

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Fundación Biodiversidad (MARM) y el Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Los autores agradecen la colaboración prestada por Ana Carrasco Martín, María del Mar Duarte Martín, Alejandro Perdomo Placeres y Francisco Pino López, por su constante asesoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ S., MÉNDEZ P., DÍAZ C. Y FRESNO M. (2005) Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. En: Osoro K. *et al.* (Eds) *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp 229-235. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CHINEA E., RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ A. Y MORA J.L. (2004) Control de la erosión del suelo con leguminosas arbustivas forrajeras endémicas de Canarias. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, **21**(4), 363-373.
- CHINEA E., MESA R., MORA J.L. Y RODRÍGUEZ H.A. (2009) Especies forrajeras autóctonas de la Isla de Lanzarote. En: Reiné R. *et al.* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp 359-365. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CHINEA E., BATISTA C., MESA R., GUERRA J.A. Y RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ A. (2011) Estudio de especies pascícolas de Lanzarote en su hábitat. I Características edafo-climáticas. En: López-Carrasco C. *et al.* (Eds) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, pp 79-85. Toledo, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- EUROPA PRESS (2009) *Foresta. Alerta del peligro de la desertización en Canarias*. Diario de Avisos. (5/06/09).
- GONZÁLEZ-ANDRÉS F. Y CEREZUELA J.L. (1998) Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **41**, 139-147.
- HERNÁNDEZ-ABREU J.M., MASCAREL J., DUARTE S., PÉREZ-REGALADO A., SANTANA J.L. Y SOCORRO, A.R. (1980) *Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas*. CRIDA de Canarias.
- MÉNDEZ P. (2000) El heno de Tederá (*Bituminaria bituminosa*): un forraje apetecible para el caprino. En: 3 Reunión ibérica de pastos y forrajes. *XL Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp 411-414. Braganza-La Coruña-Lugo (España-Portugal): SEEP.
- RODRÍGUEZ-MARCOS R., HERNÁNDEZ-CORDERO A., MÚJICA-PADILLA F., VIERA-VIERA M., RODRÍGUEZ-VENTURA M. Y FLORES-MENGUAL M.P. (2002) Resultados preliminares sobre la evaluación de los recursos pastables de una explotación caprina semiextensiva en el Parque Rural del Nublo, Gran Canaria. En: Chocarro C. *et al.* (Eds) *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, pp 609-613. Lleida, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SILLANPÄÄ M. (1982) *Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*. FAO Soils Bulletin 48. Roma (Italia).
- SPSS. (2008) *SPSS for Windows V. 17.0*. Chicago, USA. SPSS Inc.
- VENTURA M.R., PIELTAIN M.C., MÉNDEZ P., FLORES M.P. Y CASTAÑÓN J.I.R. (1995) Aproximación al valor nutritivo de arbustos forrajeros canarios: vinagrera (*Rumex lunaria* L.) y tederá común (*Bituminaria bituminosa* ssp. *bituminosa*). En: *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)*, pp 301-303. Tenerife, España: SEEP.
- WRB. (2006) *World Reference Base for Soil Resources*. FAO-ISRIC-ISSS.

Producción y calidad de biomasa del switchgrass (*Panicum virgatum* L.) en Candás (Asturias)

Biomass production and quality of the switchgrass (*Panicum virgatum* L.) in Candás (Asturias)

J.A. OLIVEIRA-PRENDES / E. AFIF-KHOURI / P. PALENCIA-GARCIA / J.J. GORGOSO-VARELA

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres (España)
oliveira@uniovi.es

Resumen: El objetivo de este trabajo fue obtener información sobre el comportamiento del switchgrass (*Panicum virgatum* L.) en Asturias mediante un estudio agronómico comparando seis cultivares: Nebraska 28, Shawnee, Trailblazer, Pathfinder, Alamo y Blackwell. Se realizó una caracterización agronómica en los años 2010 y 2011 y se determinó la producción, energía bruta, contenido en agua, contenido en N, C y S en los dos años y el contenido en P, K, Ca y Mg en el primer año, dos semanas después de la floración en Candás (Asturias). El ensayo se realizó en bloques completos al azar con 5 réplicas de 6 plantas por cultivar y bloque. El cv Alamo mostró los valores más altos de producción de biomasa, contenido en humedad, energía bruta, contenido en carbono así como valores bajos de cenizas, nitrógeno y azufre.

Palabras clave: bioenergía, composición mineral, cultivar, forraje.

Abstract: The purpose of this work was to obtain information about the switchgrass (*Panicum virgatum* L.) in Asturias using six different cultivars: 'Nebraska 28', 'Shawnee', 'Trailblazer', 'Pathfinder', 'Alamo' and 'Blackwell'. Agronomic evaluation was performed in 2010 and 2011 and biomass production, gross energy concentration, plant water content, ash content and retrieval of N, C, S every year and the content of P, K, Ca, Mg and ash only on the first year, two weeks after anthesis was evaluated in Candás (Asturias). The trial was conducted in a randomized complete block with 5 replicates of 6 plants per cultivar and block. The cv Alamo showed the highest values of biomass production, plant water content, gross energy, carbon content and low levels of ash, nitrogen and sulphur.

Key words: bioenergy, cultivar, forage, mineral composition.

INTRODUCCIÓN

El switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es una gramínea forrajera de adaptación a climas subtropical y templados fríos, herbácea de verano, perenne, con rizomas delgados, nativa de las praderas de Norte América, aunque también se encuentra en el norte de México y Canadá, tolerante a la sequía, con un alto potencial de producción de biomasa en una gran diversidad de condiciones de suelo y clima (Parrish y Fike, 2005). Es una planta de tipo C₄, lo que le permite ser más productiva que las plantas de tipo C₃, más habituales en zonas de climas templados y tener una mayor capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo (Sanderson, 2008). Es un buen cultivo forrajero debido a su capacidad de crecer en zonas de veranos secos cuando la falta de lluvia limita el crecimiento de la mayoría de las gramíneas de zonas templadas como son las habituales en Europa (Moser y Vogel, 1995). Este cultivo se considera que tiene una alta eficiencia en convertir los nutrientes de los fertilizantes en biomasa cosechable con bajas tasas de extracción de nutrientes (Adler *et al.*, 2006).

Se han descrito los tipos de switchgrass de tierras bajas (lowland) y los de tierras altas (upland) que tienen características agronómicas y genéticas diferentes (Moser y Vogel, 1995). Los tipos lowland que se encuentran en zonas llanas húmedas con poco drenaje, tienen tallos altos, gruesos y bastos con hábito de crecimiento erecto y amacollado, siendo bastante resistentes a las royas (*Puccinia graminis*) y presentan también una buena adaptación en zonas altas del sureste de Estados Unidos, aunque tienen una tolerancia al frío limitada. Los tipos upland están adaptados a zonas de más altitud no sometidas a inundaciones, tienen tallos finos y algunos tienen un hábito de crecimiento semiprostrado y presentan una mayor tolerancia al frío que los tipos lowland (Moser y Vogel, 1995). Según Elbersen *et al.* (2004) y Curt (2008), el cv Alamo dentro de los tipos lowland es el más adaptado a las zonas del Sur de Europa, incluyendo España.

Las producciones de biomasa de switchgrass en algunas localidades del centro y sur de los Estados Unidos oscilan en promedio entre 10 y 20 t MS/ha/año (McLaughlin y Kaszos, 2005). En Europa se han obtenido rendimientos de hasta 20 t MS/ha/año en suelos fértiles (Elbersen *et al.*, 2004) y 10,1-18,2 t MS/ha/año en Grecia e Italia respectivamente (Alexopoulou *et al.*, 2008).

En España, Curt (2008) ensayó el switchgrass en Alcalá de Henares (Madrid), en condiciones limitantes de suelo obteniendo producciones de 1,9 y 7,3 t MS/ha/año en el primer y segundo año de plantación respectivamente. En Asturias, Oliveira y West (2010) lo comenzaron a ensayar en plantas aisladas, mostrando el interés del cv Alamo en el primer año de estudio. El objetivo de este trabajo fue obtener información sobre el comportamiento agronómico, producción y calidad de la biomasa en seis cultivares de switchgrass en Asturias.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron seis cultivares de switchgrass, cinco del tipo upland, todos octoploides ($2n=8x=72$): Shawnee, Nebraska 28 (Ne-28), Trailblazer, Blackwell y Pathfinder, y uno del tipo lowland, tetraploide ($2n=4x=36$): Alamo. El estudio agronómico se realizó en la finca "Casero" situada en Candás (43° 35' N, 5° 47' O, 80 metros de altitud) en un suelo tipo Inceptisol con un pH = 6,5, en una parcela utilizada por el Área de Producción Vegetal de la Universidad de Oviedo. El ensayo se distribuyó en bloques completos al azar con 5 repeticiones de 6 plantas por cultivar y repetición (en total 30 plantas por cultivar). El 25/02/2010, se sembraron 60 semillas por cultivar en bandejas de alveolos de 250 cc, en una mezcla de turba y vermiculita (3:1 v:v) en el invernadero del Campus de Mieres. Las plantas se transplantaron el 20/04/2010, separadas 50 cm entre plantas y entre líneas.

Antes de la implantación de los cultivares se realizó un análisis del suelo con el fin de comprobar el estado de fertilidad del mismo y se comprobó que no fue necesario realizar una fertilización de fondo de fósforo (niveles superiores a 30 ppm de P extraído por el método Mehlich 3) y potasio (niveles superiores a 125 ppm de K intercambiable). Con el fin de evitar las malas hierbas en la parcela se colocó una malla antihierbas

de polipropileno trenzado de color verde (densidad 105 g/m²). La parcela no recibió abonado nitrogenado ni riego durante el ensayo.

En los años 2010 y 2011, entre mayo y octubre se evaluaron los siguientes caracteres (Sanderson *et al.*, 1997): Esp, fecha de espigado en número de días desde el 1 de abril; Flo, fecha de antesis o floración en nº de días desde el 1 de abril; Tall, número de tallos por planta, dos semanas después de la antesis; Alt, Altura de la planta medida como la longitud del tallo más largo, incluida la inflorescencia (cm), dos semanas después de la antesis y MS, producción de biomasa seca (kg/ha) dos semanas después de la antesis. Para la determinación de la biomasa seca, primero se determinó el peso fresco en campo cortando seis plantas en conjunto por repetición y cultivar con una hoz, dejando una altura de la planta sobre el suelo de 10 cm. Posteriormente se tomó una muestra al azar de 700 gramos por cada repetición y cultivar, que se secó en estufa de ventilación forzada a 70 °C hasta peso constante, posteriormente se determinó el porcentaje de humedad y el peso de la biomasa seca (kg/ha) teniendo en cuenta que la superficie de la parcela elemental compuesta de 6 plantas fue de 1,5 m² (3 m de longitud x 0,5 m de anchura).

Las muestras secas se molieron y se cribaron en un tamiz de 1 mm de luz de malla para realizar las determinaciones de laboratorio. La energía bruta (MJ/kg) se determinó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) de Villaviciosa, el porcentaje de cenizas, el contenido en P, K, Ca y Mg, en el laboratorio de Ingeniería Agroforestal de la Escuela Politécnica de Mieres y el contenido en N, C y S (%) en la Unidad de Termocalorimetría y Análisis Elemental de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo en el Campus del Cristo, con un Analizador Elemental CHNS Marca Elementar, Modelo Vario Macro.

Para comparar el efecto de los diferentes cultivares sobre las variables evaluadas, se hizo un análisis de la varianza considerando el siguiente modelo:

$$X_{ijkl} = \mu + A_i + (b A)_{ij} + C_k + (C A)_{ik} + E_{ijkl}$$

Donde X_{ijkl} es el valor de cada una de las variables, μ es la media general, A_i es el factor año ($b A$)_{ij} es la interacción de la repetición con el año, C_k es el factor cultivar ($C A$)_{ik} es la interacción del factor cultivar por el año y E_{ijkl} es el error. El factor repetición se consideró aleatorio y los factores año y cultivar fijos.

Cuando el factor cultivar resultó significativo, la significación de las diferencias entre medias se evaluó mediante el test de las mínimas diferencias significativas (DMS) ($p < 0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS 19 (SPSS 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según se puede observar en la tabla 1, el cv Alamo resultó ser el más tardío en espigado y floración, teniendo como fecha media de espigado la de 153 (31 de agosto) y 171 (18 de septiembre) de floración, respectivamente.

Tabla 1. Fechas de espigado (Esp) y floración (Flo) en número de días desde el 1 de abril, número de tallos por planta (Tall), altura de la planta (Alt) en cm, producción de materia seca (Ms) en kg/ha en un corte realizado dos semanas después de la floración y contenido de humedad (Hu) en % en los diferentes cultivares. Medias de 2 años, 5 repeticiones por cultivar y 6 plantas por repetición. Desviación típica entre paréntesis. Diferencias mínimas significativas al nivel de probabilidad del 5% (DMS).

Cultivares	Esp	Flo	Tall	Alt	Ms	Hu
Ne-28	118,7 (18,8)	141,6 (14,6)	36,4 (16,8)	101,4 (41,1)	6623,0 (5759,5)	41,9 (16,4)
Shawnee	123,1 (19,2)	142,3 (16,2)	44,5 (19,7)	141,5 (31,2)	15 982,1 (12 250,8)	43,9 (19,8)
Trailblazer	126,8 (16,6)	143,3 (15,6)	65,2 (31,7)	141,2 (26,0)	12 855,3 (8374,0)	40,9 (22,3)
Pathfinder	120,9 (16,3)	141,9 (14,5)	47,4 (20,8)	138,9 (17,3)	9943,4 (5690,0)	39,0 (19,9)
Alamo	153,2 (12,8)	171,1 (9,7)	57,8 (24,7)	190,5 (23,2)	22 937,3 (11 593,9)	51,8 (12,3)
Blackwell	131,2 (25,4)	149,8 (20,6)	55,9 (27,7)	117,6 (47,5)	12 303,4 (10 987,7)	44,5 (13,1)
DMS (p = 0,05)	3,8	6,4	7,3	16,2	2911,9	1,9

El cv Trailblazer fue el que presentó más número de tallos por planta, no habiéndose observado en ninguno de los cultivares problemas de encamado. El cv Alamo presentó mayor altura, producción de materia seca por ha y porcentaje de humedad a las dos semanas de la floración, teniendo también un número alto de tallos por planta.

Calidad de la biomasa

La calidad de la biomasa puede disminuir drásticamente la producción de energía, limitando la efectividad de la conversión y disminuyendo el poder calorífico (Monti *et al.*, 2008), por lo que cuando la biomasa va a ser usada para combustión se requiere un bajo contenido en cenizas y nutrientes (Elbersen *et al.*, 2001).

Para la energía bruta (tabla 2) se encontraron diferencias reducidas ya que el mayor valor obtenido corresponde al cv Trailblazer con 17,28 MJ/kg y el menor al cv Ne-28 con 16,66 MJ/kg, siendo estos valores similares a los obtenidos por Curt (2008).

Se ha demostrado que los valores caloríficos están relacionados negativamente con el contenido en cenizas, de manera que cuando se incrementa la concentración de cenizas en un 1%, el poder calorífico decrece en 0,2 MJ/kg (Monti *et al.*, 2008).

Para el caso de la combustión directa en plantas de generación de energía, los constituyentes inorgánicos a menudo generan un impacto negativo en los hornos y demás maquinaria, produciendo corrosión o acumulación de escorias. Estos efectos negativos se ven incrementados o reducidos según sea el contenido en cenizas y minerales (Liu y Bi, 2011).

Tabla 2. Energía bruta (EBM) en MJ/kg, Nitrógeno (N) en %, Carbono (C) en %, Azufre (S) en %, Fósforo (P) en g/kg, calcio (Ca) en g/kg, Magnesio (g/kg) y Cenizas en %, en los diferentes cultivares. Medias de 2 años y 3 repeticiones por cultivar. Desviación típica entre paréntesis. Diferencias mínimas significativas al nivel de probabilidad del 5% (DMS). *Datos del primer año.

Cultivares	EBM	N	C	S	P*	Ca*	Mg*	K*	Cenizas*
Ne-28	16,66 (0,21)	1,39 (0,74)	42,35 (0,51)	0,42 (0,07)	2,03 (0,16)	5,06 (0,83)	3,50 (0,81)	15,79 (1,80)	7,97 (0,97)
Shawnee	17,26 (0,18)	1,57 (0,74)	43,74 (0,37)	0,38 (0,04)	1,90 (0,38)	3,34 (1,20)	2,73 (0,29)	14,57 (4,07)	6,82 (0,47)
Trailblazer	17,28 (0,07)	1,63 (0,62)	43,44 (0,48)	0,36 (0,01)	1,85 (0,11)	3,20 (0,65)	2,46 (0,38)	15,14 (5,44)	6,19 (0,18)
Pathfinder	16,91 (0,13)	1,30 (0,76)	43,46 (0,28)	0,34 (0,02)	1,72 (0,17)	3,49 (0,70)	2,44 (0,53)	17,95 (5,44)	6,58 (0,37)
Alamo	17,13 (0,41)	1,25 (0,75)	43,88 (0,40)	0,35 (0,02)	1,70 (0,18)	4,07 (0,95)	2,51 (0,27)	19,73 (10,76)	5,31 (0,45)
Blackwell	17,11 (0,13)	1,20 (0,72)	44,04 (0,43)	0,33 (0,06)	1,52 (0,22)	3,50 (0,69)	1,10 (0,21)	13,24 (0,77)	6,86 (1,13)
DMS (p = 0,05)	0,13	0,05	0,42	0,05	0,38	1,73	0,99	-	1,27

El cultivar que mostró las mejores características tanto para producción de biomasa como en cuanto a la calidad de la misma para usos bioenergéticos fue el cv Alamo, pues mostró los valores más altos de MS, EBM, C, así como valores bajos de cenizas, N y S. Este cultivar fue también el más tardío en cuanto a fecha de espigado y floración, lo que influyó en el alto valor de humedad en el momento de la recolección.

El cv Ne-28, fue el que presentó los peores valores en cuanto a producción y calidad de la biomasa.

Dentro de los sistemas agroforestales que integran árboles y cultivos perennes o anuales, la utilización del switchgrass junto con otros cultivos productores de biomasa podría ser interesante en terrenos no utilizados para la producción de forraje u otros cultivos agrícolas. La recolección anual de biomasa en estos cultivos junto con una especie forestal para madera o biomasa que se corte cada cierto número de años, en el mismo terreno permitiría a los propietarios disponer de unos ingresos anuales por la venta de la biomasa cuando se establezca un mercado para este recurso energético.

Aunque en este trabajo se caracterizó la biomasa total del cultivo obtenida en un solo corte dos semanas después de la floración y por lo tanto para un uso energético, sería posible una utilización dual, mediante dos cortes al año, uno en estado vegetativo en el mes de mayo para aprovechamiento forrajero y otro a finales del otoño, como biomasa para un uso energético (Guretzky *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El cv Alamo mostró los valores más altos de producción de biomasa, energía bruta, contenido en carbono así como valores bajos de cenizas, nitrógeno y azufre. Este cultivar fue también el más tardío en cuanto a fecha de espigado y floración.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda prestada en la toma de datos en el ensayo a D^a Cristina Puertas Martínez y a D^a Cristina Secades Cicero, estudiantes de la Escuela Politécnica de Mieres así como a D^a Adela Martínez Fernández del Servicio Regional de Investigación Agroalimentaria (SERIDA) y a D^a Beatriz Ramajo Escalera de la Unidad de Termocalorimetría y Análisis Elemental de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo por la realización de los análisis de laboratorio de energía bruta y de C, N y S, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER P.R., SANDERSON M.A., BOATENG A.A., WEIMER P.J. Y JUNG H.G. (2006) Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring. *Agron. J.*, **98**, 1518-1525.
- ALEXOPOULOU E., SHARMA N., PAPTATHEOHARI Y., CHRISTOU M., PISCIONERI I., PANOUTSOU C. Y PIGNATELLI V. (2008) Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region. *Biomass and Bioenergy*, **32**, 926-933.
- CURT M^a D. (2008) Cultivo energético de Switchgrass o Panizo de pradera (*Panicum virgatum* L.). *Hoja divulgadora 2134*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- ELBERSEN H.W., CHRISTIAN D.G., EL BASSAM N., SAUERBECK G., ALEXOPOULOU E., SHARMA N. Y PISCIONERI I. (2004) A management guide for planting and production of switchgrass as a biomass crop in Europe. En: *Second World Conference on Biomass and Energy, Industry and Climate Protection*, pp. 140-142. Rome, Italy: Wageningen UR publication.
- ELBERSEN H.W., CHRISTIAN D.G., EL BASSAM N., BACHER W., SAUERBECK G., ALEXOPOULOU E., SHARMA N., PISCIONERI I., DE VISSER P. Y VAN DEN BERG.D. (2001) Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*, **65**, 21-28.
- GURETZKY J.A., BIERMACHER J.T., COOK B.J., KERING M.K. Y MOSALI J. (2011) Switchgrass for forage and bioenergy: harvest and nitrogen rate effects on biomass yields and nutrient composition. *Plant and Soil*, **1-2**, 69-81.
- LIU X.Y BI X.T. (2011) Removal of inorganic constituents from pine barks and Switchgrass. *Fuel Processing Technology*, **92**, 1273-1279.
- MCLAUGHLIN S.B.Y KASZOS L.A. (2005) Development of switchgrass (*Panicum virgatum*) as a bioenergy feedstock in the United States. *Biomass and Bioenergy*, **28**, 515-535.
- MONTI A., DI VIRGILIO N. Y VENTURI G. (2008) Mineral composition and ash content of six major energy crops. *Biomass and Bioenergy*, **32**, 216-223.
- MOSER L.E. Y VOGEL K.P. (1995) Switchgrass, big bluestem, and indiangrass. En: Barnes R.F. *et al.* (Eds.) *Forages, Vol. 1. An Introduction to Grassland Agriculture*, pp. 409-420. Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press.
- OLIVEIRA J.A. Y WEST C. (2010) Caracterización del switchgrass como cultivo productor de biomasa en Asturias. *Agricultura*, **935**, 906-908.
- PARRISH D.J. Y FIKE J.H. (2005) The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.*, **24**, 423-459.
- SANDERSON M.A. (2008) Upland switchgrass yield, nutritive value and soil carbon changes under grazing and clipping. *Agronomy Journal*, **10(3)**, 510-516.
- SANDERSON M.A., WEST C.P., MOORE K.J., STROUP J. Y MORAVEC J. (1997) Comparison of morphological development indexes for switchgrass and bermudagrass. *Crop Sci.*, **37**, 871-878.
- SPSS for Windows (2011) Versión 19.0. SPSS Inc. Chicago, USA.