

Determinación cuantitativa del color en céspedes de especies nativas de *Paspalum*

Quantitative determination of the color in lawns of native species of *Paspalum*

Patricia Diana Reinoso^{1*}, María Silvia Carponi¹, Marina L. Butus¹, Vanina A. Martínez¹
y Martina Badano²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos (FCA, UNER). Ruta 11, km 10,5 (3101) Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

² Becaria de Iniciación a la Investigación (PID UNER 2139), FCA, UNER, Entre Ríos, Argentina.

* Autor para correspondencia (pdreinoso@gmail.com)

Recibido: 12/04/2014; Aceptado: 28/05/2014.

RESUMEN

El método tradicional para evaluar color del césped utiliza un sistema de calificación visual establecido por el juicio del observador de carácter subjetivo que se complementa de manera alternativa con el análisis de reflectancia espectral como herramienta rápida, fiable y no destructiva. El índice de vegetación diferencial normalizado proporciona una estimación imparcial de la calidad del césped y potencialmente podría reemplazar a las determinaciones visuales. En este trabajo, se midió el color de céspedes de seis especies nativas de *Paspalum* y una mejorada sometidas a corte con el empleo de un medidor de color que determina la luz reflejada por el césped entre las bandas espectrales de los rojos (660 nm) y los infrarrojos cercanos (855 nm). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho repeticiones, las evaluaciones se realizaron de agosto de 2012 a febrero de 2013 y luego se aplicaron análisis estadísticos descriptivos y comparativos. Los índices obtenidos caracterizaron a las especies evaluadas como de colores verdes medios (índices superiores a 5), siendo los correspondientes a *P. vaginatum* mejorado, similares a los informados por el programa nacional de evaluación del césped para distintos cultivares de la misma especie, evaluados en Estados Unidos en forma cualitativa. Esto permitiría inferir que los céspedes de las especies nativas quedaron correctamente caracterizados a través de los índices establecidos por el medidor de color.

Palabras clave: *Paspalum* spp., césped, color, especies nativas.

ABSTRACT

The traditional method for evaluating color of the lawn uses a visual classification system established by the judgment of the observer that it is a subjective assessment, then the analysis of spectral reflectance has been introduced as an alternative fast, reliable and nondestructive tool. The NDVI (normalized difference vegetation index) provides an unbiased estimate of the quality of the turfgrass and could potentially replace the evaluation method based on visual skills. In this work, the color of six native species and an improved *Paspalum* was characterized using a color meter. It measures the light reflected by turfgrass in the red (660 nm) and near infrared (855 nm) spectral bands. An experimental design of eight randomized complete block was used, with evaluations from August 2012 to February 2013, descriptive and comparative statistical tests were done as well. The registered data characterized all assessed species as medium green colors. The color index values for improved *P. vaginatum* are similar to those reported by the NTEP for different varieties of the same species evaluated in the United States in a qualitative way. This may suggest native species of turfgrasses were properly characterized by the color meter.

Key words: *Paspalum* spp., turfgrass, native species, color.

INTRODUCCIÓN

El color de un césped, como atributo de calidad, varía desde verde muy claro hasta muy oscuro, de acuerdo a las especies y cultivares. Está relacionado con la fertilidad del suelo, el potencial genético, el estado sanitario de las plantas y la calidad del corte. Puede, además, indicar deficiencias o excesos nutricionales (Picasso 2000).

El color genético refleja el color inherente del genotipo diferenciado con mayor facilidad antes de un corte ya que la dirección del mismo puede influenciar en la reflexión de la luz y por lo tanto en su clasificación. Los colores debido a las clorosis o necrosis y los colores estacionales no son parte del color genético. El color otoñal se define como el que adquieren las plantas respondiendo a la disminución de horas de luz en los días y a la baja de temperatura del otoño y primavera que marca el paso de la latencia invernal al activo crecimiento de primavera (despertar).

El método tradicional para evaluar color del césped se basa en un sistema de clasificación visual establecido por el juicio del observador. Un referente es el programa norteamericano de evaluación del césped (National Turfgrass Evaluation Program, NTEP), basado en una escala del 1 al 9 donde el 1 representa un color verde claro y el 9 un color verde oscuro. Una calificación de 5 o más se considera mínimamente aceptable (Jiang et al. 2003, Morris y Shearman 2002). También se evalúa visualmente el color, utilizando las cartas de color para tejidos vegetales Munsell (Munsell color charts for plant tissue 1977), que son catálogos o atlas de uso muy extendido y cuya ordenación es estrictamente perceptual, es decir, que los colores mostrados se ordenan en base a juicios de tono, claridad y croma.

Para algunos investigadores la determinación visual del color no es precisa, dado los diversos factores que intervienen en ella como lo son la fuente de luz incidente y la variación de su intensidad a lo largo de los períodos estacionales (González et al. 1999, Tourjee et al. 1993). Otros investigadores establecieron que las clasificaciones visuales pueden variar significativamente entre evaluadores o incluso con el mismo evaluador en el tiempo, y que tienden a ser inexactas y no reproducibles (Bell et al. 2009, Horst et al. 1984); esto porque los individuos difieren en su capacidad para percibir las diferentes longitudes de onda de la luz visible, lo que puede conducir a diferencias en las estimaciones visuales

del color de un césped (Keskin et al. 2008, Mirik et al. 2006).

Para proporcionar evaluaciones más objetivas y aplicar pruebas estadísticas se han desarrollado otros métodos, incluyendo el análisis digital de imágenes y determinaciones de contenido de clorofila (Bunderson et al. 2009). Uno de ellos es a través de la determinación del índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), cuya correlación significativa con la evaluación cualitativa ha sido informada por varios investigadores (Ghali et al. 2010, Jiang et al. 2003, Sönmez et al. 2008, Xiong et al. 2007).

Debido a que la clorofila absorbe la banda del rojo (660 nm) de la radiación incidente, la reflectancia a esta longitud de onda es relativamente baja por la gran absorción de luz que realizan los pigmentos de las plantas. La alta reflectancia de la banda de los infrarrojos cercanos (NIR, 850 nm) se produce por la estructura celular de las hojas, particularmente por la estructura esponjosa del mesófilo de las mismas (Bremer et al. 2011). Ambas reflectancias se usan para determinar el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) según la fórmula: $NDVI = (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$, donde NIR es la reflectancia en la banda de 850 ± 5 nm y el rojo es la reflectancia en la banda de 660 ± 5 nm.

Según Lee et al. (2011), este índice podría proporcionar una estimación imparcial del color del césped y potencialmente reemplazar a las calificaciones visuales y subjetivas. Mientras que éstas se presentan en una escala discreta, el NDVI permite informar el color del césped en una escala continua con estimaciones más precisas.

En este trabajo se buscó caracterizar en forma cuantitativa el color de céspedes de materiales nativos y uno mejorado de *Paspalum*, empleando un medidor de color.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las determinaciones de color se realizaron en el período agosto de 2012 a febrero de 2013, en parcelas de 2,5 m por 5 m implantadas en septiembre de 2011 con seis materiales nativos y uno mejorado de *Paspalum spp.* que están siendo evaluados por su comportamiento como césped en las condiciones climáticas locales: *Paspalum alnum* Chase [colectado en Los Conquistadores, Dpto. Federación, Entre Ríos; latitud S 30°35'05,95", longitud O 58°27'25,40"]; *Paspalum denticulatum* Trin. [colectado

en Ruta Provincial 11, Km 6,8; latitud S 32°48'29,54", Entre Ríos, longitud O 60°30'52,78"; *Paspalum distichum* Linneo [colectado en EEA INTA Corrientes, El Sombrero, Corrientes, Ruta Nacional 12, Km 1008]; *Paspalum inaequivalve* Raddi [colectado en Parque Nacional Pre-Delta, Diamante, Entre Ríos; latitud S 32° 07'09,73", longitud O 60° 38'03,68"]; *Paspalum notatum* Flügge var. *notatum* [colectado en Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER, Oro Verde, Entre Ríos; latitud S 31°49'49,93", longitud O 60°31'8,76"]; *Paspalum vaginatum* Sw. [espontáneo, colectado en el campo de golf del Club Atlético Estudiantes, Paraná, Entre Ríos, latitud S 31°42'57,56", longitud O 60°29'57,76"] y *Paspalum vaginatum* Sw. [mejorado, colectado en una parcela de multiplicación de un campo de golf, Rosario, Santa Fe].

Las parcelas, dispuestas en un diseño experimental de ocho bloques completamente aleatorizados, están ubicadas en la localidad de Oro Verde, Departamento Paraná (latitud S 31°50' y longitud O 60°31', a 110,5 msnm, provincia de Entre Ríos, República Argentina), con una superficie total de 1200 m².

El clima de la zona es templado húmedo de llanura, caracterizado por su condición de planicie abierta con predominio de los vientos del NE. La temperatura media anual es de 18°C, con una variación que va de 23,6°C (máxima media normal) a 12,3°C. Las fechas extremas de primera y última helada fueron el 18 de mayo y 14 de septiembre, con un período libre de heladas meteorológicas de 244 días y de posibles heladas de 121 días. El régimen de lluvias es isohigro, distribuido a través de todo el año, con una precipitación media anual de 947,6 mm.

Los suelos pertenecen a la Serie Oro Verde, Orden Molisol, desarrollado a partir de materiales eólicos denominados loess, ricos en carbonatos de calcio, con una

textura franco limosa a franco arcillo-limosa. El horizonte superficial generalmente es poco profundo, oscuro, con una textura franco-limosa a franco-arcillo-limosa y estructura en bloques y granular. Es ligeramente ácido con 2 a 4% de materia orgánica de buena calidad, según la Carta de Suelos del Departamento Diamante, Provincia de Entre Ríos, República Argentina del Plan Mapa de Suelos (1998).

Para la evaluación de color se utilizó un medidor de color de césped FieldScout TCM 500 NDVI que mide la luz reflejada en las bandas roja (660 nm) e infrarroja (850 nm) del espectro electromagnético en una sección de aproximadamente 10,0 cm de diámetro. El medidor presenta los valores del rojo e infrarrojo cercano en tres modos: como un índice de la relación Rojo/NIR (0 a 99) en %; como el NDVI y como índice de césped (GI: Green Index), a partir de la fórmula $GI = (NDVI \times 6,6) + 2,26$. Una fuente de luz interna le permite contrarrestar las diferencias entre un día nublado y uno soleado.

Se evaluó el color en el centro de cada parcela en 12 fechas de muestreo (desde agosto de 2012 hasta febrero de 2013): tres (3) desde mediados a fines del invierno, cinco (5) durante la primavera y cuatro (4) en el verano. La estadística descriptiva y la comparación de medias de los datos registrados fueron obtenidos utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2013). Las únicas tareas de mantenimiento en el ensayo de *Paspalum spp.* fueron corte (con máquina de corte rotativa, autopropulsada, naftera) y control fitosanitario.

En la Figura 1 se observan las temperaturas medias mensuales (°C) ocurridas desde el inicio de las mediciones de color y en la Figura 2, las precipitaciones (mm) entre fechas de evaluación. Éstas fueron muy escalonadas pero en el período de 6 meses sumaron un total de 1131,6 mm superando inclusive la media anual para la zona de 947,6 mm.

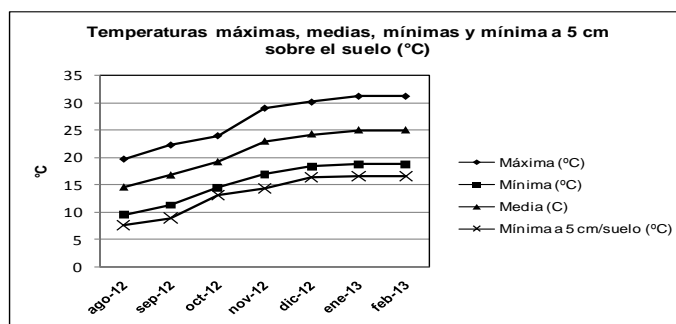


Figura 1. Temperaturas medias mensuales (°C) registradas en el período agosto de 2012 a febrero de 2013. Fuente INTA, EEA Paraná (2013), Entre Ríos, Argentina.

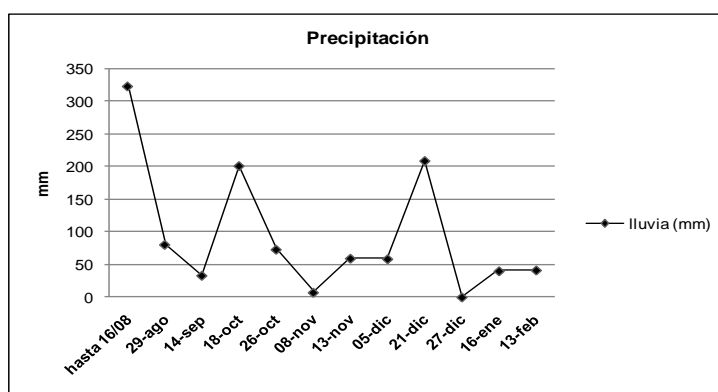


Figura 2. Precipitaciones (mm) acumuladas según fechas de evaluación de color en céspedes de *Paspalum*. Período marzo de 2012 a febrero 2013. Fuente INTA, EEA Paraná (2013). Entre Ríos, Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva de los índices obtenidos por el medidor de color para cada especie y fecha de evaluación se detallan en la Tabla 1, registrándose valores mínimos promedio desde 4,6 a mediados del invierno, a máximos de 6,9 en el verano.

El análisis de varianza estableció diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los índices de color de los materiales evaluados en las fechas correspondientes a fines de primavera y algunas del verano (Tabla 2). Sin embargo, la ubicación de las especies según el valor creciente del índice de sus céspedes fue disímil entre fechas.

Tabla 1. Valores medios, mínimos, máximos y desvíos estándares (DE) de índices de color de césped en *Paspalum notatum* (1) *Paspalum inaequalve* (2); *Paspalum distichum* (3); *P. vaginatum* mejorado (4); *Paspalum alnum* (5); *Paspalum vaginatum* (6); *Paspalum denticulatum* (7).

Fechas	Especie													
	1		2		3		4		5		6		7	
	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE
16-ago-12	4,60	0,41	4,70	1,03	4,80	0,89	4,60	0,67	4,90	0,52	4,60	0,55	4,60	0,56
29-ago-12	4,60	0,59	5,40	0,44	5,50	0,56	5,00	0,96	5,20	0,73	4,80	0,42	4,70	0,62
14-sep-12	5,60	0,29	5,90	0,64	5,70	0,63	5,70	0,58	5,50	0,21	6,00	0,43	5,90	0,38
18-oct-12	6,00	0,16	6,00	0,66	6,10	0,26	6,40	0,53	5,80	0,75	6,00	0,31	6,20	0,27
26-oct-12	6,40	0,35	6,20	0,25	6,00	0,38	6,10	0,47	6,20	0,29	5,80	0,47	6,20	0,48
08-nov-12	6,10	0,51	5,90	0,31	6,00	0,41	6,40	0,35	5,90	0,62	5,70	0,54	6,00	0,27
13-nov-12	6,40	0,39	6,20	0,23	6,30	0,44	6,50	0,30	6,10	0,51	6,20	0,25	6,00	0,41
05-dic-12	6,30	0,12	6,00	0,23	6,40	0,16	6,60	0,31	6,10	0,77	5,80	0,31	6,30	0,11
21-dic-12	6,00	0,24	5,60	0,43	5,60	0,22	6,30	0,29	5,90	0,27	5,90	0,15	5,30	0,39
27-dic-12	6,00	0,47	5,80	0,37	5,70	0,34	6,20	0,20	6,10	0,33	6,20	0,21	5,70	0,16
16-ene-13	5,80	0,64	5,70	0,43	6,00	0,24	6,20	0,63	5,80	0,30	6,20	0,23	5,70	0,32
13-feb-13	6,90	0,21	6,10	0,24	6,50	0,29	6,60	0,49	6,80	0,26	6,50	0,22	6,60	0,29

Los registros más bajos de índice de *P. inaequivalve* (2) y los más altos de *P. vaginatum* mejorado (4), fueron los más estables.

El análisis de varianza estableció diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los índices de color de los materiales evaluados en las fechas correspondientes a fines de primavera y algunas del verano (Tabla 2). Sin embargo, la ubicación de las especies según el valor creciente del índice de sus céspedes fue disímil entre fechas. Los registros más bajos de índice de *P. inaequivalve* (2) y los más altos de *P. vaginatum* mejorado (4), fueron los más estables.

Cuando se agruparon los índices según la estación del año: mediados a fines de invierno (16-ago-12; 29-ago-12;

14-sep-12); primavera (18-oct-12; 26-oct-12; 08-nov-12; 13-nov-12 y 05-dic-12) y verano (21-dic-12; 27-dic-12; 16-ene-13; 13-feb-13), el medidor pudo detectar el despertar de los céspedes a la salida del invierno, registrando índices de color crecientes en todos los materiales de *Paspalum* evaluados, destacándose *P. vaginatum* mejorado con los mayores índices promedio ya en primavera, situación mantenida en el verano.

Mientras que en el invierno no se detectaron diferencias significativas del color entre céspedes, en la primavera se diferenció significativamente con un mayor índice *P. distichum*. En el verano, los índices de *P. inaequivalve* y *P. denticulatum* fueron significativamente los menores y los de *P. vaginatum* y *P. notatum* los mayores, acompañando a *P. vaginatum* mejorado (Tabla 3).

Tabla 2. Valores medios del índice de color de césped en especies nativas de *Paspalum*. 1) *P. notatum*; 2) *P. inaequivalve*; 3) *P. distichum*; 4) *P. vaginatum* mejorado; 5) *P. alnum*; 6) *P. vaginatum*; 7) *P. denticulatum*. Diciembre de 2012 a febrero de 2013.

05-dic-12 ¹			21-dic-12 ¹			27-dic-12 ¹			13-feb-13 ¹		
especie	índice		especie	índice		especie	índice		especie	índice	
6	5,8	A	7	5,3	A	7	5,7	A	2	6,1	A
2	6,0	A B	3	5,6	A	3	5,8	A B	6	6,4	A B
5	6,1	A B	2	5,6	A B	2	5,8	A B	7	6,5	A B
7	6,3	B C	5	5,9	B C	1	6,0	B C	3	6,5	B
1	6,3	B C	1	6,0	C D	5	6,0	B C	4	6,6	B C
3	6,3	B C	6	6,0	C D	6	6,2	C	5	6,7	B C
4	6,6	C	4	6,3	D	4	6,2	C	1	6,9	C

¹Fechas en las que hubo diferencias significativas entre las especies. Test LSD Fisher Alfa = 0,05. Valores con una letra común no son significativamente diferentes.

Tabla 3. Índice de color estacional en céspedes de *Paspalum*. Agosto 2012 a febrero de 2013. 1) *P. notatum*; 2) *P. inaequivalve*; 3) *P. distichum*; 4) *P. vaginatum* mejorado; 5) *P. alnum*; 6) *P. vaginatum*; 7) *P. denticulatum*.

Invierno		Primavera			Verano		
Especie	Índice	Especie	Índice		Especie	Índice	
	5,01	6	6,0	A	7	5,8	A
6	5,03	5	6,0	A B	2	5,8	A
7	5,06	2	6,1	A B	3	6,0	A B
5	5,11	7	6,1	A B	5	6,1	B C
4	5,25	3	6,2	A B	1	6,2	C
2	5,31	1	6,2	B C	6	6,3	C
3	5,33	4	6,4	C	4	6,3	C

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,21489. Valores con una letra común no son significativamente diferentes.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la denominación del color según la escala visual de NTEP en la que la calificación 1 corresponde a un verde muy claro; 3 a uno claro; 5 a un verde medio; 7 a un verde oscuro y 9 muy oscuro, todos los materiales de *Paspalum* evaluados quedaron caracterizados como formadores de céspedes verdes medios según los datos obtenidos con el medidor de color.

Se destacaron el tiempo considerablemente menor insumido en las mediciones en relación al que habitualmente demandan las determinaciones visuales y la independencia del evaluador respecto a la caracterización del color de los céspedes.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco del Proyecto de Investigación PID UNER 2139 (Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina) denominado *Caracterización y evaluación de especies nativas del género Paspalum para céspedes en el departamento Paraná*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, GE; Martin, DL; Koh, K; Han, HR. 2009. Comparison of turfgrass visual quality ratings with ratings determined using a handheld optical sensor. *HortTechnology* 19(2):309-316.
- Bremer, DJ; Lee, H; Suc, K; Keeleya, SJ. 2011. Relationships between normalized difference vegetation index and visual quality in cool-season turfgrass: II factors affecting NDVI and its component reflectances. *CropSci* 51(5):2219-2227.
- Bunderson, LD; Johnson, PG, Kelly, L; Kopp, KL; Van Dyke, A. 2009. A tool for evaluating native grasses as low maintenance turf. *UAES Journal Paper number* 7978:7.
- INTA, EEA Paraná (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2013). Estación Experimental Agropecuaria Paraná (en línea). Entre Ríos, AR. Consultado 25 feb. 2013. Disponible en <http://inta.gob.ar/unidades/631000>
- Di Rienzo, JÁ; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2013. Grupo InfoStat, InfoStat versión 2013 (en línea). Córdoba, AR.
- Consultado 22 ago. 2012. Disponible en <http://www.InfoStat.com.ar>
- González, A; Porras, I; Ochoa, J; Bañon, S; Fernández, JA. 1999. Caracterización colorimétrica de diversos cultivares de gerbera (*Gerbera jamesonii*) para flor cortada. *Invest Agr Prod Prot Veg* 14 (1-2):217-223.
- Ghali, IE; Grabow, GL; Huffman, RL; Miller, GL. 2010. Comparing digital image analysis and other turf quality measurements in the evaluation of smart irrigation technologies (en línea). *An ASABE Meeting Presentation Paper number* 1009924:16. Consultado 15 mar. 2013. Disponible en http://www.bae.ncsu.edu/bae/topic/go_irrigation/docs/asabe-2010-ghali.pdf
- Horst, GL; Engelke, MC; Meyers, W. 1984. Assessment of visual evaluation techniques (en línea). *Agron J* 76:619-622. Consultado 15 mar. 2013. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/76/4/AJ0760040619>
- Jiang, Y; Carrow, RN; Duncan, RR. 2003. Correlation analysis procedures for canopy spectral reflectance data of seashore paspalum under traffic stress. *J Amer Soc Hort Sci* 128:343-348.
- Keskin, M; Han, YJ; Dodd, RB; Khalilian, A. 2008. Reflectance-based sensor to predict visual quality ratings of turfgrass plots. *Applied Engineering in Agricultura* 24(6):855-860.
- Lee, H; Bremer, DJ; Su, K; Keeley, SJ. 2011. Relationships between normalized difference vegetation index and visual quality in turfgrasses: effects of mowing height. *Crop Science* 51(1):323-332.
- Mirik, M; Michels, GJ Jr S; Kassymzhanova-Mirik, S; Elliott, NC; Catana, V; Jones, DB; Bowling, R. 2006. Using digital image analysis and spectral reflectance data to quantify damage by greenbug (Hemiptera: Aphididae) in winter wheat (en línea). *Computers and Electronics in Agriculture* 51:86-98. Consultado 15 mar. 2013. Disponible en <http://naldc.nal.usda.gov/download/6849/PDF>
- Morris, KN; Shearman, RC. 2002. NTEP Turfgrass Evaluation Guidelines (en línea). Consultado 15 mar. 2013. Disponible en http://www.ntep.org/pdf/rating_s.pdf

- X-Rite Munsell M50150. 1977. *In* Munsell color charts for plant tissue. New York. p. 12553-6148.
- National Turfgrass Evaluation Program, NTEP. 2013. NTEP (en línea). Consultado 15 mar. 2013. Disponible en <http://www.ntep.org/>
- Picasso, JSA. 2000. Manual argentino de césped. Buenos Aires, Tierra Editora. 126 p.
- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. 1998. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos.
- Sönmez, NK; Emekli, Y; Sari, M; Bastug, R. 2008. Relationships between spectral reflectance and water stress conditions of bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.) (en línea). *New Zealand J Agr Res* 51:223-263. Consultado 15 mar. 2013. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1080/00288230809510451>
- Tourjee, KT; Harding, J; Byrne, TG. 1993. Colorimetric analysis of *Gerbera* flowers. *HortScience* 28(7):735-737.
- Xiong, X; Bell, GE; Solie, JB; Smith, MW; Martin, B. 2007. Bermudagrass seasonal responses to nitrogen fertilization and irrigation detected using optical sensing. *Crop Sci* 47:1603-1610.