

Relación entre factores climáticos, rendimiento y calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 169 en el Valle del Cauto, Cuba

J. L. Ramírez¹, R. S. Herrera², I. Leonard¹, M. Cisneros³, D. Verdecia¹ y Y. Álvarez¹

¹Universidad de Granma, Apartado Postal 21, C.P. 85 100, Bayamo, Granma, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Bayamo, Granma

Correo electrónico: jramirezrivera@udg.co.cu

Se utilizaron los datos de calidad y rendimiento de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, provenientes de un experimento con diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, para relacionarlos con factores del clima. El experimento se desarrolló en un suelo de tipo fluvisol, en seco y sin fertilización. Se realizó análisis de correlación lineal entre los indicadores de rendimiento, calidad y elementos del clima en cada período. Además, se determinaron entre ellos ecuaciones múltiples lineales. Se obtuvieron altas correlaciones (coeficientes mayores que 0.80) con las precipitaciones y la temperatura media (excepto el rendimiento, porcentaje de hojas y tallos, PB, hemicelulosa, ceniza y MO). Con la humedad relativa sobresalió la FAD, lignina, fósforo, celulosa, ceniza y MO en el período lluvioso. En el poco lluvioso se destacó el rendimiento, PB, FB, pared celular, fósforo, contenido celular, hemicelulosa, EM y ENL. Se determinaron ecuaciones múltiples lineales y los valores del coeficiente de determinación estuvieron por encima de 0.92. En el período lluvioso, los mayores R² se obtuvieron para PB, y en el poco lluvioso para DMS, EM y ENL (P < 0.001). Se estableció el grado de relación entre algunos factores climáticos, rendimiento y calidad del CT-169 en el Valle del Cauto. Se establecieron ecuaciones de regresión múltiples lineales que relacionan rendimiento, PB, FB, lignina, DMS, DMO, EM y ENL con las lluvias, temperatura máxima y humedad. Esto permite realizar un cálculo aproximado de los indicadores referidos, a partir del conocimiento de los factores climáticos mencionados. Se sugiere continuar este tipo de estudio con otras especies y condiciones ambientales, de modo que se puedan ampliar los resultados informados.

Palabras clave: *pastos, composición química, temperatura, lluvia, humedad.*

Los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas que les permiten adaptarse a condiciones específicas y lograr su crecimiento y calidad. Sin embargo, cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas, en la temperatura y la radiación solar (cantidad y calidad), por ejemplo, experimentan modificaciones en su rendimiento y calidad. Entre otros componentes, las precipitaciones y su distribución son los que más determinan en las condiciones tropicales (del Pozo 2004).

El Valle del Cauto, ubicado en la provincia Granma, Cuba, es una zona dedicada a la ganadería vacuna. Sin embargo, en los estudios relacionados con los pastos que más se utilizan en esta área no se dispone de suficiente información que permita relacionar los factores climáticos con el rendimiento e indicadores de calidad. Esto no facilita el diseño de adecuadas tecnologías para el manejo de los pastos, si se consideran especialmente las bajas precipitaciones y altas temperaturas que caracterizan esta región.

El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre algunos factores del clima con el rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 169 en un suelo fluvisol del Valle del Cauto.

Materiales y Métodos

Área de la investigación. El trabajo se desarrolló en la finca "La Almendra", destinada a la producción de semillas, ubicada en la provincia Granma, a 12 km de la ciudad de Bayamo, al sureste de Cuba. Se utilizó *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 169, con cuatro años de establecimiento. El estudio se desarrolló en el

2005 durante parte de los períodos poco lluvioso (enero a abril) y lluvioso (julio a octubre).

Durante el poco lluvioso, las precipitaciones fueron de 130 mm. Las temperaturas media, mínima y máxima alcanzaron valores promedio de 24,3; 18,9 y 30,6 °C respectivamente. La humedad relativa promedio fue de 71 %. En el lluvioso, los valores estuvieron en el rango registrado históricamente en la región, y fueron de 759 mm, 27.2 °C, 23.5 °C, 33.0 °C y 81 %, respectivamente.

El suelo correspondió al tipo fluvisol (Hernández 1999), con pH de 6.2; el contenido de P₂O₅, K₂O y N total fue de 2,5; 38,5 y 34 (mg/100 g de suelo) respectivamente. El contenido de materia orgánica fue de 3,2 % (Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2005).

Tratamiento y diseño experimental. Los datos utilizados pertenecen a un experimento con diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, donde los tratamientos fueron las edades de rebrote de 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días.

Procedimiento experimental. Al inicio de la evaluación se realizó el corte de uniformidad a 20 cm del suelo (enero y julio para los períodos poco lluvioso y lluvioso, respectivamente). Se delimitaron parcelas de 25 m² y se dejaron 50 cm de efecto de borde en cada una. No se regó ni fertilizó durante el período experimental. Las parcelas estuvieron constituidas por 95 % de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169, 3 % de gramíneas, pertenecientes al género *Dichanthium*, y 2 % de especies de la familia Ciperáceas.

El rendimiento se determinó mediante el corte

total en cada tratamiento. Después de registrar el peso verde de la parcela total, se separaron las hojas y los tallos verdes, se pesaron individualmente y se secaron en una estufa de circulación de aire a 65 °C durante 72 h. Se calculó el rendimiento y sus componentes en base seca (Herrera 2006).

Se determinó la materia seca, proteína bruta y fibra bruta, según la AOAC (1995). La fibra ácido detergente, neutro detergente y lignina, de acuerdo con van Soest y Wine (1967). La digestibilidad in situ a las 72 h de incubación se calculó según el método de la bolsa en rumen, descrito por Orskov *et al.* (1980). Para ello se utilizaron dos bovinos, con 400 kg de peso, de la raza Criolla Cubana, canulados en rumen y tratados contra ectoparásitos y endoparásitos antes de iniciar la prueba. Durante el período experimental, los animales se estabularon y se adaptaron previamente al alimento por dos semanas. Las muestras se incubaron por sextuplicado en cada animal.

Análisis estadístico y cálculos. Además de los datos de rendimiento y calidad, se recopilaron los registros climáticos de cada etapa experimental. Para la distribución normal de los datos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951), y para la homogeneidad de las varianzas, la de Bartlett (1937). Se realizó análisis de correlación lineal entre el rendimiento, la calidad (variables dependientes) y los elementos del clima (variables independientes). Se informaron los coeficientes de correlación.

A partir de estos resultados se establecieron ecuaciones múltiples lineales entre rendimiento, PB, FB, DMS,

DMO, EM, ENL y factores del clima. Para seleccionar las expresiones de mejor ajuste se consideraron los siguientes elementos: alto coeficiente de determinación (R^2), elevada significación, aporte significativo de los términos, bajos errores estándar de los términos, errores estándar de estimación, coeficiente de indeterminación y cuadrado medio del error. Se informaron solo los de mejor ajuste en cada período.

Para todos los coeficientes de correlación se empleó la clasificación de altos o elevados, cuando fueron superiores a 0.80 ($P < 0.001$). Esta se determinó por ser la base para análisis posteriores (Herrera 1981).

Resultados y Discusión

En el período lluvioso se obtuvieron altas correlaciones (mayores que 0.80) con las precipitaciones (excepto el P y la hemicelulosa) y la temperatura media (excepto el rendimiento, % de hojas y tallos, PB y hemicelulosa). Con la humedad relativa sobresalieron la ceniza, FAD, lignina, P, celulosa y MO. En el resto de los factores climáticos (temperatura mínima, máxima y radiación solar) los coeficientes se pueden catalogar de bajos y variables (tabla 1).

En el período poco lluvioso, las correlaciones fueron variables con las lluvias y generalmente altas con las temperaturas. Con la humedad relativa sobresalieron el rendimiento, PB, FB, pared celular, P, EM, ENL, contenido celular y hemicelulosa. Sin embargo, los resultados con la radiación solar fueron bajos y variables (tabla 2).

Tabla 1. Correlaciones del Cuba CT-169 en el período lluvioso

Variables	Lluvias totales	Temp. media	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Humedad relativa	Radiación solar
Rendimiento	0.96***	-0.70***	-0.72***	-0.09	0.53.0**	-0.18
% hojas	-0.97***	0.79***	0.64***	0.21	-0.61***	0.30
% tallos	0.97***	-0.79***	-0.66***	-0.19	0.60***	-0.29
% MS	0.99***	-0.87***	-0.59**	-0.38	0.72***	-0.41**
Ceniza	0.83***	-0.87***	-0.15	-0.56**	0.87***	-0.49**
PB	-0.94***	0.72***	0.72***	0.07	-0.53**	0.17
FB	0.94***	-0.89***	-0.42*	-0.38	0.79***	-0.40*
FAD	0.93***	-0.92***	-0.34	-0.55**	0.85***	-0.57**
Lignina	0.88***	-0.93***	-0.26	-0.55**	0.87***	-0.55**
Pared celular	0.95***	-0.92***	-0.47*	-0.48*	0.78***	-0.58**
P	-0.71***	0.86***	0.08	0.64***	-0.84***	0.64***
Ca	0.81***	-0.83***	-0.22	-0.40*	0.78***	-0.35
DMS	-0.97***	0.86***	0.62***	0.33	-0.68***	0.46*
DMO	-0.97***	0.87***	0.60***	0.35	-0.69***	0.47**
EM	-0.96***	0.93***	0.49*	0.45*	-0.78***	0.56**
ENL	-0.96***	0.88***	0.60**	0.32	-0.69***	0.45*
Contenido celular	-0.95***	0.92***	0.47**	0.48*	-0.78***	0.58**
Hemicelulosa	0.64***	-0.52**	-0.74***	-0.06	0.23	-0.37
Celulosa	0.93***	-0.92***	-0.35	-0.55**	0.84***	-0.57**
MO	-0.83***	0.87***	0.15	0.56**	-0.87***	0.49*

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

Tabla 2. Correlaciones del Cuba CT-169 en el período poco lluvioso

Variables	Lluvias totales	Temp.media	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Humedad relativa	Radiación solar
Rendimiento	0.69***	0.92***	0.84***	0.94***	-0.83***	-0.44*
% hojas	-0.79***	-0.97***	-0.93***	-0.98***	0.75***	0.32
% tallos	0.78***	0.97***	0.92***	0.98***	-0.75***	-0.32
% MS	0.80***	0.93***	0.89***	0.93***	-0.73***	-0.52**
Ceniza	0.63***	0.72***	0.66***	0.78***	-0.75***	-0.47**
PB	-0.68***	-0.90***	-0.82***	-0.93***	0.85***	0.49**
FB	0.62***	0.79***	0.70***	0.83***	-0.87***	-0.61***
FAD	0.93***	0.92***	0.93***	0.88***	-0.47*	-0.32
Lignina	0.84***	0.97***	0.95***	0.98***	-0.67***	-0.25
Pared celular	0.68***	0.82***	0.73***	0.85***	-0.84***	-0.65***
P	-0.54**	-0.68***	-0.58**	-0.74***	0.87***	0.65***
Ca	0.94***	0.87***	0.88***	0.85***	-0.50**	-0.37
DMS	-0.80***	-0.96***	-0.91***	-0.97***	0.76***	0.42*
DMO	-0.77***	-0.96***	-0.91***	-0.97***	0.77***	0.40*
EM	-0.83***	-0.99***	-0.99***	-0.99***	0.99***	-0.12
ENL	-0.82***	-0.99***	-0.99***	-0.99***	0.99***	-0.12
Contenido celular	-0.68***	-0.82***	-0.73***	-0.85***	0.84***	0.65***
Hemicelulosa	0.10	0.34	0.19	0.45*	-0.89***	-0.72***
Celulosa	0.92***	0.83***	0.86***	0.77***	-0.33	-0.34
MO	-0.63***	-0.72***	-0.66***	-0.78***	0.75***	0.42*

*P<0.05 **P<0.01 ***P<0.001

Es importante destacar las altas correlaciones negativas de la PB, DMS, DMO, EM, ENL y MO con las lluvias totales. Esto pudiera estar determinado, especialmente durante el período lluvioso, por el incremento del rendimiento, que propicia mayor cantidad de agua y aumenta la fracción tallo. Esta fracción posee menor cantidad de proteína bruta y mayor de componentes de la pared celular, lo que disminuye la digestibilidad y energía. Todo lo contrario ocurrió para los componentes de la pared celular, específicamente para la pared celular, FAD y lignina.

Las relaciones establecidas entre el rendimiento, sus componentes (por ciento de materia seca, hojas y tallos) y las lluvias caídas indicaron estrecha dependencia entre estas variables, aún en el período poco lluvioso. Sin embargo, los R² fueron inferiores en el período poco lluvioso, lo que pudiera indicar que disminuye la eficiencia de utilización del agua para la producción de biomasa.

Herrera y Ramos (2006) informaron similar comportamiento en Napier y King Grass. Refirieron además, que a medida que se incrementó la norma de riego, disminuyó la relación entre rendimiento y volumen total de agua (lluvia más riego). Esto pudiera estar determinado por la presencia de algún elemento limitante, como la temperatura o la radiación solar, lo que impide la eficiente utilización del agua en los diferentes procesos metabólicos que garantizan el crecimiento y desarrollo de la planta.

Lösch (1995) planteó que el agua es el componente

esencial de las células de las plantas, y casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia. Además, se requiere para el mantenimiento de la presión de turgencia y la difusión de solutos entre las células. También el agua suministra el hidrógeno y oxígeno que están involucrados en el proceso fotosintético, lo que permite reafirmar las altas correlaciones reflejadas entre los indicadores evaluados y las precipitaciones. Estas fueron mayores en el período lluvioso, donde aparecen los mejores rendimientos.

Las investigaciones de Estrada (2004) informaron altas correlaciones positivas de las especies *Panicum maximum* y *Brachiaria híbrido* con las temperaturas (mínima, media y máxima) en los indicadores rendimiento y pared celular. Este autor también indicó altas correlaciones negativas de la temperatura con la proteína bruta. Esto reveló disminución de la calidad del pasto al aumentar la temperatura.

Herrera (1984) relacionó un grupo de elementos climáticos con los rendimientos del *C. dactylon* Coast cross⁻¹, *Panicum maximum* y *Cenchrus ciliaris* en el período de diciembre a marzo, y encontró que las temperaturas máximas y mínimas fueron los únicos elementos que se relacionaron significativamente con el rendimiento de estas especies. Además, señaló que el número de días con temperaturas mínimas inferiores a 20 °C también se relacionó significativamente con este indicador. Por tanto, las mayores fluctuaciones de las temperaturas en el período poco lluvioso pueden explicar las altas correlaciones, positivas como negativas, con los

diferentes indicadores evaluados en este trabajo.

Los resultados de los autores citados no coinciden con los datos obtenidos en esta investigación. En general, las relaciones con las temperaturas fueron variables y bajas, lo que pudo estar determinado por el comportamiento de estos indicadores climáticos en el área experimental, ya que el valor promedio de la temperatura máxima varió entre 30.6 y 33.0 °C, valores registrados como óptimos para el crecimiento del género *Pennisetum*.

Herrera (2008) planteó que las mejores correlaciones se obtuvieron cuando se relacionaron el número de días con lluvias, temperaturas máximas mayores de 27 °C, y mínimas de 15 °C. Lo explicó mediante el patrón del comportamiento de estos indicadores en la región occidental de país. Es probable que esto sea la causa de los resultados encontrados en este estudio, ya que el número de días con temperaturas mínimas menores de 15 °C disminuyó, y las máximas, superiores a 27 °C, se incrementaron en el Valle del Cauto. No obstante, esta hipótesis se debe avalar en estudios futuros.

Las bajas relaciones que se obtuvieron entre las variables y la radiación solar, cuyos coeficientes de correlación son de gran interés, siempre fueron inferiores a 0.80. Este aspecto es difícil de explicar, si se considera que la radiación solar es uno de los factores clave en el proceso de la fotosíntesis, donde comienza la síntesis de los metabolitos necesarios para el crecimiento y

desarrollo de las plantas. No obstante, los coeficientes para los carbohidratos estructurales fueron negativos, con valores que oscilaron entre 0.50 y 0.72. Estos señalan que según disminuye la radiación solar, se incrementa el contenido de carbohidratos estructurales, por lo que sería de gran interés diseñar experimentos que pudieran explicar este comportamiento.

Según los resultados de las correlaciones, se establecieron ecuaciones lineales múltiples para relacionar el rendimiento, PB, FB, lignina, DMS, DMO, EM y ENL con los factores climáticos. Se seleccionaron estas variables por la importancia que ellas tienen desde el punto de vista agronómico y nutricional.

En ambas estaciones climáticas, los valores del coeficiente de determinación fueron superiores a 0,92. Los de mayor valor ($R^2 = 0,99$) se obtuvieron para la PB (período lluvioso), DMS, EM y ENL en el período poco lluvioso (tablas 3 y 4).

Lo explicado acerca de la influencia de los factores del clima en la productividad y calidad de los pastos se reflejó en las ecuaciones de regresión múltiple, establecidas para relacionar el rendimiento y los diferentes indicadores de calidad. Esto indicó que los procesos metabólicos que ocurren en la planta se alteran cuando existen cambios en las condiciones climáticas.

Es de gran interés que la radiación solar, elemento fundamental para la fotosíntesis y la síntesis de los

Tabla 3. Ecuaciones múltiples lineales para *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período lluvioso

Variabes	a	b	EE±	c	EE±	d	EE±	R ²	1- R ²	CMe	EE±
Rendimiento	-314.4	0.04	0.003	7.56	2.48	0.74	1.76	0.97	0.03	0.53	0.73
PB	697.5	-0.02	0.001	-9.76	0.96	-4.28	0.67	0.99	0.01	0.07	0.28
FB	-1222.0	0.008	0.001	12.23	1.30	10.18	0.92	0.98	0.02	0.14	0.38
Lignina	-251.5	0.002	0.0009	1.85	0.78	2.33	0.55	0.92	0.08	0.05	0.23
DMS	-574.6	-0.06	0.006	6.96	4.93	4.99	3.49	0.95	0.05	2.10	1.45
DMO	-534.1	-0.06	0.007	7.01	5.68	4.49	4.02	0.94	0.06	2.79	1.67
EM	99.47	-0.013	0.001	0.02	1.51	-1.07	1.06	0.94	0.06	0.19	0.44
ENL	58.01	-0.007	0.001	-0.54	0.86	-0.39	0.60	0.93	0.07	0.06	0.25

R² todos a P < 0.001

a = factor independiente, b = lluvias totales, c = temperatura máxima y d = humedad relativa

Tabla 4. Ecuaciones múltiples lineales para *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período poco lluvioso

Variabes	a	b	EE±	c	EE±	d	EE±	R ²	1- R ²	CMe	EE±
Rendimiento	24.63	0.01	0.004	0.78	0.23	-0.66	0.13	0.96	0.04	0.07	0.28
PB	-106.10	-0.03	0.008	-0.28	0.39	1.82	0.21	0.97	0.03	0.21	0.46
FB	256.79	0.06	0.006	-1.66	0.30	-2.55	0.16	0.97	0.03	0.13	0.36
Lignina	-6.65	0.007	0.001	0.54	0.09	-0.09	0.05	0.97	0.03	0.01	0.11
DMS	-40.12	-0.08	0.008	-1.77	0.38	2.30	0.21	0.99	0.01	0.20	0.45
DMO	37.41	-0.04	0.01	-2.75	0.67	1.62	0.36	0.97	0.03	0.63	0.79
EM	58.60	-0.03	0.001	-1.27	0.06	-0.11	0.03	0.99	0.01	0.006	0.08
ENL	17.59	-0.01	0.001	-0.48	0.05	0.06	0.02	0.99	0.01	0.003	0.06

R² todos a P < 0.001

a = factor independiente, b = lluvias totales, c = temperatura máxima y d = humedad relativa

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 3, 2011.

metabolitos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, no hubiera contribuido a la expresión de las ecuaciones lineales múltiples (tablas 3 y 4).

Herrera (2006), al determinar los espectros de absorción de la luz en *Pennisetum purpureum*, encontró mayores absorciones durante el período poco lluvioso con respecto al lluvioso. Además, estos espectros tenían el mismo comportamiento durante los meses del año, pero sus valores absolutos eran diferentes. Por ello, este autor señaló que podía existir un problema de eficiencia de utilización y transformación de la energía lumínica en química y a su vez, esto se expresara en el rendimiento del pasto. Por tanto, es probable que algo similar ocurriera en esta investigación, y no permitiera el empleo de este factor en las ecuaciones múltiples lineales.

En la literatura nacional disponible no se encontraron estudios similares que relacionen los factores climáticos con las variables rendimiento y calidad. Esto evidencia un campo de investigación sin abordar, especialmente en el Valle del Cauto, que se caracteriza por sus altas temperaturas, bajas precipitaciones e intensos períodos de sequía. No obstante, sería de gran utilidad verificar estas expresiones, al menos, en la misma región edafoclimática, con la misma variedad de pasto o con otra, y con diferente manejo.

Además, estas expresiones se pudieran utilizar para desarrollar una nueva estrategia en el estudio, selección y manejo de los pastos, donde los elementos climáticos desempeñan una función importante para predecir mediante modelos matemáticos el comportamiento de los pastos ante los factores climáticos.

Se concluye que la relación entre los factores del clima y el rendimiento e indicadores de la calidad fue variable, en dependencia de la estación climática (período poco lluvioso y lluvioso), donde las precipitaciones, temperaturas y humedad relativa tuvieron una significación substancial en los valores de los coeficientes de correlación obtenidos. Se establecieron también ecuaciones de regresión lineal múltiple, que permiten relacionar el rendimiento, PB, FB, lignina, DMS, DMO, EM y ENL a partir de las lluvias, temperatura máxima y humedad. Estos pueden ser de utilidad para diseñar eficientes tecnologías para la utilización y explotación de los pastos.

Se recomiendan estudios de esta naturaleza en otras especies y otras condiciones edafoclimáticas, de modo que generen mayor información incluyendo las condiciones climáticas del Valle del Cauto.

Referencias

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
 Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proc. Royal Soc. London. 160: 268
 Del Pozo, P. P. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Anuario Nuevo. Universidad Agraria de La Habana. Disponible: http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales.htm. [Consultado: 23/09/2009]

Dirección de Suelos y Fertilizantes de Granma. 2005. Caracterización de los suelos de la provincia Granma. Ministerio de la Agricultura. Cuba
 Estrada, J.E. 2004. Efecto de la temperatura sobre la producción y el contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente de *Panicum maximum* vc. Tobiata, *Digitaria eriantha* vc. Transvala y *Brachiaria híbrido* vc. Mulato. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. En: <http://www.zamo-oti-02.zamorano.edu/tesisinfolib/2004/T1972.pdf>. Consultado: 15/02/2010
 Hernández, A. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana. Cuba
 Herrera, R. S. 1981. Influencia de la fertilización nitrogenada y edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* vc. coast cross). Tesis Dr. Cs. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
 Herrera, J.P. 1984. Régimen de riego de algunas gramíneas forrajeras en la región occidental de Cuba. Tesis Dr. Cs. Instituto de Ciencia Animal- Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"
 Herrera, R. S. 2006. Fotosíntesis. En: Pastos tropicales, contribución a la fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 37
 Herrera, R.S. 2008. Principios básicos de fisiología vegetal. En: Pastos tropicales, principios generales agrotecnia y producción de materia seca. Ed. Instituto de Ciencia Animal-FIRA. México. p. 1
 Herrera, R.S. & Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Ed. Instituto de Ciencia Animal. CD-ROM. La Habana. p. 79
 Löscher, R. 1995. Plant water relations. En: Physiology. Progress in Botany. V 56 Springer Verlag Berlin. Pp. 55- 96.
 Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. J. American Statistical Assoc. Pp. 68-78
 Orskov, E.R. 1993. Reality in rural development aid with emphasis on livestock. Bucksburn (UK). Rowett Res. Services. p. 88
 Van Soest, P.J. y Wine, R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous diets. IV. Determination of plant cell wall constituents. J. Ass. Off. Anal. Chem. Pp. 50-55

Recibido: 2 de marzo de 2011