

EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES SOBRE ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN EL MUNICIPIO DE PASTO¹

Yudy Madeline Pasaje², Julián David Cabrera²; Hernán Burbano O³, Ibonne Valenzuela⁴

RESUMEN

El cultivo de la papa en Nariño se desenvuelve dentro del contexto típico de la economía campesina, con unas muy peculiares condiciones socioeconómicas, ambientales y culturales que la hacen particular, circunstancias que obligan a buscar alternativas para que ésta actividad se torne sostenible, busque ser competitiva y pueda así contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población involucrada. Así, mediante un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en el cultivo de papa var. Diacol capiro, se evaluaron cinco tratamientos: testigo (sin fertilización); aplicación de 1300 Kg ha⁻¹ de fertilizante 10-30-10; fertilización con N-P-K y bioestimulante a la siembra; fertilización con N-P-K y bioestimulante a los 60 dds y fertilización con N-P-K y bioestimulante a la siembra y a los 60 dds.

La investigación se realizó en el Corregimiento de Jamondino, Municipio de Pasto. Mediante 11 muestreos destructivos, realizados cada 15 días, se analizó el índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF), área foliar específica (AFE), tasa de asimilación neta (TAN), tasa absoluta de crecimiento (TAC), área foliar (AF), materia seca y al final del cultivo el rendimiento por hectárea.

En general, todos los tratamientos se comportaron de manera similar al analizar los índices de crecimiento; con la aplicación de fertilización con N-P-K y bioestimulante a la siembra y a los 60 dds, se obtuvo el mejor rendimiento total con 39.45 ton ha⁻¹.

Palabras claves: Área foliar, materia seca, rendimiento.

¹ Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 2010

² Estudiante, Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, E-mail. yudymadeline@yahoo.es, julianchuly@yahoo.es.

³ Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. hernan.burbano@googlemail.com

⁴ Ingeniero Agrónomo. M.Sc. AGROSAGI S.A.

ABSTRACT

The cultivation of potatoes in Nariño is developed within the context typical of the rural economy, with a peculiar socio-economic, environmental and cultural factors that make particular circumstances that force us to seek ways to make this activity to become sustainable, look to be competitive and can thus contribute to improving the living conditions of the population involved. So, through a complete block design with four replications in potato var. Diacol Capiro five treatments were evaluated: control (without fertilization), application of 1300 kg ha⁻¹ of 10-30-10 fertilizer; N-P-K fertilizer and bio-stimulant for sowing; N-P-K fertilization and 60 dds bio-stimulant and fertilization bioestimulante N-P-K and sowing and 60 dds. The investigation was performed in the Jamondino Corregimiento of the municipality of Pasto. By eleven destructive samplings carried out every 15 days, we examined the leaf area index (LAI), leaf area duration (DAF), specific leaf area (SLA), net assimilation rate (NAR), absolute growth rate (TAC), leaf area (AF), dry matter and the final crop yield per hectare. In general, all treatments behaved similarly to analyze growth rates, with the application of NPK fertilization and sowing bioestimulante and 60 dds, the best performance was obtained total to 39.45 ton ha⁻¹.

Keywords: Leaf area, dry matter, yield.

INTRODUCCION

El cultivo de la papa se destaca a nivel nacional como una de las actividades agropecuarias más importantes ya que en torno a su explotación se genera el desarrollo de muchos sectores. En forma directa, la papa es un producto de consumo masivo, principalmente en la dieta de los estratos de menor ingreso. Indirectamente es un gran promotor de otros sectores de economía como el transporte, la industria, distribuidores de agroquímicos, producción de empaques, entre otros (FEDEPAPA, 2002).

Con el avance de la ciencia en el conocimiento de la bioquímica y la biología molecular, la industria de agroquímicos ha desarrollado en los últimos años, numerosos productos de acción muy específica sobre algunos procesos fisiológicos de la planta. Los bioestimulantes son mezclas de dos o más reguladores vegetales con otras sustancias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc.), pudiendo estos compuestos químicos actuar sobre la división celular, diferenciación y elongación de las células o modificar procesos fisiológicos de las plantas (Fresoli *et al.*, 2007).

Extractum raíz y Extractum RNA estructural, son bioestimulantes concentrados como fuentes altas de aminoácidos libres, ácidos fúlvicos y giberelinas, los cuales estimulan la fisiología de la planta para el incremento en la producción de hormonas y enzimas. El primero con concentración de calcio y magnesio de alta solubilidad y en el segundo la concentración de potasio, zinc y boro de alta solubilidad, están balanceadas para suplir los requerimientos nutricionales derivados del incremento en la actividad fisiológica de la planta, permitiendo la formación de estructuras en las raíces (AGROSAGI, 2009).

El análisis de crecimiento brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotoasimilados, para así fundamentar más racionalmente las prácticas de manejo del cultivo: nutrición, riego, podas, estrategias de protección, entre otras (Barrientos, 1988).

En estudios realizados por la Universidad de Nariño, Ortiz *et al.*, (1994), evaluaron la utilización de estimulantes de carácter sintético que ayudan en el ciclo vegetativo y productivo de papa; López, *et al.*, (2008) estudiaron la viabilidad del uso de un bioestimulante radicular, que pudiera, mejorar los rendimientos del cultivo.

Con base en las anteriores consideraciones, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la influencia de la aplicación de dos bioestimulantes en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. var. Diacol Capiro, sobre algunos índices de crecimiento y el rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Corregimiento de Jamondino, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, ubicado a 4.1 kilómetros al sur-orienté de la zona urbana, con una posición N $01^{\circ}11'03.8''$ y W $0.77^{\circ}16'00.0''$, a una altura de 2685 m.s.n.m, una precipitación promedio anual de 840 mm y una temperatura promedio de 13°C (IGAC, 2004).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones los tratamientos correspondieron a: Testigo (sin fertilización), T2 aplicación de N-P-K, T3 aplicación de N-P-K + Bioestimulante a la siembra (Extractum raíz), T4 aplicación de N-P-K + Bioestimulante (Extractum RNA estructural) a los 60 dds, T5 aplicación de N-P-K + Bioestimulante a la siembra (Extractum raíz) y a los 60 dds (Extractum RNA estructural). La aplicación de N-P-K correspondió a una dosis de 1300Kg ha⁻¹ de grado 10-30-10 al momento de la siembra al fondo del surco, de acuerdo con los requerimientos nutricionales según el análisis de suelo del terreno.

Para los tratamientos T3 y T5 se realizó la aplicación de Extractum raíz sobre los tubérculos, utilizando una bomba de aspersión; la dosis fue de 50 cm³ por bomba de 20 litros; para T4 y T5 60 dds se aplicó Extractum ARN Estructural, en la misma dosis sobre el área foliar de las plantas, AGROSAGI (2009). Como material vegetal se utilizó tubérculos tipo segunda (con un diámetro promedio entre 4,4 y 6,8 cm), de papa certificada variedad Diacol Capiro.

A partir del establecimiento del cultivo, se realizaron 11 muestreos durante el ciclo de cultivo, cada 15 días, tomando 2 plantas de cada unidad experimental, para determinar la masa fresca total de la planta. Posteriormente las muestras fueron sometidas a 60 °C en horno durante 72 h, obteniéndose el peso seco parcial. El área foliar se determinó a través de muestras tomadas con un sacabocados y después sometidas a 60 °C por 72 h para hacer una relación del área por masa seca y proceder a evaluar los siguientes índices de crecimiento:

Índice de área foliar (IAF): corresponde al área foliar de la planta sobre el área del suelo que ocupa la planta (Hunt, 1990).

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF planta}}{\text{A suelo}}$$

Duración de área foliar (DAF). Es la suma del IAF durante todo el ciclo del cultivo. Se estimó usando la siguiente ecuación:

$$\text{DAF} = \frac{(\text{IAF}_1 + \text{IAF}_2) (t_2 - t_1)}{2} = \text{cm}^2 \times \text{día}$$

Relación de área foliar (RAF): Es un índice de la superficie foliar de la planta con base en la masa seca. Se define como la fracción de masa seca total que corresponde a las hojas (Flórez *et al.*, 2006).

$$\text{RAF} = \text{AFE} \times \text{RWF}$$

Área Foliar Especifica (AFE): Es el área promedio de una hoja abierta por unidad de peso foliar (WF) y es una medida de la densidad de hojas o del grosor relativo de la capa de hojas. Es una medida de la superficie foliar de la planta en términos de densidad o grosor relativo de la hoja. Se define como la relación entre el área total de la hoja y la masa del área foliar de la planta (Flórez *et al.*, 2006).

$$\text{AFE} = \frac{\text{AF}}{\text{WF}}$$

Tasa de asimilación neta (TAN): mide la eficiencia fotosintética y determina el incremento de peso por unidad de área foliar en una unidad de tiempo y se calcula mediante la fórmula propuesta por Gómez *et al.* (1999).

$$\text{TAN} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\text{Ln}(\text{AF}_2) - \text{Ln}(\text{AF}_1)}{\text{AF}_2 - \text{AF}_1}$$

Tasa absoluta de crecimiento (TAC): corresponde al incremento de peso seco de la planta o de cada uno de sus órganos por unidad de tiempo (Hunt, 1990).

$$\text{TAC} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Con respecto al rendimiento se procedió a la cosecha de los dos surcos centrales correspondientes a la parcela útil (2.2 x 10.8m), de cada unidad experimental de los cuales se clasificó los tubérculos por tamaño, la categoría de los tubérculos se estableció teniendo en cuenta la resolución 040 de 1981 y la norma colombiana ICONTEC 341 citada por Cuastumal y Lasso (2001): extra (diámetro mayor a 9 cm), primera (diámetro entre 6,8 y 9 cm), segunda (diámetro entre 4,4 y 6,8 cm), y tercera (diámetro menor a 4,4 cm).

Con el paquete estadístico SAS (versión 8) se hicieron Análisis de Varianza y comparaciones de medias (prueba de Tukey) de los resultados de rendimiento (Steel y Torrie, 1980). Así mismo, se evaluó mediante análisis de regresión, el comportamiento de crecimiento del cultivo de papa (variable independiente y) en el tiempo (variable dependiente x); estos datos se ajustaron a modelos polinomiales basados en el paquete estadístico CurveExpert (versión 1.4).

RESULTADOS Y DISCUSION

Área foliar (AF). La tasa de crecimiento de las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos (Neumann, 1997).

El comportamiento del AF mostró una tendencia ascendente y decreció al final del estudio en los tratamientos evaluados como se presenta en la figura 1, todos los tratamientos alcanzaron sus más altos valores a los 120 dds. Debido a que existe escasa información acerca de análisis de crecimiento en el cultivo de papa, los datos obtenidos en este estudio se compararon con datos de otros estudios realizados en otros cultivos, para tener una referencia acerca de los rangos en los que se encuentran dichos valores. Los valores encontrados son similares a los encontrados por Carranza *et al.*, (2009) quienes reportan valores de 8162.45 cm² al realizar análisis de crecimiento en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Todos los tratamientos muestran una tendencia similar, no obstante, aquellos tratamientos donde se utilizaron Extractum raíz y Extractum RNA Estructural muestran valores altos de AF, lo cual puede ser debido al alto contenido de nutrientes y aminoácidos presentes en estos productos los cuales inciden sobre el crecimiento de la planta (AGROSAGI, 2009).

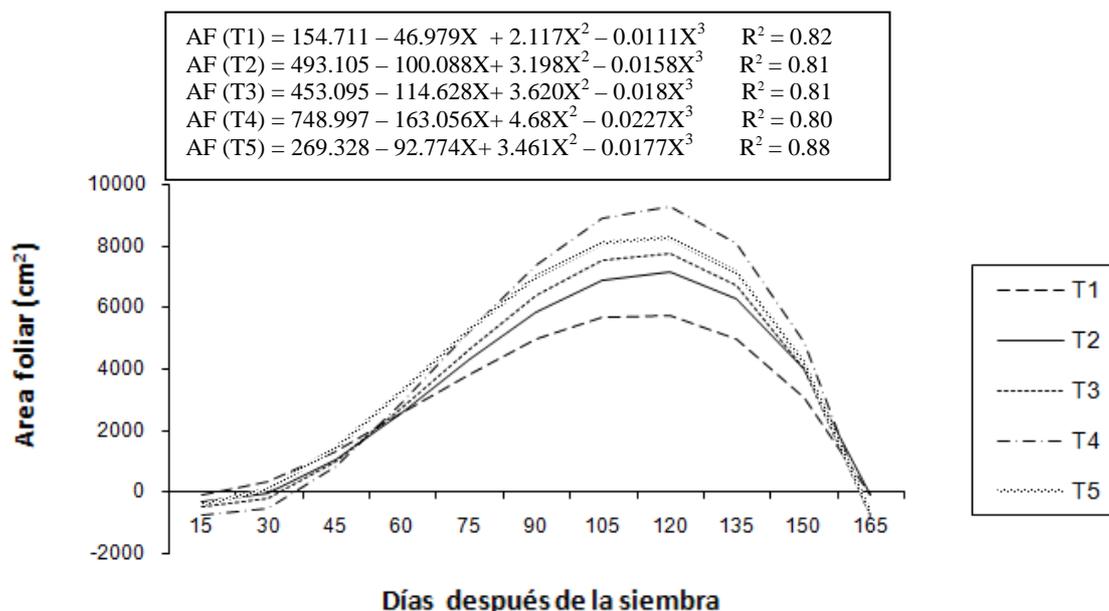


Figura 1. Área foliar obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Índice de área foliar (IAF). Con la aplicación de un fertilizante N-P-K convencional + Bioactivador a los 60 dds (T4) se obtuvo el valor de IAF más alto, lo cual indica una mayor área foliar por unidad de área de suelo en comparación con los demás tratamientos, cuyos resultados fueron de 2.82, 2.37, 2.15, 1.94, donde el mayor valor corresponde al T4 seguido de T3, T2 y T5 respectivamente, presentando el testigo el menor valor con 1.78 (figura 2). Los valores más altos se presentaron en la octava evaluación, luego de este periodo de tiempo el IAF tendió a decrecer, lo cual puede atribuirse al incremento de la senescencia (Aguilar *et al.*, 2005).

Estos resultados se acercan a los encontrados en estudios realizados por Criollo y García (2009), quienes consideran como ideal para plantas C₃ un valor alrededor de 3.4, debido a que la biomasa por unidad de superficie se incrementa hasta un máximo, y que para la

mayoría de plantas de cultivo con mecanismo C_3 , se alcanza con un IAF entre 3 y 4; el incremento en la biomasa según Aguilar *et al.*, (2005), puede atribuirse a una mayor fotosíntesis, debida al incremento del dosel vegetal que proporciona mayor interceptación de luz y mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales.

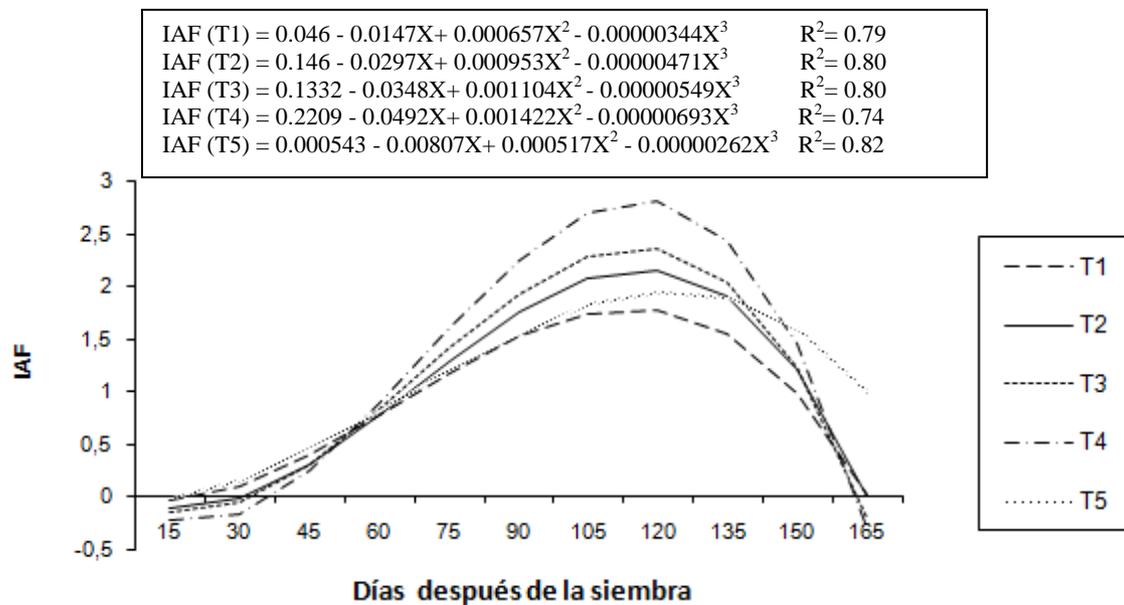


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) obtenido al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Por otra parte, los valores encontrados en la presente investigación fueron inferiores a los encontrados por De la Casa *et al.* (2008), posiblemente debido a la escasa capacidad estructural de la planta para interceptar la radiación solar. Sin embargo, Hay y Walker (1989), reportan valores del IAF que van desde 3 a 8 en distintas variedades de papa, no obstante, aclara que se ha encontrado poca ventaja en el rendimiento en altos IAF, debido a que los estratos medios e inferiores no reciben suficiente luz para la función fotosintética.

Tasa de asimilación neta (TAN). Poorter (1989), manifiesta que el componente fisiológico del crecimiento como lo es la TAN, es el resultado del balance neto entre las ganancias por la tasa de fotosíntesis y las pérdidas por las tasas de respiración de hojas, tallos y raíces. En definición también intervienen, otros factores como la distribución de biomasa en los diferentes órganos, composición química y la formación del área foliar (Villar *et al.*, 2004).

Los valores correspondientes a la TAN mostraron una amplia variación con respecto a los diferentes tratamientos a través del tiempo. Los valores mas altos se presentaron a los 135 dds en tratamiento 1 (0.34) y pasados los 150 dds en tratamiento 3 (0.4), mientras que para los tratamientos 4 y 5 esto ocurrió cerca de los 90 dds (0.14 y 0.072, respectivamente) y para el tratamiento 2 a los 75 dds (0.034) (Figura 3).

Los resultados obtenidos con los tratamientos 5, 4 y 2 concuerdan con estudios realizados por López y Alvarado (1976), sobre el crecimiento de tres variedades de papa donde la TAN fue relativamente alta en las primeras fases de desarrollo del cultivo, pero fue disminuyendo a medida que aumentó la edad de las plantas, hasta alcanzar valores negativos en las semanas 14 y 17 después de la siembra. Por lo tanto, a medida que la planta crece, existe sombreadamiento por las hojas nuevas, por sobreposición de estas, influyendo en la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa, lo cual se ve reflejado en una disminución de la eficiencia fotosintética (TAN), ya sea por la disminución de fotosintatos, por reducción del conjunto de nucleótidos y el gasto adicional de energía (Chartzoulakis y Klapaki, 2000).

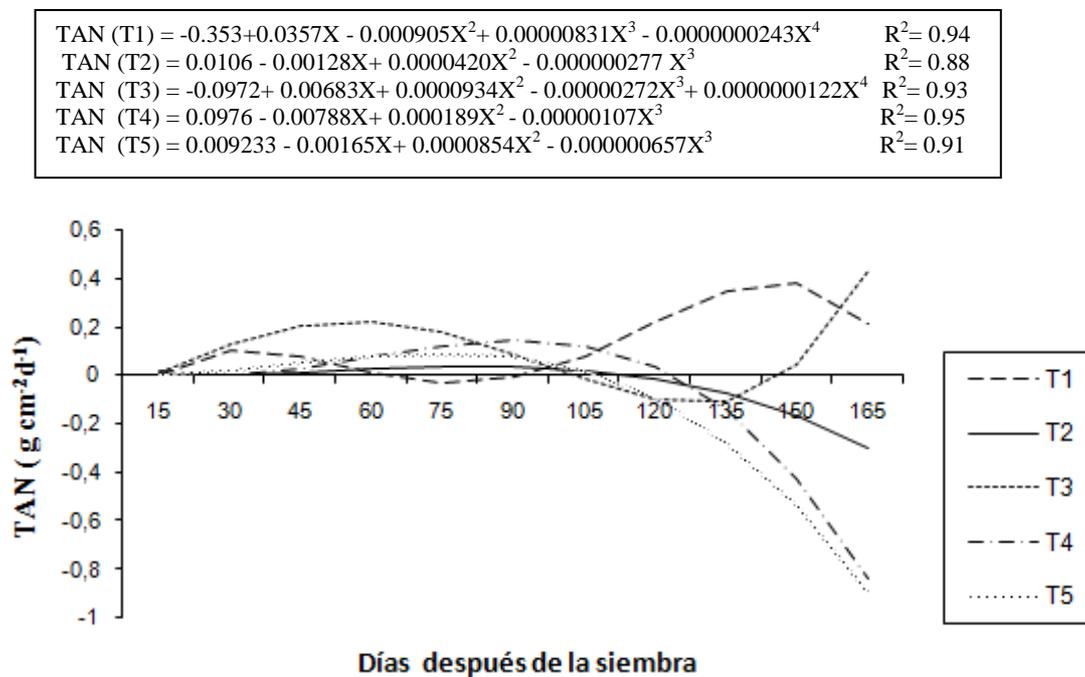


Figura 3. Tasa de asimilación neta (TAN) obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Con respecto al comportamiento de los tratamientos 3 y 1 Moorby, *et al.*, (1975) sugieren que los incrementos en la TAN al final del periodo vegetativo del cultivo no se deben a un factor dominante que controla la tasa fotosintética en papa, sino a la tasa de crecimiento del tubérculo, lo cual puede atribuirse en el caso del tratamiento 3 a la aplicación del bioactivador quien influye sobre el metabolismo de la planta (AGROSAGI, 2009).

Área foliar específica (AFE). El área foliar específica es definida como la relación entre el área foliar y el peso de la hoja (Pérez *et al.*, 2004). En consecuencia el área foliar específica es una de las principales variables que afectan el crecimiento de las plantas, ya que favorece cambios en la RAF y en la eficiencia fotosintética (Bultynck *et al.*, 1999).

Los tratamientos presentaron un comportamiento similar y con diferencias mínimas entre ellos, pudiéndose observar una máxima área foliar de $269.13 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (T5) en la cuarta evaluación (60 dds), seguida de una disminución progresiva hasta los 120 dds llegando a $200 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (en el caso de T1, T2, T3 y T5) y posteriormente un incremento hasta el final del ciclo con un valor de $376.96 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (T1) (Figura 4).

La disminución en el AFE, se debió posiblemente a la menor expansión celular y transporte de fotoasimilados hacia los puntos de crecimiento (Carranza *et al.*, 2009). Dicha reducción puede atribuirse a una alteración en la estructura de la hoja, o bien al incremento en la concentración de nutrimentos considerando este proceso como una incapacidad de la planta para asignar estos compuestos en crecimiento estructural. El AFE disminuye conforme la planta madura, como resultado de un mayor peso individual de la hoja, y en la medida que se incrementa esta, se incrementa su contenido de nitrógeno, el cual, se diluye conforme la planta madura a lo largo del proceso de crecimiento, producto de la acumulación de materia seca (Pérez *et al.*, 2004).

El comportamiento del AFE, según Páez *et al.*, (2000), puede explicarse por el aumento en la relación de peso foliar (RPF), indicando que aumenta la distribución de biomasa

que forma la superficie asimilatoria ya que, se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar.

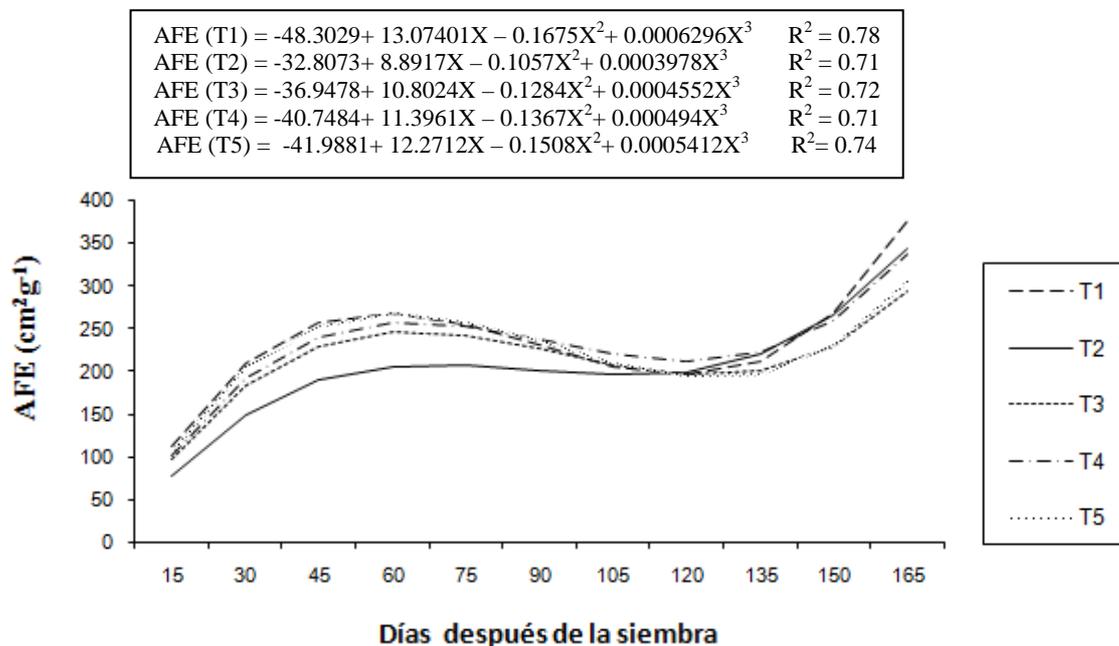


Figura 4. Área foliar específica (AFE) obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

El incremento del AFE a partir de los 120 dds podemos atribuirlo a la senescencia, secado e inicio de maduración de las hojas que ocasionan valores bajos del WF alterando la relación AF/WF, por lo cual se observan valores altos al final del ciclo (Figura 4).

Relación de área foliar (RAF). El comportamiento de los tratamientos en cuanto a la RAF es similar observándose un incremento progresivo desde la primera evaluación realizada a los 15 dds hasta los 75 y 105 dds rango de tiempo en el cual, los tratamientos T4 y T5 alcanzan su mayor valor de 108.19 cm² g⁻¹, para ambos tratamientos (Figura 5), los cuales pueden ser debidos a que las plantas utilizaron sus fotoasimilados en mayor cantidad para el desarrollo y crecimiento de las aéreas fotosintéticamente activas, generando gastos energéticos, lo que conlleva a un menor peso (Carranza *et al.*, 2009).

Sin embargo, después de los 120 dds inicia un decrecimiento hasta encontrar valores negativos (Figura 5), situación que puede presentarse debido a que durante el estado de desarrollo, algunas hojas cesan su expansión mientras que otras entran en senescencia,

encontrando plantas que acumulan mayor materia seca y disminuyen su área foliar fotosintéticamente activa conllevando a menores valores de la RAF (Archila *et al.*, 1998).

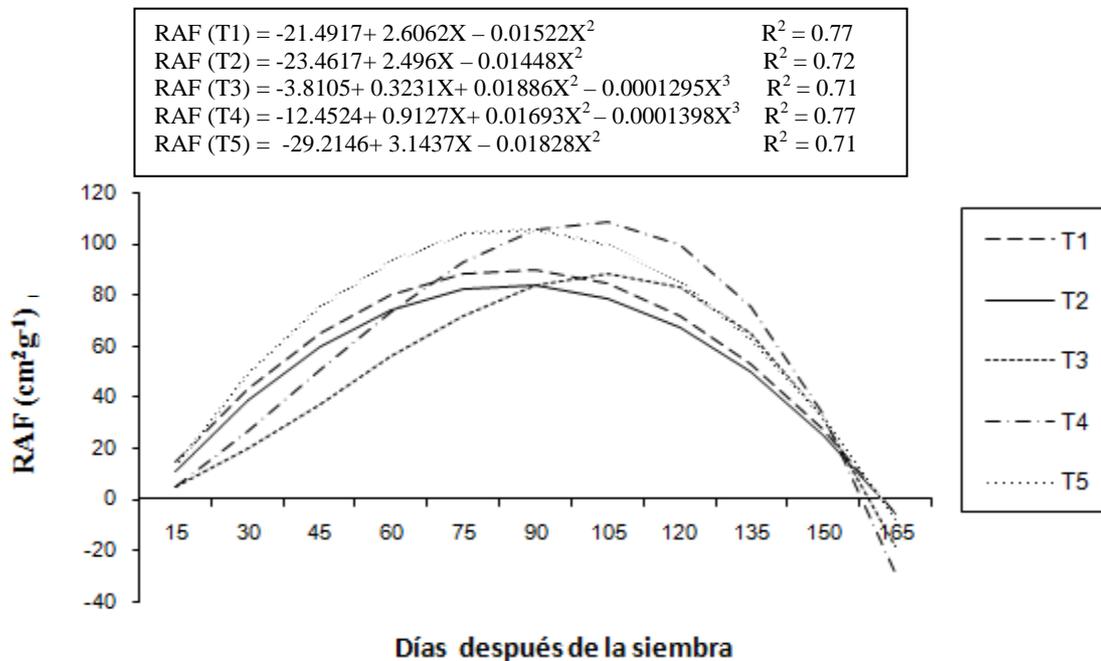


Figura 5. Relación de área foliar (RAF) obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Duración de área foliar (DAF). El máximo DAF se presentó a los 105 días, donde el T4 presenta valores más altos con 43.32 cm² día debido al mayor desarrollo del IAF, seguido de T3 y T5 los cuales presentan poca diferencia entre ellos con valores de 36.65 y 35.5 cm² día respectivamente, observándose además los menores valores para T2 32.619 y T1 27.192; los mayores valores en la DAF se reflejan en un incremento en la producción de biomasa, debido a la mayor radiación interceptada por el dosel vegetal (Aguilar *et al.*, 2005) (Figura 6).

Sin embargo, estos valores son inferiores a los reportados por Aguilar *et al.* (2005) en el análisis de crecimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.) quienes reportan valores de hasta 219.8; Escalante-Estrada (1999) por su parte, reportan valores para el DAF de 219. Los incrementos en el DAF son un factor importante puesto que, la mayor duración del área foliar con su máxima capacidad funcional, determina un mayor rendimiento (Mitchell, *et al.*, 1991).

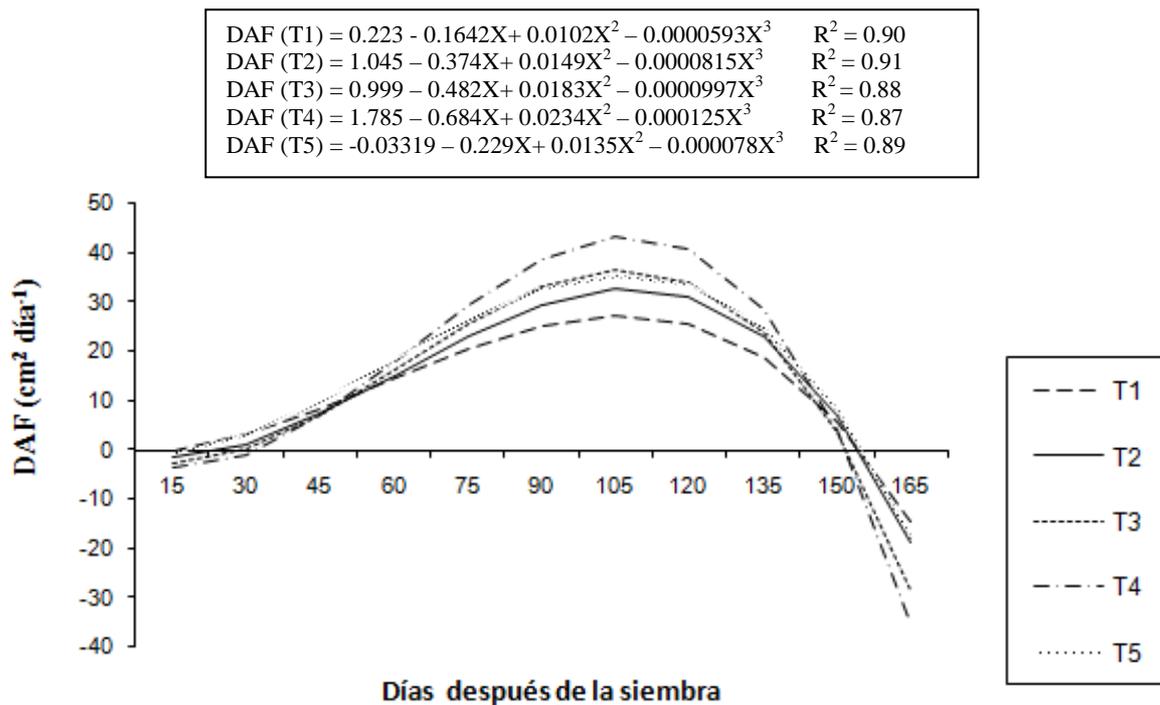


Figura 6. Duración de área foliar (DAF) obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Tasa absoluta de crecimiento (TAC). El índice Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), evalúa la característica más simple del crecimiento, el aumento en superficie foliar o biomasa, que experimenta una planta en un intervalo de tiempo dado (Hernández, *et. al.*, 2008) y representa la relación entre la energía radiante recibida por el follaje y la productividad (Rivas y López, 2005).

La TAC mostró un comportamiento muy similar en los tratamientos T3, T4 y T5 además de no presentar una variaciones altas entre ellos, puesto que inician con un aumento progresivo desde los 30 dds, hasta alcanzar su mayor valor a los 120 dds (3.48, 3.39 y 3.26, respectivamente). Aunque luego decrece (T3 0.92, T4 0.53 y T5 0.24) (Figura 7), debido fundamentalmente a la movilización de fotosintatos hacia la elaboración de estructuras como tallos u otras estructuras, en detrimento de la superficie foliar, además porque este índice es fuertemente modificado por las condiciones ambientales, ya que van a incidir directamente en el crecimiento del cultivo (Hernández, *et. al.*, 2008).

La TAC del presente estudio toma un comportamiento semejante al de la TAC en el estudio realizado por Sedano *et al.*, (2005), en su estudio acerca de la dinámica del crecimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.); además, estos valores son similares a los encontrados por Medeiros *et al.* (2000) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que reportan valores que oscilan entre 0,3 y 1,35 dm² día⁻¹ aunque son inferiores a los encontrados por Hernández *et al.*, (2008), en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) cuyo valor más alto para la TAC fue de 5.6 dm² día⁻¹.

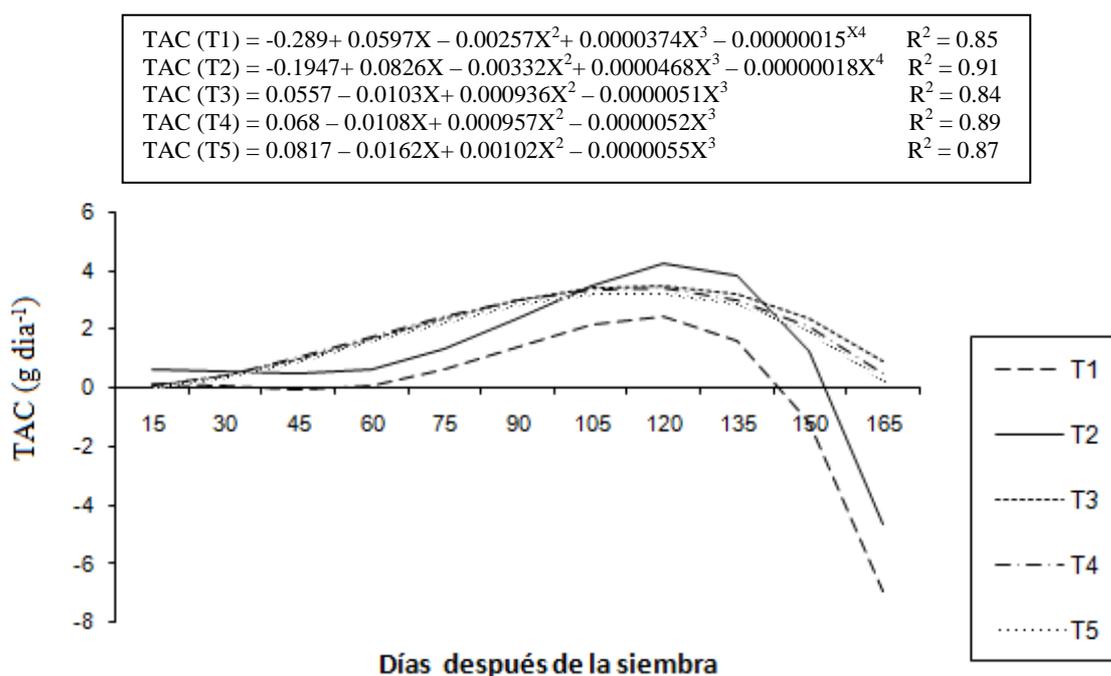


Figura 7. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Materia seca (MS). La materia seca total presentó un incremento progresivo a través del tiempo, hasta alcanzar su máximo valor a los 165 dds, donde T3, T1, T4 y T5 presentaron valores muy semejantes (265.88, 278.63, 305.19, 328.38g respectivamente), mientras que, T2 tuvo al inicio valores inferiores con respecto a los demás tratamientos, sin embargo, al final su valor de materia seca fue mayor (390g) (Figura 8). Según Salisbury y Ross, (1992) la interceptación de la radiación solar y su distribución en el perfil del dosel determinan la respuesta de la planta a la fotosíntesis, dicho proceso es responsable de la materia seca en un 90-95%.

De acuerdo con Hoyos *et al.* (2009), la acumulación de masa seca con comportamiento exponencial en el tiempo, indica que la rapidez de crecimiento es baja al principio pero aumenta en forma continua, esta rapidez es proporcional al tamaño del organismo, cuanto mayor es este, mayor será su crecimiento. Por lo tanto, la asimilación de materia seca y su distribución dentro de la planta, son procesos importantes que determinan la productividad del cultivo. El estudio de los patrones de asignación de materia seca hacia las diferentes partes de la planta, la variabilidad de estos patrones entre cultivares y el efecto de las condiciones ambientales en el proceso, pueden ayudar a maximizar la productividad y a seleccionar cultivares para un propósito particular (Takalign y Hammes, 2005).

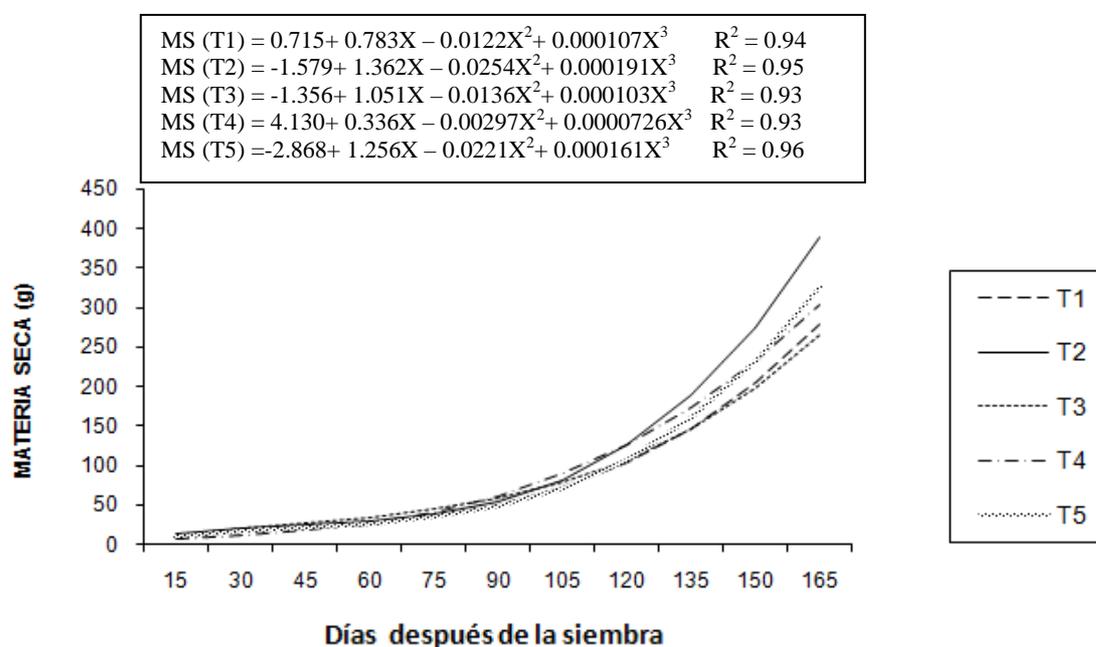


Figura 8. Materia seca obtenida al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de la papa var. Diacol capiro.

Rendimiento. Los datos de rendimiento se expresan en producción de tubérculos en ton ha⁻¹; para obtener el rendimiento total en cada tratamiento, se sumó las cuatro categorías de tubérculo mencionadas. El valor más alto de rendimiento encontrado fue de 39.45 ton ha⁻¹ en el tratamiento 5, tratamientos 4 y tratamiento 3 (36.19 y 34.51 ton ha⁻¹), respectivamente (Figura 9), presentando diferencias estadísticas con respecto al T2 fertilización con N-P-K (33.98 ton ha⁻¹) y el T1 testigo (30.3 ton ha⁻¹). (Anexo 1).

Lo anterior puede atribuirse a la aplicación de Extractum raíz en la siembra, el cual es un bioestimulante con alto contenido de aminoácidos y nutrientes complementarios como fósforo, calcio y magnesio, fortaleciendo la parte estructural y formación de raíces fuertes y de mejor calidad para la toma de nutrientes y un incremento en el rendimiento, así como también, el uso de Extractum RNA estructural 60 días después de la siembra, quien otorga mayor vigor y resistencia a la raíz, forma follaje, tallos más resistentes influyendo en el rendimiento (AGROSAGI, 2009).

Debido a que, los bioestimulantes son mezclas de dos o más reguladores vegetales con otras sustancias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc), pueden actuar sobre la división celular, diferenciación y elongación de las células o modificar procesos fisiológicos de las plantas (Fresoli *et al.*, 2007). Además, los bioestimulantes foliares ofrecen un potencial para mejorar la producción y la calidad de las cosechas, ya que son similares a las hormonas naturales de las plantas que regulan su crecimiento y desarrollo. Estos productos pueden reducir el uso de fertilizantes y la resistencia al stress causado por temperatura y déficit hídrico (Padilla y Trandb, 1972; Galston y Davies, 1969).

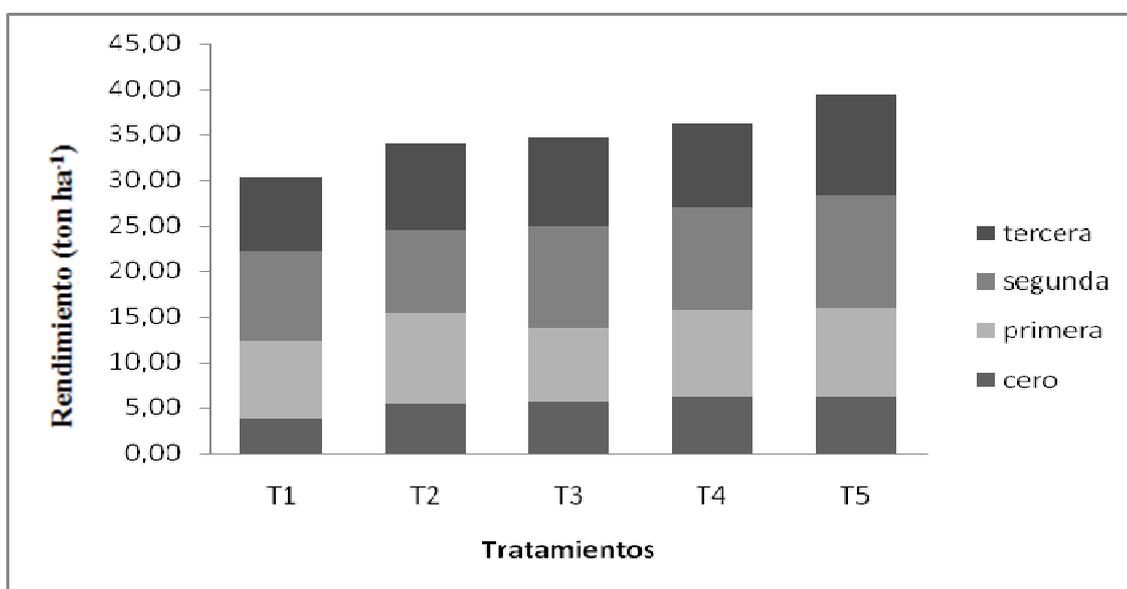


Figura 9. Rendimiento total obtenido al evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento de papa var. Diacol capiro.

CONCLUSIONES

La aplicación de bioestimulantes en el cultivo de papa var. Diacol Capiro mostró efectos positivos sobre el rendimiento, observando un incremento de éste, con respecto a los tratamientos sin uso de dichos productos.

El análisis de crecimiento permitió determinar la eficiencia de los productos utilizados sobre el cultivo de papa en su acumulación de biomasa, el tamaño del sistema asimilatorio con respecto al ciclo de cultivo.

BIBLIOGRAFIA

AGROSAGI. 2009. Ficha técnica de productos agrícolas. Características y uso de los nuevos compuestos Bio - Activadores Biológicos. Colombia. 7p.

AGUILAR, L. ESCALANTE, A. FUCIKOVSKY, L. CHÁVEZ, L. y MARK, E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol (*Helianthus annuus* L.). Terra, (México) 23 (3): 303-310.

ARCHILA, J., CONTRERAS, H., PINZON, H., LAVERDE y CORCHUELO, G. 1998. Análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Agron. Colomb. 16(1) 68-75.

BARRIENTOS, E. 1988. Evaluación de necesidades de N, P y Mg en chile dulce, (*Capsicum annuum* L.), asociado con café, (*Coffea arabica* L.), en siembra nueva. Tesis Ing. Agr. Centro Regional de Occidente, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 49 p.

BULTYNCK, L., FIORANI & LAMBERS, H. 1999. Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspective. Plant Biol. 1:13-18.

CARRANZA, C., LANCHERO, O., MIRANDA, D. y CHAVES, B. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1): 41-48.

CHARTZOULAKIS, K. & KLAPAKI, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Hort.* 86(3):247-260.

CRIOLLO, H. y GARCIA, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rabano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* Colombia. 3 (2): 1-13.

CUASTUMAL, G. y LASSO, J. 2001. Evaluación de la fertilización con micronutrientes en la calidad de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Diacol Capiro, en los municipios de Pasto, Túquerres y Guachucal – Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica, Pasto, Colombia. 114 p.

DE LA CASA, A. OVANDO, G. BREEANINI, L. MARTÍNEZ, J. IBARRA, E. RODRÍGUEZ, A. 2008. El índice de área foliar en papa estimado a partir de la cobertura del follaje. *Agronomía Tropical.* Argentina. 58(1): 61-64.

ESCALANTE-ESTRADA, J. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra (México)* 17: 149-157.

FEDEPAPA. 2002. Federación Colombiana de Productores de Papa. Vademécum del cultivo de la papa. Grafemas, Bogotá. 132 p.

FLÓREZ, V. FER, MIRANDA, D. CHAVES, B. GUZMÁN, J. 2006. Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 500 p.

FRESOLI, D. BERET, P. GUAITA, S. y ROJAS, P. 2007. Evaluación de biestimulante en sojas (*Glycine max* L.) con distintos hábitos de crecimiento. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. 4p.

GALSTON, A. & DAVIES, P. 1969. Hormonal relation in higher plants. pp. 1288 – 1297.

GÓMEZ, C., BUITRAGO, C., CANTE, M. y HUERTAS, C. 1999. Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizada para consumo fresco y para la industria. Revista COMALFI 26(1-3): 42-55.

HAY, R. & WALKER, A. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical. New York.

HERNÁNDEZ, C. y FORNS, A. 2008. Fertilización nitrogenada de la papa en la provincia de Tucumán. XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa VI Seminario Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa. Argentina. pp 113.

HOYOS, V. RODRIGUEZ, M. CÁRDENAS, J. BALAGUERA, H. 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 3 (2): 175-187.

HUNT, R. 1990. Basic growth análisis. Academic Press. London.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. Pasto-Colombia. 735 p. CDR.

LÓPEZ, J. GARCÍA, M. VALLEJOS, J. 2008. Agricultores elaboran y aplican bionsumos en el cultivo de papa en morochata del departamento de Cochabamba-Bolivia. XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Mar del Plata, Argentina. 2 P.

LÓPEZ, G., y ALVARADO, F. 1976. Análisis de crecimiento de tres variedades de papa. En: Resúmenes. VIII Seminario de la Asociación Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal, COMALFI. Barranquilla. Colombia. pp: 34-35.

MEDEIROS, G. ARRUDA, F. SAKAI, E. FUJIWARA, M. BONI, N. 2000. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionados a graus-dias acumulados», Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35(9): 1733–1742.

MITCHELL, J. y SHENNAN, S. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116: 215-221.

MOORBY, J. MUNNS, R. and WALCOTT, J. 1975. Effect of water deficit on photosynthesis and tuber metabolism in potatoes. Australian Journal of Plant Physiology, 2:323-333.

NEUMANN, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant Cell Environ. 28: 239-250.

ORTIZ, C. y BENAVIDES, A. 1994. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y producción de tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) en Botana, Municipio de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica, Pasto, Colombia. 93 p.

PADILLA W. y TRANDB, D. 1972. Desde el Surco .Manual de Fertilización Orgánica y Química. Reguladores de crecimiento en cultivos. Quito-Ecuador. 79p.

PÁEZ, A. PAZ, V. y LÓPEZ, J. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 173-184.

PÉREZ, J., GARCÍA, E., ENRÍQUEZ, J., QUERO, A., PÉREZ, J. y GARAY, A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto 'Mulato' (*Brachiaria* híbrido, cv.). Tec. Pecu. Mex. 42(3): 447-458.

POORTER, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. pp. 45-68. En: Lambers, H. (ed.). Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.

RIVAS, M. y LOPEZ, C. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tec. Pecu. México. 43 (1): 79-92.

SALISBURY, F. y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México. pp. 376-377.

SEDANO, G. GONZALES, V. ENGLEMAN, E. VILLANUEVA, C. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita (*Cucurbita pepo* L.). Revista Chapingo (México) Serie horticultura. 11 (002): 291-297.

STEEL, R. G. D., and TORRIE, J. 1980. Principles and procedures of statistics with special preference to the biological sciences. Mc Graww Hill Book Co. Inc. New York, U.S.A.

TEKALIGN, T. and P.S. HAMMES. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. Scientia Horticulturae 105(1): 13-27.

VILLAR, R. RUIZ, J. QUERO, J. POORTER, H. VALLADARES, F. y MARAÑÓN, T. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones

ecológicas. pp. 191-227. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente; EGRAF, Madrid.

ANEXO 1

Tukey Grouping	Rendimiento	Tratamiento
A	39.458	5
AB	36.198	4
ABC	34.510	3
BC	33.985	2
C	30.305	1

Letras iguales en la columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0.05$)