

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*)

Effect of fertilization on the growth and development of the oat crop (Avena sativa)

Edwin Torres-Moya¹, Daniel Ariza-Suárez², Carlos D. Baena-Aristizabal³, Sebastián Cortés-Gómez⁴, Laura Becerra-Mutis⁵ y Camila A. Riaño-Hernández⁶

¹ Universidad Nacional de Colombia.
Av. Carrera 30 No. 45-03 Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: etorresm@unal.edu.co

RESUMEN: El efecto de las prácticas de fertilización en la productividad de los cultivos y en el manejo de los recursos provenientes del suelo ha sido un elemento clave de la investigación en la agricultura sostenible y el cambio global. Sobre esta base, se realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización orgánica y la fertilización química (inorgánica) en el cultivo de la avena (*Avena sativa* var. Cayuse), en condiciones de campo. Para ello se implementó un diseño completamente al azar. Se aplicaron diferentes combinaciones de fertilización orgánica e inorgánica (100 % orgánica, 75 % orgánica y 25 % inorgánica; 25 % orgánica y 75 % inorgánica, 100 % inorgánica, y un control no fertilizado), y se observaron sus efectos en el crecimiento y el desarrollo. La combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para las variables biomasa, rendimiento, índice de área foliar y tasa de crecimiento del cultivo no mostró diferencias significativas respecto al tratamiento 100 % inorgánico. Se concluye que la combinación de fuentes de fertilización orgánica e inorgánica representa una alternativa confiable en el corto plazo para garantizar los requerimientos nutricionales de la avena forrajera, con base en las variables evaluadas.

Palabras clave: biomasa, compost, índice de área foliar.

ABSTRACT: The effect of fertilization practices on crop productivity and the management of the soil resources has been a key focus of research in sustainable agriculture and global change. For this reason, the current experiment was conducted in order to determine the effect of organic and chemical (inorganic) fertilization on the oat crop (*Avena sativa* var. Cayuse) under field conditions. For such purpose, a completely randomized design was implemented. Different combinations of organic and inorganic fertilizers were applied (100% organic; 75% organic and 25% inorganic, 25% organic and 75% inorganic, 100% inorganic and a non-fertilized control) and their effects on growth and development were observed. The combination of organic and inorganic fertilizers did not show significant differences for biomass, yield, leaf area index and crop growth rate compared with the plants that received 100% inorganic fertilizer. It is concluded that the combination of organic and inorganic fertilizers represents a reliable alternative in the short term to satisfy the nutritional requirements of forage oat crop based on the evaluated variables.

Keywords: biomass, compost, leaf area index.

INTRODUCCIÓN

La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea de importancia por su valor alimenticio, ya que según Rodríguez y Sana (2007) contiene concentraciones significativamente altas de carbohidratos fermentables (almidones), razón por la cual es cultivada como forraje para la alimentación del ganado (Assefa y Ledín, 2001).

La aplicación de fertilizantes puede proveer los nutrientes necesarios para las plantas con el fin de obtener altos rendimientos. Su uso puede aumentar

la productividad, teniendo en cuenta que la fuente, la dosis y la época de aplicación deben ser adecuadas para evitar sobrecostos, daños a la planta y problemas ambientales (FAO, 2002). La fertilización convencional o de síntesis química demanda una gran inversión económica y puede ocasionar efectos ambientales negativos en los sistemas productivos. Por esta razón es necesario emplear alternativas, como la aplicación de fertilizantes orgánicos (Zuluaga *et al.*, 2010); estos pueden suplir

los requerimientos nutricionales de los cultivos, igualar la producción de forraje a la que se obtiene con el uso de fertilizantes inorgánicos (Tamayo *et al.*, 2007; Zuluaga *et al.*, 2010) y propiciar características agronómicas de calidad.

Además, este tipo de fertilizantes mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Bolaños y Rodríguez, 2009) y el medio en que se establecen los microorganismos solubilizadores (Sattelmacher *et al.*, 1991).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la fertilización orgánica, la inorgánica y su combinación en variables del crecimiento y desarrollo de *A. sativa* var. Cayuse.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, a una altura de 2 640 msnm, temperatura diurna de 19 °C, temperatura nocturna de 11 °C y humedad relativa promedio de 40 %. El área del experimento fue de 120 m² (6 m de ancho x 20 m de largo), distribuida en cuatro subparcelas (cada una de 1,2 m de ancho) divididas en cinco hileras (cada una de 4 m de largo y 0,4 m de ancho). La siembra se realizó en cada hilera con 87,4 kg de semilla/ha de avena var. Cayuse.

Tratamientos. Para el ajuste de los tratamientos se tuvo en cuenta el análisis de suelo, el cual presentaba textura franco-arenosa y un contenido total de 0,45 % de N, por lo que fue necesaria una aplicación de 92 kg de N/ha. El fertilizante orgánico provenía del compost de una planta de sacrificio, y tenía 1,14 % de N y una densidad de 0,54 g/cm³; en el caso del fertilizante químico, se empleó una fórmula completa (15-15-15).

Los tratamientos consistieron en: T1: 100 % de fertilizante orgánico, T2: 75 % fertilizante orgánico y 25 % fertilizante fórmula completa, T3: 25 % fertilizante orgánico y 75 % fertilizante fórmula completa, T4: 100 % fertilizante fórmula completa, C: control sin fertilización.

En T1 el fertilizante se aplicó al inicio del experimento (6 t/ha). En T4 se aplicó un total de 616 kg/ha. Las aplicaciones se realizaron en tres momentos diferentes: 40 % en presembrado, 30 % a los 15 días después de la siembra (dds) y 30 % a los 45 dds, según las recomendaciones de Florez (2005). El ensayo duró 84 días.

Mediciones. El desarrollo vegetativo de las plantas fue caracterizado en cada uno de los muestreos mediante la escala fenológica de la BBCH

(Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) para cereales, teniendo en cuenta el estadio en que se encontraba la planta, a través del número de hojas y macollas (Zadoks *et al.*, 1974). Estos datos se compararon directamente con algunas variables de crecimiento, y se relacionó la etapa fenológica de las plantas con los dds.

En cuanto al crecimiento, en cada muestreo se realizaron las siguientes mediciones directas: peso fresco de la parte aérea (PFPA); peso seco de la parte aérea (PSPA), con tejido secado a 70 °C durante 72 h; y área foliar, calculada mediante el software ImageJ (Schneider *et al.*, 2012).

Con los datos del área foliar y el peso seco de la parte aérea se calcularon las variables de crecimiento (tabla 1): índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), según Hunt *et al.* (2002), las cuales son derivadas de las mediciones directas (Melgarejo *et al.*, 2010). El rendimiento se cuantificó como producción de forraje por hectárea y número de macollas por metro cuadrado.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se empleó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad de muestreo consistió en un rectángulo de 150 cm² (50 cm x 30 cm), que fue lanzado al azar en cada parcela para muestrear todas las plantas que estaban incluidas en esa área. Los muestreos se realizaron a los 18, 32, 53 y 70 dds.

El análisis estadístico se realizó mediante el software R (Hornik, 2016), con un valor de *p* de 0,05; y se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey en caso de existir diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de las plantas a los 70 dds fue diferente entre los tratamientos. En T4, T3 y T2 las plantas tenían alrededor de veintitrés hojas (BBCH 19), mientras que en T1 y en el control poseían quince hojas (BBCH 15). Se hallaron diferencias significativas en la acumulación de biomasa en T4 con respecto a T1 y al control (fig. 1). No hubo diferencia entre los tratamientos que incluyeron alguna proporción de fertilización inorgánica y el control, a los 53 dds.

Estos resultados se pueden relacionar directamente con la disponibilidad de N de los fertilizantes inorgánicos en comparación con los abonos orgánicos. Los fertilizantes inorgánicos de liberación rápida se solubilizan fácilmente en el suelo,

Tabla 1. Fórmulas empleadas en la determinación de los índices de crecimiento

Índice de crecimiento	Fórmula
Índice de área foliar (IAF)	$\frac{L_A}{G_A}$
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)	$\frac{W_2 - W_1}{(t_2 - t_1)(G_A)}$
Relación de área foliar (RAF)	$\frac{\frac{L_{A2}}{W_2} + \frac{L_{A1}}{W_1}}{2}$
Tasa de asimilación neta (TAN)	$\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} * \frac{\ln L_{A2} - \ln L_{A1}}{L_{A2} - L_{A1}}$
Tasa de crecimiento relativo (TRC)	$\frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$

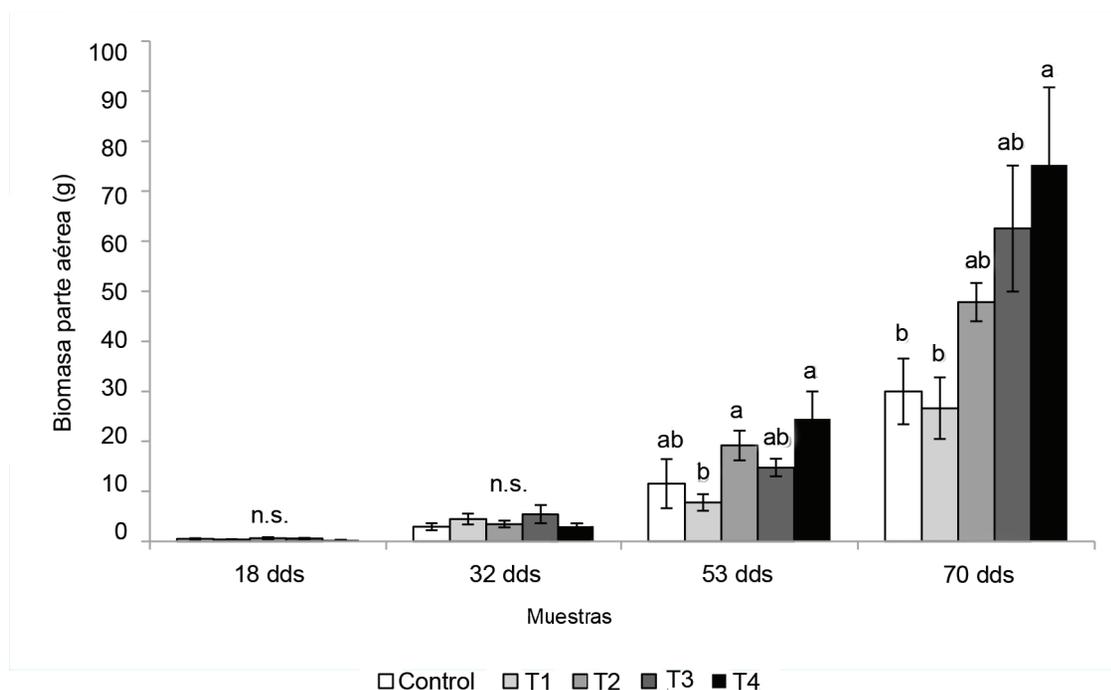


Figura 1. Biomasa de la parte aérea de *A. sativa* con diferentes combinaciones de fertilización orgánica e inorgánica. (Las letras representan las diferentes agrupaciones obtenidas de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$)).

por lo cual su efecto en la nutrición de las plantas es directo y rápido. Por otro lado, los abonos orgánicos liberan algunos nutrientes a una manera más lenta, ya que este proceso depende directamente de la ac-

tividad microbiana en el suelo y de algunos factores abióticos; ello dificulta garantizar las necesidades nutricionales de los cultivos inmediatamente después de su aplicación (Chen, 2006; Chang *et al.*,

2010). La avena, al igual que muchas especies de gramíneas, muestra una respuesta favorable en el crecimiento al adicionar N, por lo cual es común que aumente la acumulación de biomasa en las plantas (Fontanetto *et al.*, 2008).

El rendimiento de avena para forraje a los 70 dds fue significativamente superior en T4 que en T1 y en el control. T2 y T3 no presentaron diferencias significativas en relación con el resto (fig. 2). Paralelamente, el rendimiento de macollas por metro cuadrado mostró un comportamiento similar al descrito (fig. 3). Ello indica que la respuesta del cultivo en rendimiento fue significativamente superior cuando el suplemento nutricional de NPK se proporcionó a través de fertilización 100 % inorgánica. No obstante, la fertilización combinada orgánica-inorgánica (T2 y T3) generó un resultado intermedio.

Ahmad *et al.* (2011) concluyeron que el uso de fertilizantes inorgánicos favoreció más la producción de avena para forraje que los fertilizantes orgánicos. Estos autores también reportaron que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos puede suplir parcialmente la demanda nutricional del cultivo en función del rendimiento. En este sentido, Montemurro *et al.* (2006) informaron que

en *Dactylis* sp. la fertilización orgánica e inorgánica combinada produjo un aumento en el rendimiento de forraje, pero este resultado fue ligeramente inferior al obtenido con fertilizantes inorgánicos.

Los resultados obtenidos con T3 (fig. 3) coinciden con los informados por Jayanthi *et al.* (2002), quienes señalaron que los abonos orgánicos e inorgánicos combinados aumentan el número de macollas. Por otro lado, Lakho *et al.* (2004) reportaron que se puede obtener un incremento significativo en el rendimiento de maíz forrajero al incluir fertilizantes orgánicos dentro del manejo de los fertilizantes inorgánicos. Lo anterior indica que una inclusión parcial de fertilizantes orgánicos dentro de las estrategias de manejo de la fertilidad de los cultivos forrajeros puede favorecer su rendimiento.

En cuanto a la TCC (fig. 4), se observó un aumento a través del tiempo en todos los tratamientos; T4 y T2 mostraron diferencias significativas con respecto a T1 entre 32 y 53 dds, mientras que T3 y el control tuvieron un resultado similar para esta variable. Asimismo, T4 y T3 difirieron significativamente con respecto a T1 y al control entre 53 y 70 dds. Tal comportamiento puede explicarse por la entrega de nutrientes de cada fertilizante en el tiempo, de acuerdo con los procesos de mineralización que ocurren en el

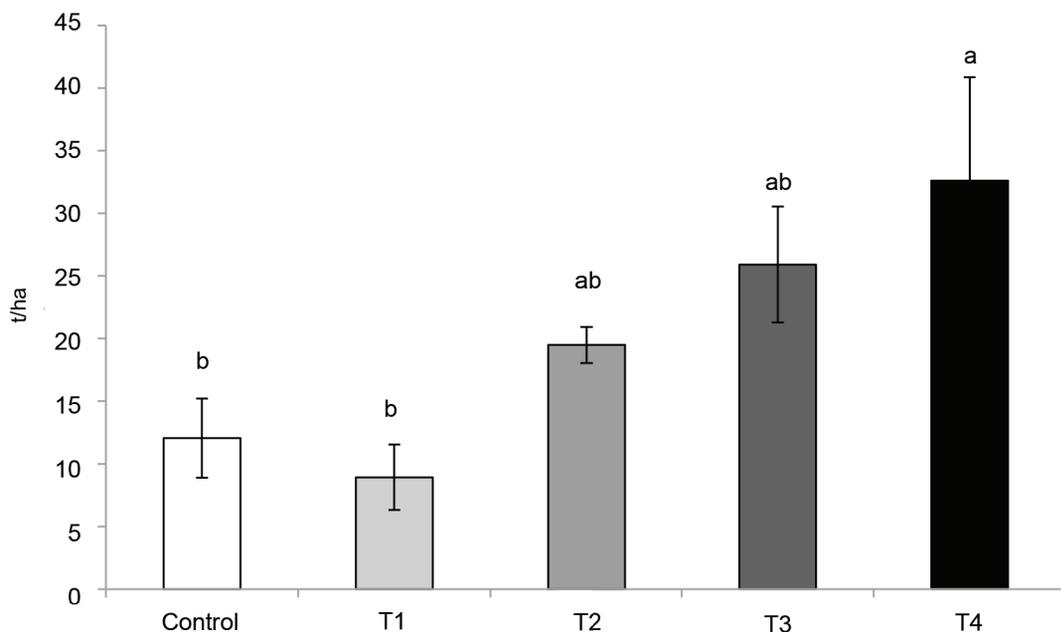


Figura 2. Rendimiento de *A. sativa* con diferentes combinaciones de fertilización orgánica e inorgánica en diferentes días de muestreo (18, 32, 53 y 70 dds).

Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

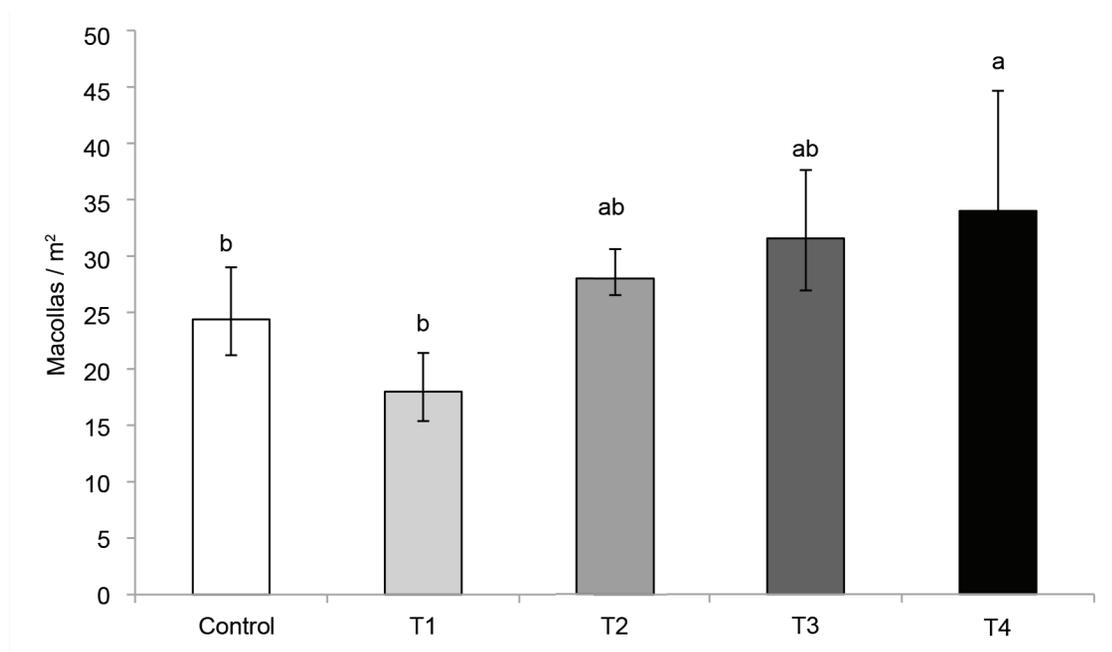


Figura 3. Número de macollas/m² de *A. sativa* con diferentes combinaciones de fertilización. Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

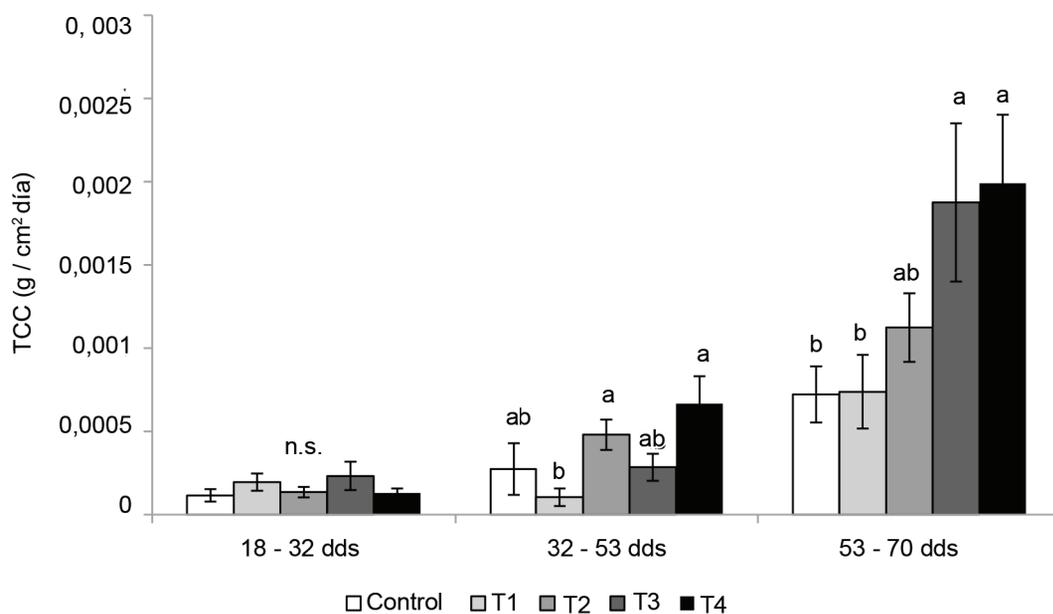


Figura 4. Tasa de crecimiento del cultivo. Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

suelo (Chen, 2006; Chang *et al.*, 2010). Esta puede ser una de las razones por las cuales los tratamientos con fertilización orgánica presentaron valores bajos de TCC.

El índice de área foliar, que representa la proyección del área foliar sobre el plano del suelo –o sea, el área del conjunto de las hojas por unidad de suelo– (Calvo *et al.*, 2005), es importante en los

procesos fotosintéticos (Liang *et al.*, 2014). En este estudio se observó que desde los 53 dds hubo diferencias significativas en el IAF entre T4 y T1 y el control (fig. 5), lo cual se mantuvo hasta los 70 dds. De igual forma, la TCC presentó diferencias significativas entre 32-53 dds y 53-70 dds. El comportamiento de estas dos variables a los 70 dds para cada tratamiento es comparable con el de la acumulación de biomasa y el rendimiento (figs. 1 y 2). El resultado descrito anteriormente indica que las diferencias significativas en la producción de área foliar entre los tratamientos pudieron generar un aumento diferencial en la producción de biomasa por unidad de área en el cultivo. Así, el IAF y la TCC mostraron que hubo una relación entre la ganancia de área foliar y la ganancia de biomasa. Además, se observó que los diferentes tratamientos mantuvieron una proporción de aumento similar para ambos índices.

La anterior interpretación comprende el aumento en el área foliar del cultivo y la producción total de biomasa para cada tratamiento, factores clave implicados en la ganancia de carbono de las plantas. En este estudio se caracterizó la ganancia de carbono mediante la TAN. No obstante, no fue posible establecer una relación clara entre los resultados de la TAN (fig. 7) con respecto a los del IAF y la TCC (figs. 4 y 5), con excepción de las diferencias significativas halladas entre los 32 y 53

dds. Ello indica que la relación proporcional entre el área foliar y la ganancia de biomasa (sin tener en cuenta el área del suelo) en el tiempo no mantuvo un comportamiento similar al descrito para la TCC y el IAF, lo cual puede explicar la baja similitud con la ganancia de carbono.

La TAN depende directamente del área foliar y de la disposición y la edad de las hojas, así como del metabolismo interno de la planta y su respuesta a factores externos mediante la actividad respiratoria (Hunt *et al.*, 2002). Hubo diferencias significativas únicamente entre 32 y 53 dds, período en que la ganancia de carbono fue superior para las plantas de T4 con respecto a las de T3 y T1. El aumento de la TAN puede atribuirse a la fertilización, ya que según Lopes *et al.* (2011) esta práctica está directamente involucrada en el mayor desarrollo del tejido foliar.

La TRC solo presentó diferencias significativas entre los 32 y 53 dds, período en que T4 y T2 mostraron mejores resultados en comparación con T1 (fig. 6). En la variación de la TRC están involucrados diferentes factores internos, como la etapa de desarrollo de la planta, y factores externos, tanto bióticos como abióticos (Shiple, 2006). Algunos reportes indican que el tipo de fertilización puede tener un gran impacto en el crecimiento de las plantas (Chen, 2006; Derkowska *et al.*, 2015), lo cual

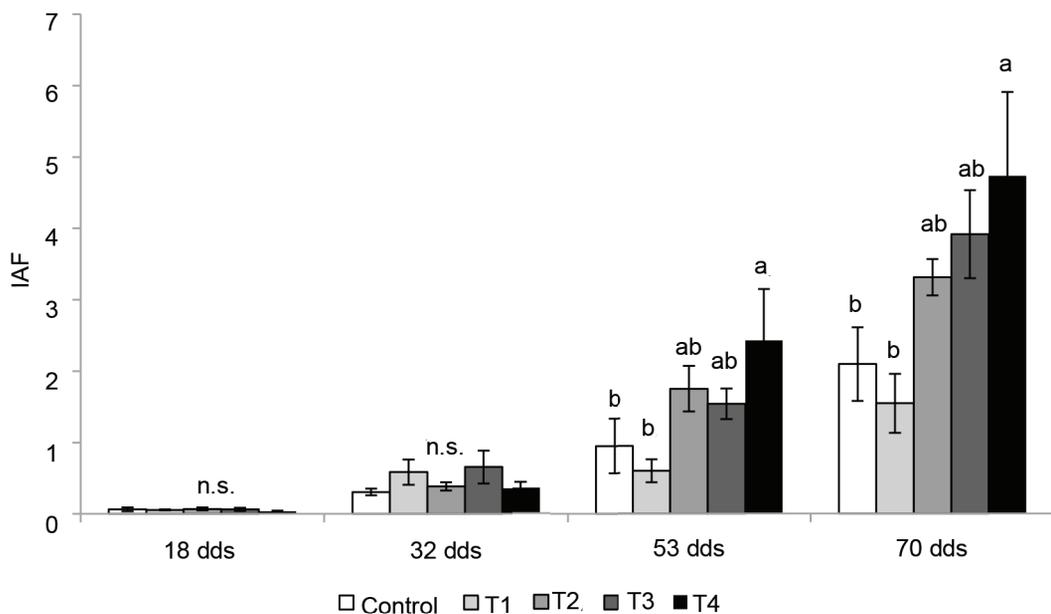


Figura 5. Índice de área foliar de *A. sativa*
Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

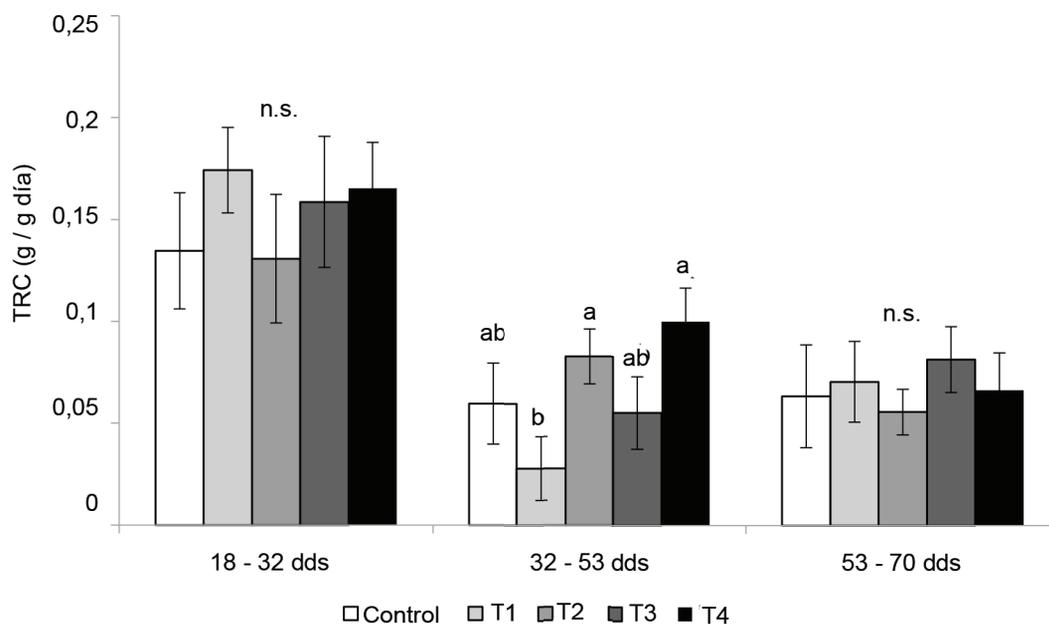


Figura 6. Tasa relativa de crecimiento

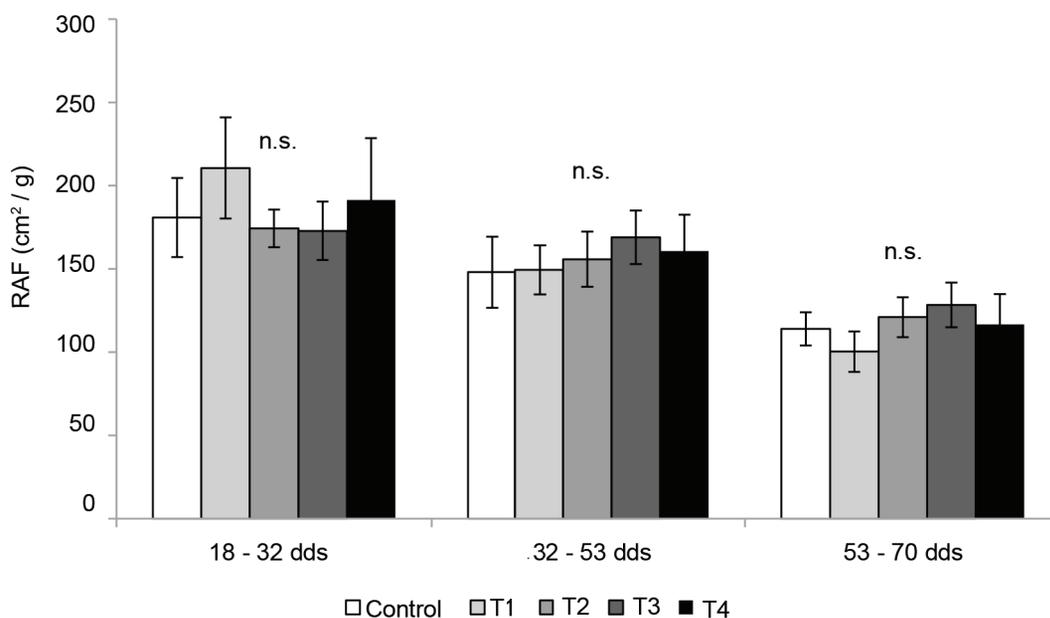


Figura 7. Tasa de asimilación neta.
Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

pudo haber influido en los resultados del presente estudio.

La TAN representa la ganancia neta de carbono producido mediante la fotosíntesis en relación con

su consumo en la respiración, ambos expresados por unidad de área foliar en el tiempo (Carranza *et al.*, 2009). La tasa relativa de crecimiento es el resultado de procesos complejos en la planta, de-

terminados por aspectos fisiológicos, morfológicos, genéticos y ambientales. Cabe señalar que existen diferentes metodologías relacionadas entre sí, para la cuantificación y modelamiento de la TRC en los estudios con plantas (Pommerening y Muszta, 2016). Así, el método utilizado en este estudio se basa en el incremento relativo periódico en el crecimiento de la planta.

El comportamiento de la TAN se puede relacionar directamente con el de la TRC, ya que ambas presentaron las mismas proporciones de aumento y mantuvieron las diferencias significativas con respecto a otros tratamientos, con excepción del T3 entre 32 y 53 dds (figs. 6 y 7). Paralelamente, se observó que la RAF no presentó diferencias entre los tratamientos en ningún momento de muestreo (fig. 8). La tasa relativa de crecimiento expresa el incremento en materia seca por unidad de biomasa en el tiempo, por parte de las plantas. Este índice es el producto entre la ganancia neta de carbono y la fracción del peso seco total de las plantas correspondientes a la parte aérea. Sobre esta base, es posible explicar la similitud de la TRC con respecto a la TAN, ya que la RAF resultó homogénea en los diferentes tratamientos y, por tanto, no tuvo gran impacto sobre la TRC. Este resultado es comparable con el obtenido por Shipley (2006), quien reportó que la TAN generalmente es el mejor

índice para predecir la variación de la TRC cuando las plantas crecen en condiciones de alta radiación solar.

De acuerdo con los resultados se concluye que la combinación de fertilizantes inorgánicos y orgánicos representa una alternativa para garantizar los requerimientos nutricionales a la avena forrajera en condiciones similares a las del presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Facultad de Ciencias Agrarias, Área de Fisiología de Cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, A. H.; Wahid, A.; Khalid, F.; Fiaz, N. & Zamir, M. S. I. Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*. 147:39-49, 2011.
- Assefa, G. & Ledin, I. Effect of variety, soil type and fertiliser on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Anim. Feed Sci. Tech.* 92 (1-2):95-111, 2001.

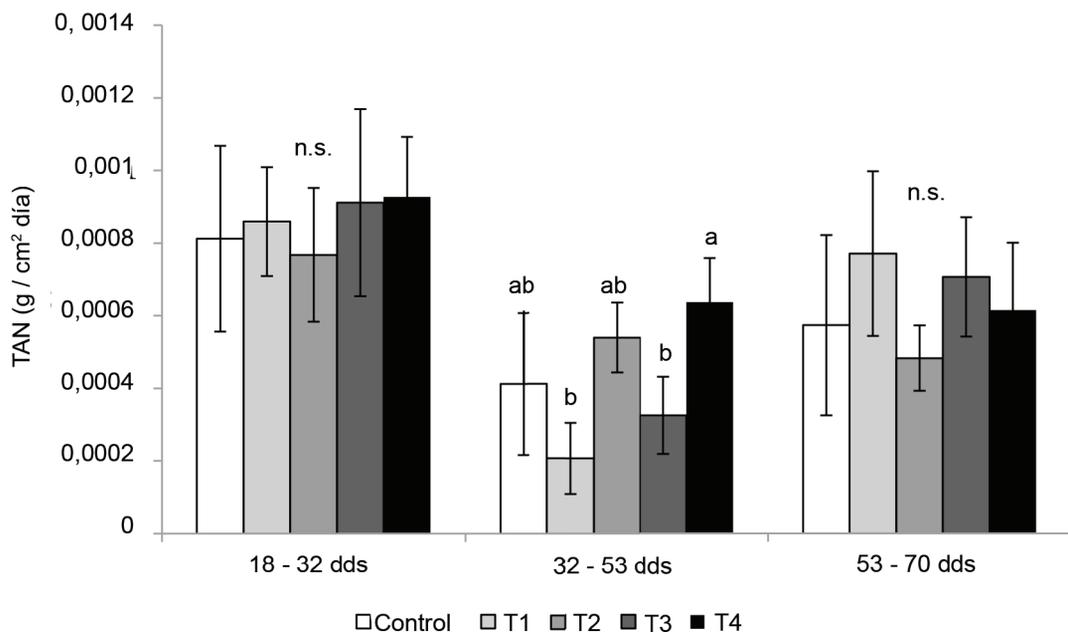


Figura 8. Relación del área foliar.
Letras no comunes difieren a $p < 0,05$ (Tukey).

- Bolaños, M. & Rodríguez, E. A. Fertilización integrada: química, orgánica y biofertilización en el desarrollo de plántulas de ají (cayenne y jalapeño). *Suelos Ecuatoriales*. 39 (1):66-71, 2009.
- Calvo, Mónica; Silva-Pando, F. J.; Rozados, M. J.; Díaz, Marta; Rodríguez, Patricia & Duo, Ivonne. El índice de área foliar (LAI) en masas de abedul (*Betula celtiberica* Rothm.et Vasc.) en Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 20:111-116, 2005.
- Carranza, C.; Lancho, O.; Miranda, D. & Chaves, B. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agron. Colomb.* 27 (1):41-48, 2009.
- Chang, K.; Wu, R.; Chuang, K.; Hsieh, T. & Chung, R. Effects of chemical and organic fertilizers on the growth, flower quality and nutrient uptake of *Anthurium andreaeanum*, cultivated for cut flower production. *Sci. Hortic.-Amsterdam*. 125 (3):434-441, 2010.
- Chen, J. H. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use*. Thailand: Land Development Department, 2006.
- Derkowska, Edyta; Paszt, Lidia S.; Trzeciński, P.; Przybył, M. & Weszczak, K. Influence of biofertilizers on plant growth and rhizosphere microbiology of greenhouse-grown strawberry cultivars. *Acta Sci. Pol.-Hortorum Cultus*. 14 (6):83-96, 2015.
- Echeverri-Zuluaga, J.; Restrepo, L. F. & Parra, J. E. Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*. 7 (2):94-100, 2010.
- FAO. Fundamento de la necesidad de fertilizantes (aumento de la producción y aumento del ingreso de los agricultores). En: *Los fertilizantes y su uso*. 4a. ed. Roma: FAO, IFA, 2002.
- Florez, A. *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima: ITDG, OIKOS, 2005.
- Fontanetto, H.; Keller, O.; F., García; & Ciampitti, I. *Fertilización nitrogenada en avena*. Informaciones agronómicas IPNI No. 38. p. 25-26, 2008.
- Hornik, K. *The R FAQ*. <http://CRAN.R-project.org/doc/FAQ/R-FAQ.html>, 2016.
- Hunt, R.; Causton, D. R.; Shipley, B. & Askew, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Ann. Bot.-London*. 90 (4):485-488, 2002.
- Jayanthi, C. P.; Malarvizhi, P.; Fazullah Khan, A. K. & Chinnusamy, C. Integrated nutrient management in forage oat (*Avena sativa* L.). *Indian J. Agron.* 47 (1):130-133, 2002.
- Lakho, A. A.; Oad, F. C.; Solangi, A. A. & Siddiqui, M. H. Economics of maize fodder under organic and inorganic fertilizers. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6 (6):1172-1173, 2004.
- Liang, S.; Zhang, X.; Xiao, Z.; Cheng, J.; Liu, Q. & Zhao, X. Leaf area index. *Global and surface satellite (GLASS) products*. Switzerland: Springer International Publishing. p. 3-31, 2014.
- Lopes, M. N.; Pompeu, R. C. F. F.; Cândido, M. J. D.; Lacerda, C. F. D.; Silva, R. G. D. & Fernandes, F. R. B. Growth index in massai grass under different levels of nitrogen fertilization. *Rev. Bras. Zootecn.* 40 (12):2666-2672, 2011.
- Melgarejo, Luz M., Ed. *Experimentos en fisiología vegetal*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- Montemurro, F.; Maiorana, M.; Convertini, G. & Ferri, D. Compost organic amendments in fodder crops: effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. *Compost Sci. Util.* 14 (2):114-123, 2006.
- Pommerening, A. & Muszta, A. Relative plant growth revisited: Towards a mathematical standardisation of separate approaches. *Ecol. Model.* 320:383-392, 2016.
- Rodríguez, C. & Sana, W. Importancia de la cebada y la avena en la alimentación animal. *El cerealista*. 9-12, 2007.
- Sattelmacher, B.; Reinhard, S. & Pomikalko, A. Differences in mycorrhizal colonization of rye (*Secale cereale* L.) grown in conventional or organic (biological-dynamic) farming systems. *J. Agron. Crop Sci.* 167 (5):350-355, 1991.
- Schneider, C. A.; Rasband, W. S. & Eliceiri, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*. 9 (7):671-675, 2012.
- Shipley, B. Net assimilation rate, specific leaf area and leaf mass ratio: which is most closely correlated with relative growth rate? A meta-analysis. *Funct. Ecol.* 20 (4):565-574, 2006.
- Tamayo, A.; Franco, G.; Hincapié, M. & Rodríguez, J. E. Abonamiento orgánico del cultivo de la esteva en Colombia. *Suelos Ecuatoriales*. 37 (2):155-159, 2007.
- Zadoks, J. C.; Chang, T. T. & Konzak, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14 (6):415-421, 1974.

Recibido el 13 de enero del 2015

Aceptado el 9 de marzo del 2016

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación equitativa de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

Financiación: El estudio fue financiado por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Área de fisiología de Cultivos