

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2):33-46. Recibido: 04/09/2017 Aceptado: 21/11/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.3>

Crecimiento inicial de dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*) en el trópico de Ecuador

Initial growth of two varieties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) in the tropics of Ecuador

Hilda López-Hidalgo¹ behilop22@hotmail.com, Juan Martínez-González^{2*} jmartinez@docentes.uat.edu.mx, Diana Balseca-Guzmán¹ gabytas_20@hotmail.com, Luis Gusqui-Vilema¹ lgusqui@ute.edu.ec, Eugenia Cienfuegos-Rivas² ecienfue@docentes.uat.edu.mx

¹Universidad Tecnológica Equinoccial-Centro de Investigación. Extensión Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Autor responsable y de correspondencia: Juan Carlos Martínez González. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción y eficiencia del crecimiento inicial de dos variedades de Gandul (*Cajanus cajan* var. Negro y EGV22) con y sin fertilización nitrogenada. Las plantas fueron sembradas en bolsas de plástico durante el verano del 2012. Se aplicó a los 90 d de germinación dos tratamientos de fertilización nitrogenada (+N y -N). Las variables fueron: número de nódulos (NN), largo de raíz (LR), peso de nódulos (PN), altura de planta (AP), materia seca total (MST), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), tasa de asimilación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Se utilizó un diseño experimental completo al azar con arreglo factorial 2x2 y análisis de regresión. Se observó diferencia ($P < 0.05$) entre variedades para NN, AP, TAN y TCC, donde el mayor promedio de AP lo obtuvo la variedad EGV22. Para el factor nitrógeno, su aplicación provocó disminución ($P < 0.05$) en NN, PN y AP. Se concluye que la variedad Negro, puede ser utilizada en los sistemas de producción pecuarios, ya que tiene una buena producción de materia seca y un mejor establecimiento, adaptándose mejor a las condiciones ambientales del trópico de Ecuador.

Palabras clave: fertilización nitrogenada, leguminosas, tasas de crecimiento.

ABSTRACTS

The objective was to assess the production and efficiency of the initial growth of *Cajanus cajan* var. Black and EGV22 with and without nitrogen fertilizing. The plants were planted in plastic bags during summer 2012. Two nitrogen fertilization treatments were applied at 90 d of germination (+ N and - N). The variables were: number of nodules (NN), long of root (LR), weight of nodules (WN), height of plant (HP), dry matter total (DMT), index of area leaf (IAL), area foliar specific (AFS), rate of assimilation (RA), rate relative of growth (RRG) and rate of growth of the crop (RGC). A full-randomized experimental design was used with a factorial arrangement 2 x 2 and regression analysis. Differences were observed ($P < 0.05$) among varieties for NN, HP, so and RGC, where the highest average HP was obtained by EGV22 variety. For the nitrogen factor, its application decreased ($P < 0.05$) NN, WN, and HP. It is concluded that Black variety can be used in the production systems since it has great DMT and the best establishment for the environmental conditions of the tropic of Ecuador.

Keywords: nitrogen fertilization, legumes, growth rates.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el constante crecimiento de la población humana ha incrementado la demanda alimenticia. En Ecuador, de acuerdo con los datos del III Censo Nacional Agropecuario (SINAGAP, 2012), el 11.0% de la tierra sembrada corresponde a cultivos perennes, el 27.2% a pastos cultivados y el 9.1% a pastos naturales; los mismos que pueden ser utilizados para la producción de proteína animal (De la Fuente *et al.*, 2008).

Sin embargo, la apertura de tierras para los asentamientos humanos desprotege el suelo, pierde su fertilidad y al no ser aprovechado para fines agrícolas o ganaderos, impide el desarrollo de nuevos sistemas de producción agropecuarios (Petit *et al.*, 2009).

Aunado a lo anterior, en Ecuador como en la mayoría de las regiones tropicales, la producción y disponibilidad de forraje de calidad es limitada durante la época seca: por lo que la siembra de leguminosas puede ayudar a la recuperación y conservación del suelo (Olivera *et al.*, 2005; Nieuwenhuyse *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2015) al fijar nitrógeno atmosférico, ser tolerantes a la sequía y tener la capacidad de producir forraje con un alto valor de proteínas y minerales que al ser consumido por los animales aumenta su productividad.

El crecimiento inicial es importante porque es el estadio más vulnerable de una planta, indica su capacidad para acumular biomasa, competir por los recursos, y su capacidad de adaptación a un determinado sitio (Villar *et al.*, 2008).

El gandul (*Cajanus cajan*), también conocido como frijol de palo, quinchoncho, entre otros, es una leguminosa arbustiva, tolerante a sequías y suelos con bajo contenido de nutrientes. Además, de servir para la alimentación humana; el forraje puede ser utilizado para la alimentación animal, debido a que posee altos niveles de proteína (16 a 22%) y una digestibilidad de la materia seca de aproximadamente del 59% (Peters *et al.*, 2003; Carvajal-Tapia *et al.*, 2016), pudiendo ser suministrado en materia verde en pastoreo o como forraje seco en corral (Trómpiz *et al.*, 2001).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento inicial de dos variedades de gandul (Negro y EGV22) con y sin fertilización nitrogenada sobre algunas características productivas y agronómicas en el trópico de Ecuador.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental “El Oasis”, de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo, Ecuador; durante el verano de 2012. El sitio experimental se localiza a 00° 13' 37" LS y 79° 15' 04" LO; el clima prevaleciente es tropical húmedo con temperatura media anual de 23.5 °C y precipitación anual de 2700 mm distribuida principalmente en los meses de verano (Miranda, 2010).

Material evaluado

La siembra de las variedades de Gandul (Negro y EGV22), se realizó en bolsas negras de plástico con una capacidad aproximada de 4 kg, se colocaron dos semillas por bolsa para posteriormente dejar una planta como unidad experimental. El suelo utilizado fue de origen volcánico (Andisol-USDA) que se recolectó a una profundidad de 0 a 20 cm (tabla 1).

Tabla 1. Características químicas del suelo utilizado en el experimento.

pH	MO	NH ₄	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	K	Ca	Mg
	%				mg kg ⁻¹					cmol kg ⁻¹		
5.9	2.2	41.0	6.5	6.3	42.0	5.6	1.9	2.8	0.3	0.3	8.3	2.9

MO = Materia orgánica, NH₄ = Nitrato de amonio, P = fósforo, S = azufre, Fe = hierro, Cu = cobre, Zn = zinc, Mn = magnesio, B = boro, K = potasio, Ca = calcio, Mg = manganeso. Laboratorio de Química. Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo.

Descripción de los tratamientos

Se consideraron dos tipos de fertilización con nitrógeno (+N), el cual en las primeras etapas del crecimiento de las leguminosas es necesaria la fertilización con nitrógeno, debido a que no se ha desarrollado la simbiosis entre leguminosas y *rhizobium*. Mientras que el otro tratamiento fue sin nitrógeno (-N), la fertilización de suelo se realizó al momento de preparar la siembra. Para el tratamiento -N se incorporó al suelo 54.0 kg ha⁻¹ de fósforo (P; Súper fosfato simple. FERTISA, Guayaquil, Ecuador) y 194.0, 86.0 y 44.0 kg ha⁻¹ de potasio (K; cloruro de potasio), azufre (S) y magnesio (Mg) (K-mag. FERTISA, Guayaquil, Ecuador).

Mientras que para el tratamiento +N se aplicaron 137.0 kg ha⁻¹ de N (Urea. FERTISA, Guayaquil, Ecuador), 81.0 kg ha⁻¹ de P (Fosfato Diamónico. FERTISA, Guayaquil, Ecuador), 137.0, 53.0 y 44.0 kg ha⁻¹ de K, S y Mg (K-mag), respectivamente, de acuerdo a las recomendaciones del manual de nutrición y fertilización de pastos (Bernal y Espinosa, 2003).

Además, durante el periodo de crecimiento de las plantas se realizaron fertilizaciones al pie de las mismas, quince días posteriores a la germinación y después cada 30 días; para -N se les aplicó 1.0 g de fertilizante K-mag, que correspondió a dosis de 297.0, 243.0 y 297.0 kg ha⁻¹ de K, S y Mg, respectivamente. Mientras que para el tratamiento +N, se adicionó 1.0 g de sulfato de amonio, que correspondió a una dosis de 284.0 kg ha⁻¹ de N.

Variables de estudio

En el presente trabajo se midió: la longitud de la raíz (LR), desde el cuello hasta la cofia; número de nódulos (NN), sanos (color rosado) y vanos (grises); se extrajeron los nódulos en agua para evitar daños; peso de nódulos (PN); altura de planta (AP), desde la base del tallo hasta el ápice; número de ramas (NR); número de hojas (NH); longitud de ramas (Lr) y peso de materia seca total aérea (PMST). Las muestras fueron secadas en estufa

a 65 °C hasta obtener peso constante; área foliar (AF); utilizando la metodología sugerida por Rincón *et al.* (2012).

La eficiencia fisiológica de la planta (EFP), se determinó por medio del crecimiento en función del tiempo (semanas). Para hacer este tipo de análisis se utilizaron dos mediciones básicas, la producción en materia seca de la fracción aérea del material vegetal y el área foliar (Carranza *et al.*, 2009). Los parámetros utilizados para estimar la eficiencia fisiológica de la planta fueron: índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC); determinadas por las fórmulas establecidas por Hunt (1990); tasa de asimilación neta (TAN) y tasa relativa de crecimiento (TRC) determinadas por las fórmulas descritas por Tayeb (2012).

Análisis de regresión y diseño experimental

Para estimar las curvas de crecimiento o líneas de tendencia en el tiempo de cada uno de los dos tratamientos de fertilización nitrogenada, se utilizó un análisis de regresión con 12 muestreos destructivos (un muestreo por semana posterior a la germinación) y cinco repeticiones dentro de cada muestreo (SAS, 2012).

Para el análisis de las variables continuas se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (2 x 2) y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% (SAS, 2012).

RESULTADOS

En el presente trabajo no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en número de nódulos (NN), longitud de raíz (LR), peso de nódulos (PN), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR) y número de hojas (NH) en las dos variedades de Gandul; excepto ($P < 0.05$) para longitud de ramas (Lr; tabla 2).

Similar situación se observó para el tratamiento de nitrógeno; las plantas que no recibieron fertilización (-N), mostraron mayor número de nódulos (82.0) que las plantas que recibieron nitrógeno (+N), donde se contaron 60.8 nódulos ($P < 0.05$; tabla 2). Otra variable que mostró efectos ($P < 0.05$) significativos de la fertilización fue la longitud de ramas (tabla 2).

El gandul (*Cajanus cajan*), mostró un crecimiento de la raíz mayor en el tratamiento sin fertilización en la variedad Negro (66.4 cm); mientras que el LR en el tratamiento con nitrógeno (+N) el crecimiento fue similar ($P > 0.05$), en ambas variedades (Negro y EGV22) con 60.2 y 61.0 cm, respectivamente. De igual forma, para PN y NN se observó que los nódulos presentes en la variedad Negro con -N, fueron en mayor número (86) y más pesados (4 g); pero iguales ($P > 0.05$) a lo encontrado para la variedad EGV22 con +N y -N, que estuvieron en un rango de 57 a 77 nódulos con un peso de 2 a 3 g, respectivamente.

Tabla 2. Medias \pm desviación estándar de número de nódulos (NN), longitud de raíz (LR), peso de nódulos (PN), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR), longitud de ramas (Lr) y número de hojas (NH) en dos variedades de gandul y dos niveles de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.

Variedad	NN	LR (cm)	PN (g)	DT (mm)	AP (cm)	NR	Lr (cm)	NH
Negro	75.6 \pm 41.7	63.3 \pm 28.4	3.0 \pm 2.5	6.1 \pm 2.3	85.2 \pm 49.0	0.7 \pm 1.6	4.8 \pm 9.2 ^a	18.0 \pm 11.6
EGV22	67.1 \pm 34.0	60.9 \pm 22.6	2.7 \pm 1.8	6.1 \pm 2.1	91.7 \pm 49.7	1.1 \pm 1.8	9.0 \pm 13.7 ^b	21.6 \pm 15.3
Nitrógeno								
-N	82.0 \pm 38.3 ^a	64.1 \pm 27.0	3.7 \pm 2.1	6.1 \pm 2.1	93.9 \pm 51.4	0.8 \pm 1.4	5.4 \pm 9.7 ^a	18.9 \pm 11.1
+N	60.8 \pm 35.2 ^b	60.1 \pm 24.1	2.0 \pm 1.8	6.0 \pm 2.4	83.0 \pm 46.9	1.1 \pm 2.0	8.3 \pm 13.6 ^b	20.6 \pm 15.9

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno; *Medias con a, b son diferentes estadísticamente significativas ($P < 0.05$)

En la tabla 3 se puede observar que no se encontraron diferencias significativas para la interacción variedad por fertilización para NN ($P = 0.90$), LR ($P = 0.40$), PN ($P = 0.18$) y diámetro del tallo ($P = 0.37$). La tendencia de crecimiento para LR fue cuadrática con un menor desarrollo para la variedad EGV22 con -N a partir de la semana cinco de crecimiento posterior a la germinación. El NN y PN con +N tuvieron una tendencia lineal de crecimiento, por lo tanto la cantidad de NN y su peso fue incrementando gradualmente a lo largo de las semanas de estudio. Mientras que para las plantas con -N el NN y PN presentaron un crecimiento cuadrático, con una estabilización de la cantidad y peso de nódulos a partir de la octava semana; lo anterior revela que bajo las condiciones en las que se realizó el experimento el PN tuvo una relación directamente proporcional al NN, ya que a medida que se redujo su cantidad, su peso también lo hizo (figura 1). En promedio el NN y PN mostraron un decremento ($P < 0.05$) al aplicar nitrógeno. Es importante mencionar que la tendencia observada para LR a partir de la octava semana de crecimiento pudo haber sido por la restricción de espacio, lo que impidió un mayor desarrollo y crecimiento del sistema radicular.

Efecto del Nitrógeno en la parte aérea del gandul

Se encontró significancia estadística ($P < 0.05$) para AP entre las variedades y efecto de fertilización, superando la variedad EGV22 en 7.3 cm p^{-1} a la variedad Negro; y para el efecto de fertilización el tratamiento -N, permitió obtener plantas más altas con promedio aproximado de 10.0 cm p^{-1} en comparación con el tratamiento +N; de manera contraria para la interacción de los tratamientos no se encontró significancia estadística ($P > 0.05$).

En cuanto a la MST, se observó significancia estadística ($P < 0.05$) en la interacción variedad por fertilización, donde la variedad Negro -N con 6181.6 kg ha^{-1} demostró tener mayor producción de biomasa; aunque estadísticamente similar a la variedad EGV22 con +N (6129.0 kg ha^{-1}) y -N (5502.2 kg ha^{-1}), llegando a superar con 1223.0 kg ha^{-1} a la

variedad Negro +N (tabla 4). El mismo comportamiento y resultado de MST fue obtenido en IAF, ya que tanto la variedad EGV22 con +N y Negro con -N, mostraron los mayores IAF con 6.29 y 5.76, respectivamente. En la figura 2, se observa el crecimiento inicial de la parte aérea de las leguminosas, las que presentaron un comportamiento de crecimiento positivo a través del tiempo (semanas).

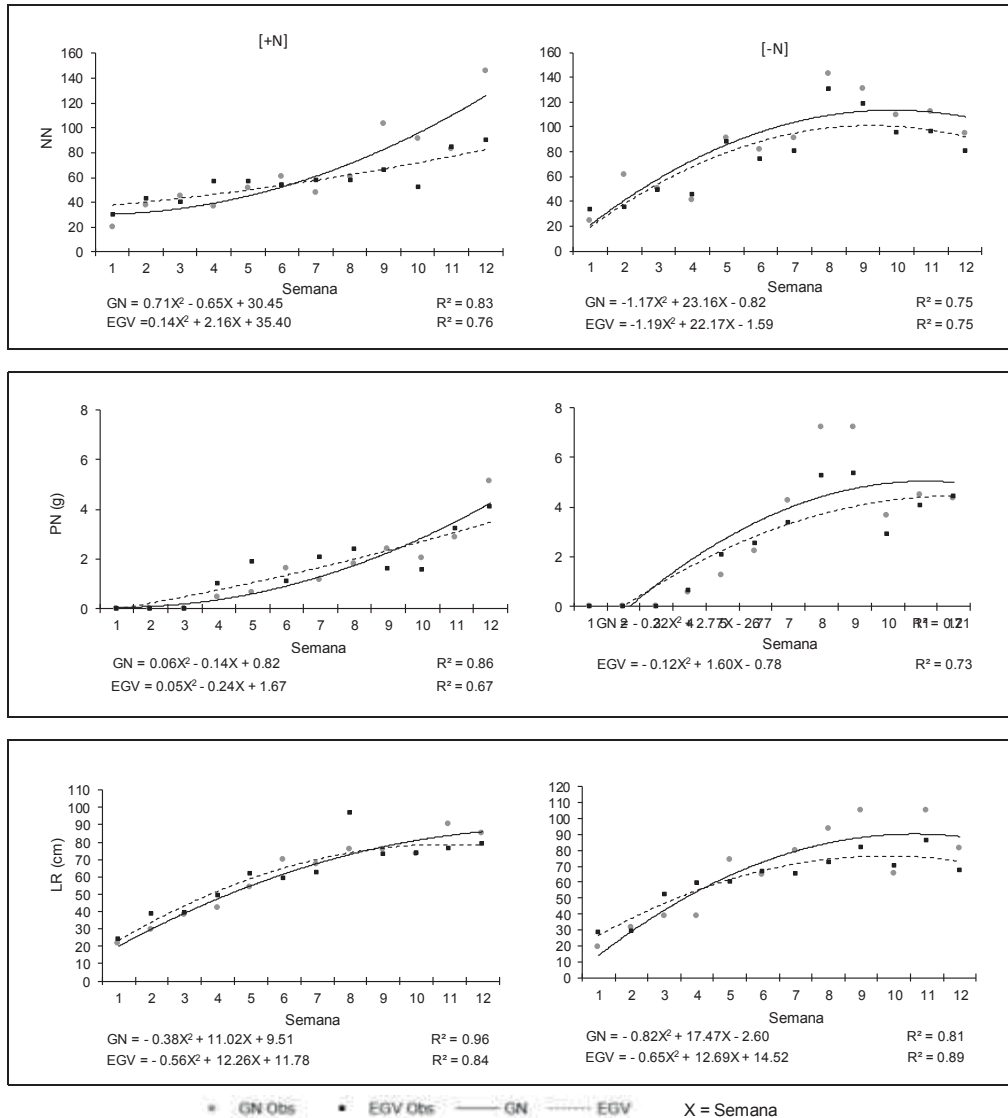


Figura 1. Largo de raíz (LR), número de nódulos (NN) y peso de nódulos (PN) para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.

En AP durante todo el experimento la variedad EGV22 se posicionó por encima de la variedad Negro; mientras que la MST de las variedades de leguminosas se vio afectada por la incorporación o restricción de N, a partir de la sexta semana. Uno de los momentos

en el que se aplicó el tratamiento de fertilización, se observó que en el tratamiento con +N, la variedad EGV22 tuvo un mayor incremento de MST; de manera contraria la variedad Negro demostró tener más biomasa con el tratamiento -N, similar tendencia observada en MST se presentó en el IAF, donde la variedad EGV22 requirió de N para expresar una mayor área foliar, ya que en ausencia de N como se aprecia en la figura 2, a partir de la sexta semana el IAF empezó a declinar; mientras que en la variedad Negro la aplicación o restricción de N no infirió en la manifestación de área foliar ($P > 0.05$).

Tabla 3. Medias \pm desviación estándar para las variables número de nódulos, longitud de raíz, peso de nódulos y diámetro del tallo de acuerdo a la interacción de variedades de gandul y nivel de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.

Variedad	Nitrógeno	Número de nódulos	Largo de raíz (cm)	Peso de nódulos (g)	Diámetro del tallo (cm)
Negro	-N	86.2 \pm 40.5	66.5 \pm 31.2	3.9 \pm 2.5	6.3 \pm 2.4
	+N	65.0 \pm 40.4	60.2 \pm 25.2	2.0 \pm 2.0	5.9 \pm 2.3
EGV 22	-N	77.7 \pm 35.8	61.8 \pm 22.1	3.4 \pm 1.7	6.0 \pm 1.7
	+N	56.5 \pm 28.6	60.0 \pm 23.2	2.1 \pm 1.6	6.2 \pm 2.4

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno.

Tabla 4. Medias \pm desviación estándar de peso de hojas en materia seca, peso de tallo en materia seca y peso de raíz en materia seca en dos variedades de gandul y en dos niveles de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.

Variedad	Peso de hojas en materia seca (g)	Peso de tallo en materia seca (g)	Peso de raíz en materia seca (g)	
Negro	5.41 \pm 5.16	0.74 \pm 1.60	4.07 \pm 4.50	
EGV22	5.60 \pm 4.93	1.14 \pm 1.80	4.33 \pm 4.72	
Nitrógeno	-N	5.57 \pm 4.69	6.10 \pm 6.41	4.52 \pm 5.05
	+N	5.44 \pm 5.39	5.54 \pm 6.62	3.88 \pm 4.10

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno.

Efecto del Nitrógeno para la eficiencia fisiológica del gandul

En AFE no se encontró significancia estadística ($P > 0.05$) para variedades, tratamientos de fertilización y su interacción; es decir que desarrollaron la misma área y diámetro foliar; las cuales no se vieron afectadas por la aplicación o restricción de N, a pesar que su tendencia en el tiempo fue negativa. En el tratamiento con +N la variedad Negro posterior a las dos primeras semanas de estudio hasta la séptima semana, presentó mayor disminución del AFE, para luego reivindicarse y superar a la variedad EGV22; mientras que en el tratamiento -N, las dos variedades presentaron similar tendencia.

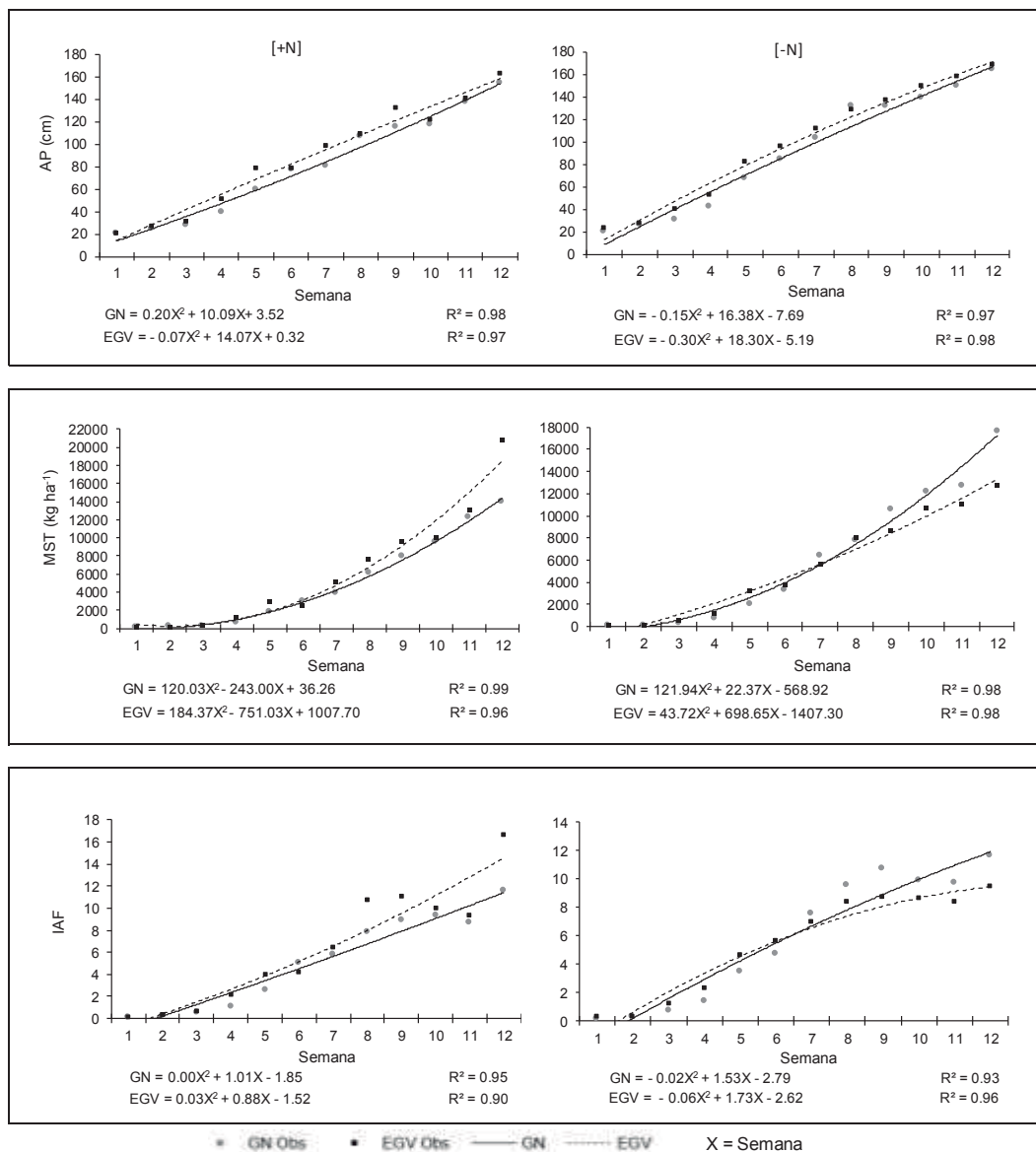


Figura 2. Altura de planta (AP), materia seca total (MST) e índice de área foliar (IAF), para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.

En el caso de TAN solo se observó significancia estadística ($P < 0.05$) entre variedades; siendo la variedad Negro ($0.00043 \text{ g cm}^2 \text{ d}^{-1}$), la que mostró mayor eficiencia fotosintética desde el inicio del ciclo biológico, independientemente de la aplicación o restricción de N (figura 3).

Mientras, que para la TRC no se encontró significancia estadística ($P > 0.05$) en ninguna de las fuentes de variación, la variedad Negro sin -N y con +N tuvo TRC de 0.058 y 0.052 $\text{g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente.

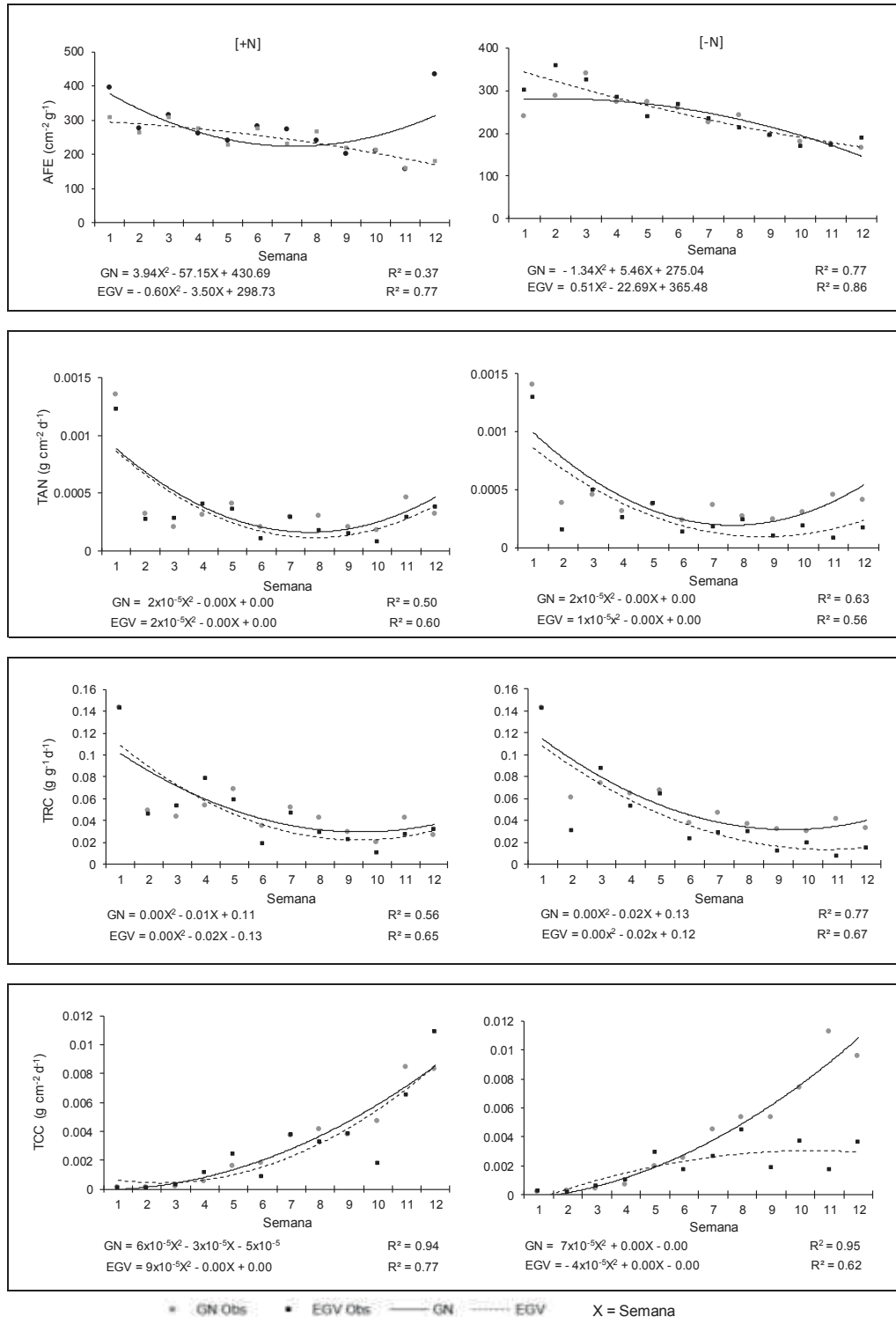


Figura 3. Área foliar específica (AFE), tasa de acumulación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC), para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.

De igual manera, en TCC la variedad Negro obtuvo en el tratamiento -N el mayor crecimiento ($0.0036 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$), estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a la variedad EGV22 -N ($0.0020 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$). La mayor TAN y TRC se observó en la primera semana del ciclo del cultivo, para posteriormente declinar gradualmente durante el resto de la investigación; lo que corrobora la relación inversamente proporcional que tienen con la TCC, producto del posible sombreado que presentan las láminas foliares entre ellas (figura 3).

En todas las variables de eficiencia la variedad Negro superó ($P < 0.05$) a la variedad EGV22, especialmente en el tratamiento -N, donde aproximadamente a partir de la sexta semana la variedad EGV22 disminuyó TAN, TRC y TCC, observándose un comportamiento diferencial entre las variedades (figura 3). En la variedad EGV22 la aplicación de fertilizante nitrogenado mejoró ($P < 0.05$) las variables de producción de biomasa y eficiencia del cultivo, permitiendo un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas.

DISCUSIÓN

Las plantas al estar en condiciones restrictivas de nitrógeno, pueden modificar el LR para encontrar nutrientes y tener una mayor supervivencia (Villar *et al.*, 2008). En relación al aumento de NN y PN los resultados del presente estudio son similares a lo reportado Mayz (2007), quien, al evaluar dosis de N y P en gandul, mencionó que un bajo contenido de nitrógeno inferior a 20 kg ha^{-1} es benéfico para la nodulación. Según George y Singlenton (1992) mencionaron que, al inicio del crecimiento de las leguminosas, la nodulación tiende a retardarse y en ausencia de N la biomasa de la raíz aumenta; a este respecto, Díaz *et al.* (2011) señalaron que es importante conocer el punto óptimo de fertilización en leguminosas.

Efecto del Nitrógeno en la parte aérea del gandul

Martínez *et al.* (2003) quienes evaluaron 25 líneas de *Cajanus cajan*, encontraron que las variedades más recomendadas para la producción de forraje son las de porte alto. Además, Mayz (2007) observó que leguminosas tratadas con nitrógeno tienden a tener mayor biomasa en etapas iniciales, ya que según Pliego *et al.* (2003) la aplicación de N puede cubrir las necesidades de las plantas, incrementando su biomasa total. Los resultados obtenidos en este trabajo son contrarios a los de Pliego *et al.* (2003), ya que la variedad EGV22 que presentó plantas más altas, sin obtener mayor MST.

Sin embargo, la aplicación de N en la variedad EGV22 fue indispensable para mejorar el IAF, pero el desarrollo dependerá de cada especie (Gómez-Carabalí *et al.*, 2011). Para Higuera *et al.* (2001) las diferencias en los componentes morfológicos de las plantas se deben a la duración de etapas fisiológicas de las leguminosas.

Efecto del Nitrógeno para la eficiencia fisiológica del gandul

Para el AFE, la tendencia fue negativa sobre las semanas, lo que pudiera deberse a que con el paso del tiempo el espesor de la hoja se incrementa (Villar *et al.*, 2008). Según Grazia *et al.* (2001) la fertilización con nitrógeno afecta el desarrollo de la estructura foliar (área foliar, duración del área foliar y tasa de expansión foliar), pero no modifica el área foliar por unidad de masa.

Se observó una tendencia negativa en las semanas de estudio para TAN y TRC, estos mismos resultados fueron mencionados por Hoyos *et al.* (2009), lo que pudo deberse a la mayor acumulación de materia seca, en relación a la producción de fotoasimilados durante el crecimiento del cultivo. Mientras que el incremento de la TCC fue resultado de la constante división celular en los tejidos meristemáticos y la arquitectura de plantas (Hernández *et al.*, 1995).

En la interacción variedad por fertilización para TCC, según Villar *et al.* (2008) comentaron que la TCC está influenciada por las condiciones ambientales y componentes genéticos de cada especie. Hoyos *et al.* (2009) mencionaron que la TCC puede ser alterada con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

CONCLUSIÓN

La aplicación de nitrógeno en *Cajanus cajan* influyó negativamente el número y peso de los nódulos. Para fines forrajeros, la variedad Negro -N, es una opción viable para ser utilizada en los sistemas de producción pecuarios; ya que tiene la capacidad de desarrollar mayor biomasa foliar durante el crecimiento inicial, bajo condiciones de restricción de fertilizante nitrogenado, demostrando su adaptación a las condiciones del trópico húmedo de Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) sede Santo Domingo. En especial al Programa de Crianza de Ovinos de Pelo dirigido por la Dra. Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas.

LITERATURA CITADA

BERNAL J, Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, Ecuador. p. 94. <http://nla.ipni.net/article/NLA-3058>

CARRANZA C, Lancho O, Miranda D, 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. ISSN: 0120-9965. <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180314730006.pdf>

CARVAJAL-TAPIA JI, Martínez-Mamian CA, Truque-Ruiz NY. 2016. Digestibilidad de la harina de guandúl (*Cajanus cajan*) en alimentación de pollos de engorde. *Bioteología*

en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 14(1):87-94. ISSN: 1692-3561.
DOI:10.18684/BSAA(14)87-94

DE LA FUENTE EB, Suarez SA. 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18(2):239-252. ISSN: 1667-782X.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v18n3/v18n3a01.pdf>

DÍAZ JG, Rojas G, Him Y, Hernández N, Torrealba E, Rodríguez Z. 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento en vivero de Cocuy (*Agave cocui Trelease*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 28(1, Suppl 1):264-272. ISSN: 0378-7818.
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12499/12486>

GEORGE T, Singleton PW. 1992. Nitrogen assimilation traits and dinitrogen fixation, in soybean and common bean. *Agronomy Journal* 84(6):1020-1028. ISSN: 0002-1962.
doi:10.2134/agronj1992.00021962008400060022x

GÓMEZ-CARABALÍ A, Rao IM, Beck RF, Ortiz M. 1998. Adaptación de una gramínea (C4) y dos leguminosas (C3) forrajeras a un Andisol ácido degradado de Colombia. *Pasturas Tropicales* 20(1):1-8. ISSN: 2346-3775.
<http://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/Pasturas>

GRAZIA J, Tiftonell PA, Chiesa A. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). España. *Investigación Agraria. Producción Protección Vegetal* 16(3):355-365. ISSN: 0213-5000.
http://www.inia.es/gcontrec/pub/degra_1161156523015.pdf

HERNÁNDEZ MS, Casas AE, Martínez O, Galvis JA. 1995. Análisis y estimación de parámetros e índices de crecimiento del árbol de maraco (*Theobroma bicolor* H.B.K.) a primera floración. *Agronomía Colombiana* 12(2):182-191. ISSN: 0120-9965.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21442/22396>

HIGUERA A, Ferrer O, Boscán D, Canelón A, Montiel M, Castro C. 2001. Efecto de la altura y tiempo de corte sobre el contenido mineral de hojas y tallos de tres variedades quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de alimentación animal. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 11(6):491-500. ISSN: 0798-2259.
http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2001/06/articulo5.pdf

HOYOS V, Rodríguez M, Cárdenas-Hernández JF, Balaguera-López HE. 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3(2):175-187. ISSN: 2011-2173.
http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1211/1210

HUNT R. 1990. Basic growth analysis: Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman. London, England. p. 111. ISBN: 978-94-010-9117-6

MARTÍNEZ J, León L, Castellano G, Higuera A. 2003. Evaluación de 25 líneas de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de selección para su uso como leguminosa arbustiva forrajero. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 13(3):173-181. ISSN: 0798-2259. http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2003/03/articulo2.pdf

MAYZ J. 2007. *Cajanus Cajan* L.: Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en un suelo de sabana. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 24(Supl 1):312-317. ISSN: 0378-7818. http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl_mayo_2007/v24supl43.pdf

MIRANDA K. 2010. Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial. Monsalve Moreno. Ecuador. p. 95. ISBN: 978-9978-92-893-6. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Agenda-Zonal-para-el-Buen-Vivir.pdf>

NIEUWENHUYSE A, Aguilar A, Mena M, Nájera K, Osorio M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero, *Arachis pintoi*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). *Serie Técnica Manual Técnico No. 82*. Costa Rica. p. 75. ISBN: 978-99924-0-728-8.

http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2806/La_siembra_de_pastos_asociados_con_mani_forrajero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OLIVERA Y, Machado R, Ramírez J, Cepero B. 2005. Evaluación de una colección de *Centrosema* spp en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes* 28(2):99-105. ISSN: 0864-0394. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121680002>

PETERS M, Horacio L, Schomidt A, Hincapié B. 2003. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 113. ISBN: 958-694-048-9. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=OxcbAyx8UFsC&oi=fnd&pg=PA47&dq=PETERS+M,+Horacio+L,+Schmidt+A,+Hincapi%C3%A9+B.+2003.+Especies+forrajeras+multiproposito&ots=M0K2cB_IJ_&sig=J8VIDa1Y_dFRk3BNYzrotZ02XTA#v=onepage&q&f=false

PETIT AJ, Casanova L, Solorio S. 2009. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes. *Agricultura Técnica en México* 35(1):113-122. ISSN: 0568-2517. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n1/v35n1a11.pdf>

PLIEGO L, Ocaña A, Lluch C. 2003. Crecimiento, fijación de nitrógeno, acumulación y asimilación de nitratos con dosis de nitrógeno en frijol. *Terra Latinoamericana* 21(2):213-222. ISSN: 2395-8030. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57315595008.pdf>

RINCÓN GN, Olarte MA, Pérez JC. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(1):6399-6405. ISSN: 0304-2847. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30766/30887>

RUIZ TE, Febles G, Alonso J. 2015. Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49(2):233-241. ISSN: 0034-7485. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193039698013>

SAS (Statistical Analysis System). 2004. *SAS/STAT 9.1 User's guide: Basics*. Institute Statistical Analysis System. Cary, NC, USA. p. 5121. ISBN: 1-59047-243-8. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf

SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. III Censo Nacional Agropecuario de Ecuador. 6. Censos y encuestas. Reporte de resultados censo nacional. Número de UPAS y personas productoras por tamaños de UPA, según principales características. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Ecuador. <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/productos/censos-y-encuestas>

TAYEB S. 2012. Calculate and Analyze of Growth in *Vicia faba L.* Plant. *Life Science Journal* 9(1):850-852. ISSN: 0024-3205. http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0901/123_8686life0901_850_852.pdf

TRÓMPIZ J, Ventura M, Esparza D, Higuera A, Padrón S, Aguirre J. 2001. Efecto de la sustitución parcial del alimento balanceado por harina de follaje de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp), sobre el comportamiento productivo en cerdos en etapa de engorde. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 11(5):391-396. ISSN: 0798-2259. http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2001/05/articulo1.pdf

VILLAR R, Ruiz-Robleto J, Quero JL, Poorter H, Valladares F, Marañón T. 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: Valladares F. (Ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S.A. Madrid, España. pp. 191-227. ISBN: 978-84-8014-738-5. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/47933/1/Tasas%20de%20crecimiento%20en%20especies%20le%C3%B1osas.pdf>