¹ y 250 Kg ha⁻¹, estableciendo las necesidades de N-P-K en cuanto a la fertilización de la lechuga. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar en arreglo de parcelas subdivididas, para un total de nueve tratamientos, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Peso (kg), Diámetro (cm), Firmeza (kg/cm²), Rendimiento (ton ha⁻¹) y Sanidad. Además se realizó un análisis económico global, basado en la metodología propuesta por el Cimmyt (Perrin, *et al.* 1976). Los resultados mostraron que las aplicaciones de 150 Kg ha⁻¹ de urea, 50 kg ha⁻¹ de SPT y 250 kg ha⁻¹ de KCl, ocasionaron una mejor respuesta en cuanto a peso, firmeza, rendimiento, sanidad y las mejores rentabilidades al realizar el análisis económico.

Palabras clave. Rendimiento, firmeza, sanidad, dosis.

ABSTRACT

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, 2010.

** Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. E-mail monitalaca@gmail.com.; emilyv@hotmail.es.

*** Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Profesor catedrático. Facultad de Ciencias Agrícolas. jahemos45@yahoo.com

The research was conducted in two areas corresponding to the municipalities Gualmatan and Catambuco of the altiplano Pasto, was investigated the response of lettuce *Lactuca sativa* L. the application of simple sources Urea (46% N), triple superphosphate (SPT, 46% P₂O₅) and potassium chloride (KCl, 60% K₂O) at dosages of 50 kg ha⁻¹, 150 Kg ha⁻¹ and 250 kg ha⁻¹, establishing the needs of NPK fertilization on the lettuce. The design was a randomized complete block in split plot arrangement, for a total of nine treatments with four replications. The variables evaluated were: Weight (**Kg**), Diameter (cm), Firmness (kg cm⁻²), Yield (ton ha⁻¹) and Health. We also carried out a comprehensive economic analysis, based on the methodology proposed CIMMYT (Perrin, et al. 1976). The results showed that applications of 150 kg ha⁻¹ Urea, 50 kg ha⁻¹ SPT and 250 kg ha⁻¹ KCl, resulting in a better response in terms of weight, strength, performance, health and the best returns to perform economic analysis.

Keywords. Performance, strength, health, dose

INTRODUCCIÓN

La lechuga *Lactuca sativa* L. es una de las hortalizas de mayor consumo en Colombia y se produce en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Valle del Cauca y Cundinamarca (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2003). En el departamento de Nariño se dedican al cultivo de hortalizas más de 1000 has, de las cuales 77 has se dedican al cultivo de la lechuga con un rendimiento de 30 kg.ha⁻¹ (Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño, 2008). Sin embargo, por el incremento en la demanda nacional, el área cultivada tiende a ampliarse y además, los productores están interesados cada día en aumentar los rendimientos y la rentabilidad de estos cultivos siendo Pasto uno de los municipios con mayor área dedicada a estos cultivos. (Iregui y Cuesta, 2006), para lo cual es necesario entre otros factores, una adecuada fertilización.

Se desarrolla bien entre 2.300 y 2.900 msnm, por su ciclo productivo corto y las necesidades bajas de agua, se pueden programar temporadas de siembra en los dos semestres agrícolas del año. Sin embargo, cuándo las temporadas son lluviosas en la fase de formación de las cabezas,

es importante establecer un programa adecuado de manejo de pudriciones ocasionadas por hongos. (Sañudo, *et al.*, 2002).

La lechuga está clasificada como una hortaliza ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 6.8 a 6; no obstante, ciertos autores afirman que la lechuga se desarrolla mejor en pH ácidos con valores de 5. El suelo debe ser trabajado en profundidad con labranzas verticales hasta 30 cm, para lograr buen drenaje y favorecer el lavado de las sales del agua de riego y de la fertilización (Briones y Urbina, 2007).

Según Castro (1998), Guerrero (1990) y Bertsch (2003) el cultivo de lechuga para la producción de 40 ton ha⁻¹ extrae 45 kg N ha⁻¹, 28 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 208 kg K₂O ha⁻¹. Sorensen *et al.*, (1994), trabajando con una serie de dosis de aplicación de 50 a 200 kg N ha⁻¹, hallaron el rendimiento óptimo con 150 kg N ha⁻¹, aunque con pequeñas diferencias con respecto a 100 y 200 kg N ha⁻¹. Fernández *et al.* (1971), puntualizaron que en la cosecha de 95.000 plantas de lechuga extrajo del suelo por hectárea: 23,2 kg de N, 4,4 kg de P y 50,9 kg de K.

Los productores de las zonas de Gualmatán y Catambuco no realizan análisis de suelos físico-químico previo a la siembra, esto conlleva a que el horticultor no defina un adecuado plan de manejo de la fertilización química mineral, en cuanto a fuentes, dosis, época y formas de aplicación, incrementando, en la mayoría de los casos, los costos de producción del cultivo. Todo lo anterior conduce a que se realice ésta investigación para garantizar, en un corto tiempo a los productores hortícolas de las zonas, una alternativa productiva que conlleve a una sostenibilidad productiva y a una viabilidad técnica de la presente propuesta investigativa.

De lo anterior se plantea como objetivo evaluar la respuesta de la lechuga *Lactuca sativa* L, variedad Batavia a la aplicación de tres fuentes simples de N-P-K aplicados en tres dosis, en los suelos de los corregimientos de Catambuco y Gualmatán del Altiplano de Pasto. Se analizará su rendimiento, calidad (peso, diámetro, firmeza y sanidad) y el análisis económico parcial que permitiera establecer las dosis de fertilizante más rentables para este cultivo.

METODOLOGIA

Localización. La investigación se realizó en los corregimientos de Catambuco ubicado geográficamente a 77° 15' L.O y 01° 15' L.N a 2.860 msnm, 12.4°C de temperatura, precipitación media anual de 703 mm (IGAC, 2004) y el corregimiento de Gualmatán situado geográficamente a 77° 40' L.O y 01° 20' L.N y una altitud de 2820 msnm, con temperatura de 8-12°C, y precipitación pluvial media de 1450 mm/a (Dorado y Jojoa, 1996). El material vegetal evaluado fue la lechuga tipo Batavia de la variedad Coolguard.

Diseño experimental. Para la evaluación se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas subdivididas, en donde la parcela principal correspondió a tres fuentes de fertilizantes simples, urea (46% N), superfosfato triple (46% P₂O₅) y KCl (60% K₂O) con cuatro repeticiones, y la subparcela correspondió a las dosis de aplicación: 50 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ y 250 kg ha⁻¹, tomando como testigo la mas baja dosis, siendo la utilizada en la zona.

Se trazaron cuatro bloques, cada uno con un área de 28.8 m de largo por 1.6 m de ancho (46.08 m²), separados a 0.40 m. En cada bloque se trazaron 9 parcelas de 1.60 m por 3.20 m (5.12 m²). En cada una de las 36 parcelas se trazaron cuatro surcos separados entre sí a 0.4 m, en cada uno de los surcos se trasplantó 8 plántulas (32 plántulas por parcela) sembradas a 0.4 m entre sitios. Para la evaluación únicamente se tuvo en cuenta los dos surcos centrales, descartando las dos plantas de los extremos, en total se evaluaron 12 plantas por unidad experimental.

La preparación del terreno se trabajó en forma manual, conjuntamente se desinfectó con **validamicina (cambiar este término)** en una dosis de 20 cc/bomba y el trasplante se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 cm.

Las diferentes fuentes y dosis de fertilizantes se aplicaron a los quince días después del trasplante, se aplicaron en forma localizada a distancia de 3 cm de la raíz, evitando el contacto directo y efectuando un ligero aporque para tapar el abono.

Con el fin de mantener buena sanidad en el cultivo, como control preventivo contra el ataque de chiza (*Ancognatha scarabaeoides*, *Phyllophaga pbsoleta*), se aplicó el insecticida

Clorpirifos en dosis de 20 cc/bomba. Cuando se presentó los primeros síntomas de ataque de *Sclerotinia Sclerotiotum* se aplicó Carbendazim de 15 cc/bomba continuando con aplicaciones periódicas de acuerdo al avance de la enfermedad. Para el control preventivo de mildew se realizaron aplicaciones cada ocho días de Oxicloruro de Cobre en dosis de 40 g/bomba. El control de malezas fue manual y se efectuó a los 15 y 40 días después del trasplante. La cosecha se ejecuto entre los 85 y 93 días cuando las cabezas presentaron forma compacta y firme, se cortaron las plantas con 2 cm de tallo para la uniformidad de los datos.

Como variables de respuesta al momento de la cosecha se evaluaron dos parámetros: calidad y rendimiento; en la calidad se tuvieron en cuenta las variables peso, diámetro, firmeza y sanidad.

Peso (Kg). Una vez cosechadas las plantas se procedió a su pesaje únicamente las doce plantas del área útil, utilizando una pesa analítica. Teniendo en cuenta que la longitud del tallo fuese igual para todas las plantas con 2 cms, con el fin de lograr uniformidad en los datos.

Diámetro de la cabeza (cm). Se quitaron las primeras hojas debido al deterioro que presentaron que afecta la presentación del producto. Con una cinta métrica se determinó la longitud de la circunferencia de la cabeza de la lechuga para posteriormente realizar los cálculos del diámetro mediante la fórmula:

$D = c / \pi$, donde:

D= diámetro

c= contorno de la cabeza

Firmeza (kg cm⁻²). Se determinó con el penetrómetro el índice del periodo más oportuno para recoger la cosecha (Infoagro, 2009), tomando este instrumento entre el pulgar y el índice de la mano derecha, apretando el botón para puesta a punto, ubicándolo sobre la cabeza de lechuga hasta hacer penetrar progresivamente y tomar la lectura correspondiente.

Sanidad Vegetal. Esta variable se evaluó a través de una escala visual propuesta por Craft y Nelson (1996) que para este estudio fue modificada de la siguiente manera (Tabla 1).

| GRADO | % SEVERIDAD |
|-------|-------------------------------------|
| 1 | Planta sana |
| 2 | 1% - 25% del área foliar afectada |
| 3 | 26% - 50% del área foliar afectada |
| 4 | 51% - 75% del área foliar afectada |
| 5 | 76% - 99 % del área foliar afectada |
| 6 | 100 % Planta muerta |

Tabla 1. Escala visual propuesta por Craft y Nelson; modificada, (1996).

Rendimiento (ton ha⁻¹). Se cosecharon 12 plantas correspondientes al área útil, posteriormente se pesaron las lechugas utilizando la balanza analítica; se obtuvo el rendimiento de las planta en gramos por el área cosechada (m²), datos que se extrapolaron a kg.ha⁻¹.

$$\mathbf{Rto\ (ton\ ha^{-1})} = \frac{\text{Peso promedio (Área útil) Kg} * \text{No. Plantas ha-1.} * \frac{1\ \text{tn}}{1000\ \text{kg}}}{\text{No. Plantas del área útil}}$$

Análisis Estadístico. Se efectuó un análisis de Varianza (ANDEVA) y para aquellas diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias con el test de Tukey al 95%. Para los cálculos se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1.

Análisis económico. Se utilizó la metodología del presupuesto global, basado por metodología propuesta por el CIMMYT (Perrin, *et al.* 1976), para determinar cual de las alternativas de fertilización generaban las mejores condiciones económicas. Se realizando un análisis económico comparativo de rendimientos y costos de producción (ton ha⁻¹) para cada tratamiento en el cultivo de lechuga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso. En las dos zonas evaluadas se presentó un efecto altamente significativo en los análisis de varianza par las fuentes de urea, SPT y KCl aplicadas sobre el peso fresco promedio de lechuga.

La comparación de medias indicó que al aplicar $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de urea se presentaron los mejores pesos promedios con valores de 1,37 kg y 1,30 kg en las zonas de Catambuco y Gualmatán. Con la dosificación de 75 kg/ha se presentaron los menores pesos promedios con 0,95 kg en el corregimiento de Catambuco y 0,97 kg en el corregimiento Gualmatán. Según los resultados obtenidos se observa que la cantidad de NH_4^+ presente en la solución del suelo influyó en la acumulación de biomasa en la lechuga. Gil (1995) reportó que el nitrógeno representa como término medio el 2% del peso seco en las plantas y se halla en estas en una gran diversidad de compuestos, sobre todo de proteínas por lo tanto a mayor concentración de este elemento, mayor será la ganancia en peso.

Con la aplicación de SPT los mayores valores se alcanzaron con 50 kg ha^{-1} de SPT con promedios de 1,36 kg y 1,33 kg en los corregimientos de Catambuco y Gualmatán. En ambas zonas con la aplicación de 150 kg ha^{-1} de SPT se presentaron los menores promedios, con valores de 0,97 kg y 1 kg respectivamente. Estos resultados confirman lo expresado por Camozzi (2003), quien manifiesta que en las hortalizas, la cantidad requerida de P son bajas, cuando se la compara con otros macronutrientes. Los contenidos con las más bajas dosis fueron suficientes para satisfacer los requerimientos del cultivo. Además se conoce poco acerca de la influencia del fósforo sobre la competitividad de las hortalizas (Añez y Tavira, 1981)

Cuando se aplicó 250 kg ha^{-1} de KCl se alcanzaron los mejores promedios con valores de 1,38 kg y 1,27 kg en las localidades de Catambuco y Gualmatán respectivamente, y los menores promedios se obtuvieron con la dosis de 50 kg ha^{-1} de KCl en las dos zonas, con valores de 0,92 y 0,94 kg.

Con la aplicación de 250 kg ha^{-1} de KCl se obtuvo la mejor respuesta acorde con los estudios preliminares realizados por INPOFOS y PIAFEQ (1993) donde encontraron que en suelos que tradicionalmente presentan valores de suficiencia el potasio tiene un buen comportamiento.

Diámetro. En la localidad de Catambuco el análisis de varianza (Tabla 2) mostró diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos de urea y KCL, mas no con la aplicación de SPT, indicando que no se presentó incidencia en el diámetro de la cabeza de la

lechuga. Por su parte el ANDEVA (Tabla 2) realizado para la localidad de Gualmatán muestra la existencia de diferencias altamente significativas en todas las aplicaciones de fertilizantes.

| F.V. | CATAMBUCO | | | | GUALMATAN | | | |
|--------------|-----------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| | PESO (kg) | RENDIMIENTO (ton ha ⁻¹) | DIAMETRO (cm) | FIRMEZA (kg cm ⁻²) | PESO (kg) | RENDIMIENTO (ton ha ⁻¹) | DIAMETRO (cm) | FIRMEZA (kg cm ⁻²) |
| Fuente | 0,18 | 2,59 | 0,04 | 0,06 | 1,16 | 16,78 | 2,20 | 0,46 |
| Dosis | 9,01 | 130,79 | 3,54 | 0,03 | 4,50 | 65,31 | 5,22 | 4,21 |
| Urea * Dosis | 0,18 | 381,69 | 6,87 | 1,27 | 0,11 | 227,52 | 17,37 | 1,32 |
| CV urea | 2,79 | 2,62 | 2,47 | 5,17 | 6,79 | 6,43 | 1,99 | 6,92 |
| SPT * Dosis | 0,15 | 321,28 | 0,36 | 1,06 | 0,12 | 245,82 | 1,47 | 1,17 |
| CV SPT | 4,1 | 4,55 | 5,46 | 5,17 | 7,39 | 7,58 | 2,03 | 2,29 |
| KCL * Dosis | 0,21 | 437,27 | 7,38 | 2,55 | 0,11 | 223,54 | 1,66 | 6,76 |
| CV KCL | 3,55 | 2,65 | 3,54 | 3,2 | 12,79 | 13,32 | 1,86 | 4,56 |

ns = No significativo * = Diferencias estadísticas significativas (p< 0,05) ** = Diferencias estadísticas significativas (p< 0,01)

Tabla 2. CUADRADOS MEDIOS para las variables: peso, rendimiento, diámetro y firmeza en lechuga *Lactuca sativa* L. obtenidas al aplicar tres dosis de fertilización de las fuentes simples N -P- K, en el corregimiento de Catambuco y Gualmatán.

| TRATAMIENTOS | | ZONAS | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|
| | | CATAMBUCO | | | | GUALMATAN | | | |
| FUENTE | DOSIS (Kgha ⁻¹) | PESO (kg) | RENDIMIENTO (ton ha ⁻¹) | DIAMETRO (cm) | FIRMEZA (kg/cm ²) | PESO (kg) | RENDIMIENTO (ton ha ⁻¹) | DIAMETRO (cm) | FIRMEZA (kg/cm ²) |
| UREA | 50 | 0,95 c | 43,27 c | 18,34 b | 7,59 ab | 0,97 b | 44,28 b | 18,19 b | 7,37 ab |
| | 150 | 1,37 a | 62,73 a | 19,29 b | 8,09 a | 1,30 s | 59,21 a | 18,34 b | 8,0 a |
| | 250 | 1,13 b | 51,46 b | 20,94 a | 6,97 b | 1,17 a | 53,57 a | 19,6 a | 6,85 b |
| DMS | | 0,06316 | 2,98897 | 1,04783 | 0,8474 | 0,15364 | 7,30423 | 0,80618 | 1,11195 |
| SPT | 50 | 1,36 a | 62,26 a | 19,54 a | 8,08 a | 1,33 a | 60,95 a | 18,11 b | 7,99 a |
| | 150 | 0,97 b | 44,35 c | 19,96 a | 7,4 ab | 1 b | 45,54 b | 19,3 a | 7,68 a |
| | 250 | 1,16 b | 52,89 b | 19,38 a | 7,08 b | 1,11 b | 50,7 b | 18,52 ab | 6,94 b |
| DMS | | 0,09406 | 5,24837 | 2,32472 | 0,84414 | 0,16728 | 8,61372 | 0,82256 | 0,37493 |
| KCl | 50 | 0,92 c | 42 c | 19,13 b | 7,01 b | 0,94 b | 42,92 b | 19,1 ab | 7,11 b |
| | 150 | 1,14 b | 51,94 b | 21,03 a | 7,4 b | 1,10 ab | 50,19 ab | 19,62 a | 7,55 ab |
| | 250 | 1,38 a | 62,9 a | 18,4 b | 8,55 a | 1,27 a | 57,87 a | 18,34 b | 8,01 a |
| DMS | | 0,08006 | 3,00581 | 1,50045 | 0,53161 | 0,27799 | 14,54787 | 0,76928 | 0,74759 |

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Tabla 3. Prueba de TUKEY para las variables: peso, rendimiento, diámetro y firmeza en lechuga *Lactuca sativa* L. obtenidas al aplicar tres dosis de fertilización de las fuentes simples N -P- K, en el corregimiento de Catambuco y Gualmatán

Se observó que con la aplicación de 250 kg ha⁻¹ de Urea (Tabla 3) las plantas de lechuga fertilizadas presentaron diámetro mayor en las dos zonas, con valores promedios de 20.94 cm para el corregimiento de Catambuco y 19.6 cm para corregimiento Gualmatán, encontrando resultados similares Thompson y Doerge (1996), quienes confirman que la aplicación de altas cantidades de NH₄⁺ ocasionan mayor disponibilidad del elemento, generando aumento en la tasa de crecimiento, mayor acumulación de biomasa y plantas de buen tamaño.

Según Samra y Arora (1997) describen al Nitrógeno como un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de tallos y hojas en hortalizas.

En los resultados obtenidos se observó que la cantidad de NH₄⁺ presente en la solución del suelo, debido a la aplicación de Urea, influyó en la acumulación de biomasa en la lechuga. En este sentido se observó que las dosis de 50 kg.ha⁻¹ de Urea el crecimiento vegetativo fue lento, presentando un diámetro de 18,34 cm en la localidad de Catambuco y 18,19 cm en la localidad Gualmatán, coincidiendo con lo expuesto por Burns *et al.* (1996), quien manifiesta que al disminuir la acumulación de NH₄⁺ se obtienen lechugas de menor diámetro.

Al aplicar 250 kg.ha⁻¹ de Urea, el diámetro fue mayor con 20,94 cm en la zona de Catambuco y 19,6 cm en la zona de Gualmatán; en concordancia con lo mencionado por Thompson y Doerge (1996), quienes afirman que las altas cantidades aplicadas de NH₄⁺ ocasionaron mayor disponibilidad del elemento, generando aumento en la tasa de crecimiento donde hubo mayor acumulación de biomasa y obteniendo plantas de buen tamaño.

Con la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de SPT se alcanzó los mejores diámetros con promedio de 19.3 cm en la zona de Gualmatán. Con la aplicación de 50 kg ha⁻¹ de SPT presentaron los menores diámetros con promedio de 18.11 cm. Se evidencia mejores diámetros en la mayor dosis de fertilización de esta fuente, indicando que en el corregimiento de Gualmatán la fertilización fosforada es un componente básico en la producción de lechuga, debido principalmente a que estos suelos son naturalmente deficientes en este elemento corroborando lo expresado por Guerrero (1988).

Se encontraron diferencias estadísticas para KCl, la comparación de los promedios (Tabla 3) indicó que el mejor tratamiento para las dos zonas fue la dosis de 150 kg ha⁻¹ de KCl, obteniendo diámetros de cabeza promedios de 21.03 cm en la zona Catambuco y 19.62 cm en la zona de Gualmatán, coincidiendo con lo expuesto por Guerrero (1988) donde el Potasio es fundamental en el proceso de la fotosíntesis, contribuyendo en la acumulación de carbohidratos y por consecuencia un efecto benéfico en el crecimiento y producción de la planta. Los resultados encontrados son similares a los reportados por Lazcano *et al.*, (2006) quienes relacionan las características de las plantas, la fertilidad del suelo y condiciones climáticas con los diámetros.

Firmeza. Los resultados del análisis de varianza (Tabla 2) demostraron que en las dos zonas se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), encontrando que las diferentes dosis y fuentes de fertilización aplicadas ejercieron un efecto en la consistencia de la cabeza de la lechuga.

Los mayores promedios de firmeza se presentaron con la aplicación de 150 kg.ha⁻¹ de urea con 8.09 kg cm⁻² en la localidad de Catambuco y 8.0 kg cm⁻² en la localidad de Gualmatan y los menores promedios de firmeza se obtuvieron con 250 kg ha⁻¹ de urea con valores de 6.97 y 6.85 kg cm⁻² respectivamente, indicando que al aumentar la fertilización nitrogenada estimula el crecimiento de las plantas, pero sus hojas se vuelven mas suaves y quebradizas, la cabeza no se arpeolla bien por lo tanto no hay una buena compactación de tal manera que la firmeza disminuye.

En la zona de Catambuco el mayor promedio de firmeza en lechuga se presentó con la aplicación de 50 kg ha⁻¹ de SPT (8.08 kg cm⁻²) y con la aplicación de 250 kg ha⁻¹ de SPT se presentó el menor promedio (7.08 kg cm⁻²). En la zona Gualmatan el mayor promedio se obtuvo con 50 kg.ha⁻¹ de SPT (7.99 kg cm⁻²) y el menor se presentó con 250 kg ha⁻¹ de SPT (6.94 kg cm⁻²); apreciándose que el efecto del fósforo no es tan determinante en esta hortaliza por lo que una dosis de 50 kg.ha⁻¹ es suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo.

Por otra parte, la aplicación de $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de KCl ocasionó mejores promedios de firmeza en lechuga con 8.55 kg cm^{-2} en el corregimiento de Catambuco y con 8.01 kg cm^{-2} en el corregimiento de Gualmatán, coincidiendo con Bonilla (2000), el cual afirma que el potasio desempeña un papel fundamental en la consistencia de los tejidos y grosor de las paredes celulares, por lo que a mayor dosis, mayor firmeza; concordando con Hernández (2006), el cual indica que la firmeza está en función del clima, la fertilización, calidad del agua de riego y factores genéticos.

Rendimiento. El análisis de varianza (Tabla 2), muestra diferencias altamente significativas y de acuerdo a las pruebas de comparación de medias (Tabla 3), se presentaron los mejores rendimientos en lechuga con la aplicación de $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de urea, en la localidad de Catambuco ($62.73 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) y en la localidad de Gualmatán ($59.21 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) y los menores rendimientos con 50 kg ha^{-1} de Urea, con valores de $43.27 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ (corregimiento de Catambuco) y de $44.28 \text{ ton ha}^{-1}$ (corregimiento de Gualmatán), situación similar encontrada por Economakis *et al.* (1997) y Martinetti (1996), quienes determinaron que la respuesta de la lechuga a la fertilización nitrogenada sólo se produce cuando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es deficiente en relación con la absorción por el cultivo; iguales resultados fueron obtenidos por Cantliffe *et al.*, (1998); Sánchez (2000); Thompson y Doerge, (1996), en relación a la producción total de biomasa de lechuga Batavia fluctuando entre 40 y $95 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, con un consumo de nitrógeno entre 82 y $270 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Con la aplicación de 50 kg ha^{-1} de SPT se presentaron los mayores rendimientos en lechuga con $62.26 \text{ Ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en la zona de Catambuco y $60.95 \text{ Ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en la zona de Gualmatán, mientras que con la dosis de 150 kg ha^{-1} de SPT se obtuvieron valores menores con $44.35 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en la localidad de Catambuco y $45.54 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en la localidad de Gualmatán, contrariamente con lo expuesto con Añez y Espinoza (2001), que obtuvieron altos rendimientos con la dosis de fósforo (240 kg ha^{-1}).

Con la aplicación de 250 kg ha^{-1} de KCl se obtuvieron los mayores rendimientos de lechuga en las zonas estudiadas con $62.9 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en el corregimiento de Catambuco y $57.87 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ en el corregimiento de Gualmatán contrariamente el tratamiento 50 kg kg ha^{-1} de KCl presentó los menores rendimientos de $42 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $42.92 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, coincidiendo con Bishop *et al.*(2009) y

Will (1969), en donde aplicaciones mayores a 150 kg.ha^{-1} de potasio elevaron los rendimientos de lechuga. Igualmente Singh *et al.*, (1989); Alt y Full (1988) expresaron que incrementos de potasio indujeron aumentos de los rendimientos de la lechuga.

Sanidad. Las dos zonas presentaron un comportamiento similar, donde el tratamiento de 250 kg.ha^{-1} de urea presento un porcentaje de severidad de 38% en la localidad de Catambuco y 27% en la localidad de Gualmatán (Grado 3, Tabla 4) en la escala modificada de Craft y Nelson (1996), debido a la mayor susceptibilidad de las plantas a patógenos como *Bremia lactucae* y *Sclerotia sclerotium* principalmente. Sin embargo al reducir la dosis a 50 kg Ha^{-1} de Urea, se observó disminución en los grados determinados en la escala en ambas zonas, presentando porcentajes de 22% en la zona de Catambuco y 12% en la zona de Gualmatán (Grado 2, Tabla 4). Al respecto Agrios (1998), expresa que la abundancia de N se refleja en la producción de tejidos jóvenes y suculentos que puede prolongar la fase vegetativa, retardando la madurez de las plantas haciéndolas más susceptibles a los patógenos.

Con la aplicación de 150 kg.ha^{-1} de Urea se presento un porcentaje de severidad del 34% (Grado 3, Tabla 4) en el corregimiento de Catambuco y 18% de severidad (Grado 2, Tabla 4) en Gualmatán, observándose menor promedio de lechugas afectadas en el corregimiento de Gualmatán, este comportamiento se dio a las condiciones ambientales de las zonas y al manejo del cultivo.

| TRATAMIENTOS | | ZONA | |
|--------------|----------------------------------|-----------|-----------|
| FUENTE | DOSIS (kg ha^{-1}) | CATAMBUCO | GUALMATÁN |
| UREA | 50 | 2 | 2 |
| | 150 | 3 | 2 |
| | 250 | 3 | 3 |
| SPT | 50 | 2 | 2 |
| | 150 | 3 | 2 |
| | 250 | 2 | 3 |
| KCI | 50 | 3 | 3 |
| | 150 | 2 | 2 |
| | 250 | 2 | 1 |

Tabla 4. Valores de la evaluación de Sanidad en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de fuentes simples de N - P- K, en los corregimientos de Catambuco y Gualmatán.

En las 2 localidades con la aplicación de 50 kg Ha^{-1} de SPT se presentó un porcentaje de severidad del 15% (Grado 2, Tabla 4), a medida que se incrementó la dosis a 150 kg ha^{-1} se alcanzó un porcentaje de severidad de 35% (Grado 3, Tabla 4), lo que indica que al incrementar la dosis, aumenta el grado de severidad, contrariamente con Agrios (1998), quien afirma que el fósforo y el potasio, incrementan la resistencia contra las enfermedades, por su parte Huber (1980), encontró que las aplicaciones de fósforo estimulan un desarrollo vigoroso que permite a las plantas evadir las enfermedades.

Con la aplicación de 50 kg Ha^{-1} de KCl se presentó un porcentaje de severidad 30% (Grado 3, Tabla 4) en el corregimiento de Catambuco y 26% (Grado 3, Tabla 4) en el corregimiento de Gualmatán, a medida que se aumento la dosis el porcentaje de enfermedad disminuyó, lo que muestra en la aplicación de 250 kg Ha^{-1} de KCl, obteniendo para Catambuco un porcentaje del 15% (Grado 2, Tabla 4) y Gualmatán de 0% (Grado 1, Tabla 4). Una menor cantidad de K disponible para la planta, causa una acumulación de compuestos solubles nitrogenados resultando manchas necróticas en las hojas, similares a los síntomas producidos por patógenos foliares. (Huber, 1978; 1981). Además este elemento permite modificar la resistencia o susceptibilidad a las enfermedades.

Análisis económico. Los resultados del presupuesto parcial (Tabla 5 y 6) muestran que los tratamientos de 50 kg ha^{-1} Urea, 150 kg ha^{-1} SPT y 50 kg ha^{-1} KCl presentaron una rentabilidad menor al 40 % en las 2 localidades, por lo tanto no se tuvieron en cuenta para este análisis de acuerdo a lo mencionado por Perrin (1976).

La aplicación de urea con 150 kg ha^{-1} generó mayor rentabilidad en Catambuco (77.51%) y en Gualmatán (67,57 %), por consiguiente la aplicación de esta fuente generó los mejores rendimientos a bajos costos.

| TRATAMIENTOS | Rendimiento ton/ha | Ingresos \$/ton | Costos de producción \$/ha | Utilidad \$/ha | Rentabilidad (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| UREA*50 | 38,94 | 15577274 | 12581000 | 2996274 | 23,82 |
| UREA*150 | 56,45 | 22581459 | 12721000 | 9860459 | 77,51 |
| UREA*250 | 46,32 | 18526170 | 12861000 | 5665170 | 44,05 |
| SFT*50 | 56,04 | 22415174 | 12596000 | 9819174 | 77,95 |
| SFT*150 | 39,91 | 15964700 | 12766000 | 3198700 | 25,06 |
| SFT*250 | 48,38 | 18550170 | 12936000 | 5614170 | 43,40 |
| KCL*50 | 38,80 | 15119220 | 12608000 | 2511220 | 19,92 |
| KCL*150 | 46,75 | 18698626 | 12802000 | 5896626 | 46,06 |
| KCL*250 | 56,61 | 22643858 | 12996000 | 9647858 | 74,24 |

Tabla 5. Análisis económico del rendimiento de lechuga *Lactuca sativa* L. (\$/ha), obtenidos con diferentes dosis y fuentes simples de N - P- K, en el corregimiento de Catambuco.

| FUENTES*DOSIS (kg/ha) | Rendimiento ton/ha | Ingresos \$/ton | Costos de producción \$/ha | Utilidad \$/ha | Rentabilidad (%) |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| UREA*50 | 39,85 | 15940015 | 12581000 | 3359015 | 26,70 |
| UREA*150 | 53,29 | 21317010 | 12721000 | 8596010 | 67,57 |
| UREA*250 | 48,21 | 19285251 | 12861000 | 6424251 | 49,95 |
| SFT*50 | 54,85 | 21940320 | 12596000 | 9344320 | 74,18 |
| SFT*150 | 40,99 | 16396012 | 12766000 | 3630012 | 28,43 |
| SFT*250 | 45,63 | 18251886 | 12936000 | 5315886 | 41,09 |
| KCl*50 | 38,63 | 15451789 | 12608000 | 2843789 | 22,56 |
| KCl*150 | 45,17 | 18068323 | 12802000 | 5266323 | 41,14 |
| KCl*250 | 52,08 | 20833584 | 12996000 | 7837584 | 60,31 |

Tabla 6. Análisis económico del rendimiento de lechuga *Lactuca sativa* L. (\$/ha), obtenidos con diferentes dosis y fuentes simples de N - P- K, en el corregimiento de Gualmatán.

La mayor rentabilidad para SPT se obtuvo con la dosis de 50 kg ha⁻¹ para las dos zonas de estudio, Gualmatán presentó (74,18%) y Catambuco (77,95 %).

El mejor el rendimiento se obtuvo con la dosis de 50 kg ha⁻¹ cuya utilidad neta fue mayor a la presentada con SPT 250 kg ha⁻¹.

En las dos zonas de estudio con la aplicación de 250 kg ha⁻¹ KCl se generaron los mayores rendimientos, ingresos y rentabilidades de 74,24% (Catambuco) y 60,31% (Gualmatán).

CONCLUSIONES

Con la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de urea, 50 kg ha⁻¹ de SPT y 250 kg ha⁻¹ de KCl, se obtuvieron los mejores resultados estadísticamente superiores en rendimiento, firmezas, diámetro, peso y sanidad en las dos zonas de estudio.

La lechuga presentó respuesta significativa económica a las aplicaciones de 150 kg. ha⁻¹ Urea, 50 kg. ha⁻¹ SPT y 250 kg. ha⁻¹ KCl.

La aplicación de 50 Kg. ha⁻¹ SPT presentó bajos costos de producción y aportó un mayor rendimiento y calidad del producto.

BIBLIOGRAFIA

AGRIOS, George N. Fitopatología. Capitulo 7 Efecto del ambiente en la producción de las enfermedades infecciosas. México: Editorial Limusa, 2^a ed., 1998. 149-156. P

Alt, D.; A.M. Full. 1988. Control of nitrogen status of letucce by nitrate analysis of plant sap. Horticultural Abstracts, 59(4):157.

AÑEZ B. y ESPINOZA W. 2001. Respuestas de la Lechuga y del Repollo a la Fertilización Química y Orgánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (I.I.A.P.) Universidad de Los Andes, Apdo. 77 (La Hechicera) Mérida, Código Postal 5101, Venezuela.10p.

AÑEZ R. Y TAVIRA D. 1981 “Aplicación de nitrógeno y de estiércol al cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)” Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 14 p.

BISHOP, R.F., CHIPMAN, E. y MAC EACHERN, C. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yields and nutrient levels in celery and head lettuce grown on sphagnum peat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 4 (5): 378-387. Citado por Robles F. Fertilización de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) ministerio de Agricultura y Ganadería. Recibido para su publicación el 5 de marzo de 1974. Cartago, Costa Rica. En: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n02_197.pdf. Consulta: abril de 2009.

BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas.. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Mc Graw-Hill Interamericana, Madrid. pp 83-91.

BRIONES, M. y URBINA, A. 2007. Lechuga. Guía Práctica de Exportación de Lechuga a los Estados Unidos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua Managua. En: http://www.iica.int.ni/GuiasTecnicas/Cultivo_Lechuga.pdf. Consulta: marzo de 2009.

BURNS I.G., HANDDEL R., WICHMANN W., 1996. Nitrogen supply, growth and development. *Acta Horticulturae*. 428. Camozzi. p 21-30.

CAMOZZI, M. Amanecer Rural. Producción Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Importancia y manejo del fósforo en cultivos hortícolas. Proyecto Fertilaz INTA Pergamino. Guía fitosanitaria. En: <http://www.fertilizando.com/articulos/Importancia%20y%20Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Cultivos%20Hortícolas.asp>

CANTLIFFE D.J., HOCHMUTH G.J., KARCHI I., SECKER I., BEN-YEHOSHUA S., 1998. Nitrogen fertility requirement for iceberg lettuce grown on sandland with plastic mulch and drip irrigation. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 110, 306-309p.

CARRASCO, G. 1998. Acumulación de nitratos en hortalizas de hoja en cultivo protegido y alternativas de control. In Seminario Internacional Avances Tecnológicos en Producción Forzada y Cultivos Hidropónicos, Talca, Chile, Octubre 30, 1998; Carrasco, G., Rebolledo, G., Urrestarazu, M., Guzmán, M., Eds.; Universidad de Talca, 87-104

CASTRO (1998), GUERRERO (1990), BERTSCH (2003). Citado en Castro, H. IV HORTALIZAS: Producción y fertilización de hortalizas en Colombia. Pág. 195-219. En: GUERRERO, R. Fertilización De Cultivos En Clima Frío. Monómeros Colombo Venezolanos, S.A. (E.M.A) Segunda edición. Impresión Sáenz y Cia. Ltda. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 1998. Pág. 425.

CORRÉ, W. AND BREIMER, T. 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. PUDOC, Wageningen, The Netherlands, Council for Agricultural Sciences and Technology, 20-35.

CRAFT, C. M.; NELSON, E. B. 1996. Microbial properties of compost that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. Appl. Environ. Microbiol. 65(5): 1550-1557.

CUATIN, A. y LUCERO, E. 1998. Evaluación de diferentes densidades de población en brócoli (*Brassica oleracea* var *Italica* L Híbrido Legacy) en el altiplano de Pasto. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 110 p.

DORADO Y JOJOA, 1996. Citados por Obando, O. y Paztaz, J. 1996. Manejo químico de pudriciones de coliflor (*Brassica oleracea* var. Hort) en el corregimiento de Gualmatán. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. Consulta: junio de 2009.

ECONOMAKIS C.D., KOLEILAT R., CHARTZONLAKIS K.S., 1997. Effect of nitrogen concentration on growth, water and nutrient uptake of lettuce plants in solution culture. Acta Horticulturae 449, 223-228 p.

FERNANDES et al., 1971. Citado por Añez, B Y Pino, H. Forma y tiempo de aplicación de nitrógeno en la producción de lechuga. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Apdo. 77 (La

Hechicera), Mérida – Venezuela. Pp. 87. En: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24276/1/nota41_1_1.pdf. Consulta: abril de 2009. FHIA (2004).

GIL, 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. 1ra edición. Madrid, 1147p.

GUERRERO, R. 1988. Los nutrientes de las plantas. En: Fertilización de cultivos de clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A Bogotá, Colombia. 23-27 p.

HERNANDEZ, M. 2006. Soluciones Nutritivas con diferentes relaciones N-K en el cultivo protegido del tomate *Lycopersicon esculentum mill.* En: congreso científico el Inca memorias. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. IGAC. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Nariño. Tomo 1. Capítulo 5. Génesis y taxonomía de suelos. CDR.

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO. INPOFOS. 1993. Diagnostico del estado nutricional de los cultivos. INPOFOS, Quito, Ecuador. 55 p. IREGUI, N y CUESTA, M. 2006. Acuerdo de Competitividad Cadena de Hortalizas, En: http://www.agrocadenas.gov.co/hortalizas/documentos/Acuerdo_competitividad_hortalizas.pdf. Consulta: abril de 2009.

LAZCANO, I ; CARRILLO, R. NIÑEZ, R. 2006 Nutrición potasita del brocoli y la lechuga *Brassica oleraceae* y *Lactuca sativa* con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. Agrociencias 40 (1):1-11.

MARTINETTI. 1996. Contenido di nitrati e nitriti in lattuga (*Lactucasativa* L.) alvariare del la concimazione azotata. Rivista di Agronomia 30,92-96.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL; SECRETARÍAS DE AGRICULTURA DEPARTAMENTALES, URPAS, UMATAS. 2003. Producción nacional de lechuga. En: <http://www.frutasyhortalizas.com.co/>; consulta: enero de 2010

PERRIN, R H. *et al.*, 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CYMMYT. Pág. 54. Consulta: abril de 2010.

SAMRA, J. y ARORA. 1997. Mineral nutrition. pp. 175-201. En: Litz, R.E. (ed.). The mango: botany, production and uses. CAB International. 587 p.

SAÑUDO, B, *et al.* 2002. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícolas en la zona cerealista de Nariño. Universidad de Nariño. Primera edición. San Juan de Pasto - Colombia. Pág. 129. Consulta: abril de 2009.

SINGH, J.P.; S. BHARAT; S.P. KARWASRA. 1989. Yield and uptake response of lettuce to cadmium as influenced by nitrogen application. Soil and Fertilizers 52(6): 685 p.

SORENSEN et al., (1994). Citado por Chiesa, A. y Mayorga, I. Factores de precosecha que afectan la calidad postcosecha en lechuga (*Lactuca sativa* L.). V Congreso Iberoamericano De Tecnología Postcosecha Y Agroexportaciones 2007. (S8-P111). Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453, (C1417DSE), Buenos Aires, Argentina. En: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/71/037/71037.pdf>. Consulta: mayo de 2009.

SOTO, A. y FERNADEZ, N. 2006 Respuesta del cultivo de la lechuga *Lactuca sativa* a la fertilización nitrogenada Instituto Agrotecnico “Pedro N. Fuentes Godo” Facultad de ciencias Agrarias. Chaco Argentina 4p

THOMPSON T.L., DOERGE T.A., 1996. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated lettuce. Agronomic, economic and environmental out-comes. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 168-173p.

THOMPSON, C. Y KELLY, W. 1956. Citado por Añez, B Y Pino, H. Forma y tiempo de aplicación de nitrógeno en la producción de Lechuga. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Apdo. 77 (La Hechicera), Mérida – Venezuela. Pp. 87. Consulta: abril de 2009.

WILL, H. 1969. Fertilizing in lettuce. *Gemiise*. 12: 295-296p. Citado por Robles F. Fertilización de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) ministerio de Agricultura y Ganadería. Recibido para su publicación el 5 de marzo de 1974. Cartago, Costa Rica. En: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n02_197.pdf. Consulta: abril de 2009.