

INFLUENCIA DE LA SOMBRA EN LA PERSISTENCIA DE ESPECIES MESOTÉRMICAS PARA FORMAR CÉSPEDES ORNAMENTALES

EFFECTS OF SHADE ON THE PERSISTENCE OF COOL-SEASON GRASSES TO FORM TURFGRASS

Teresa Silvana Caminos^{1*} y Sergio José Estévez¹

ABSTRACT

Cool season turfgrass have persistence difficulties to grow and to persist under shade in the summer with good quality. The objective was to evaluate the ability and persistence of three cool season species suitable for turfgrass under different levels of shade, in the Province of Cordoba, Argentina (33°07' lat. S, 64°14' long. O). Density, cover, overall quality and dry weight of live and dead biomass were evaluated in *Festuca rubra* L., *Poa trivialis* L. y *Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw., growing under 0, 25, 50 and 80% light reduction. The shade was produced with black plastic shading net. The behaviour of the turf was modified throughout the time, with the genotype and the level of shade in which it grew ($p \leq 0.001$). In all the variables existed interaction between species \times time ($p \leq 0.001$); shade level \times time ($p \leq 0.001$) and species \times shade level ($p \leq 0.05$). None of the varieties of the studied species can be used as a single genotype to form turfgrass under full sunlight. Under 25% of shade, only *A. stolonifera* produced good quality turf as single specie, surviving until the beginning of the second warm season. Under 50% of light reduction, *A. stolonifera* is the only species that persisted two years from its establishment, with very good quality in the first year and just acceptable in the second year. At 80% of shading, *A. stolonifera* and *P. trivialis* persisted until the second early summer with acceptable quality, but only *A. stolonifera* survived two warm seasons.

Key words: turfgrass, light reduction, *Festuca rubra*, *Poa trivialis*, *Agrostis stolonifera* var. *palustris*.

RESUMEN

Los céspedes de especies mesotérmicas presentan dificultades para crecer y persistir bajo sombra en el verano con calidad aceptable. El objetivo fue evaluar la aptitud y persistencia de tres especies mesotérmicas para formar céspedes como especie única, bajo diferentes niveles de sombra, en la Provincia de Córdoba, Argentina (33°07' lat. S, 64°14' long. O). Se evaluó densidad, cobertura, apariencia y peso seco de la biomasa aérea viva y muerta en *Festuca rubra* L., *Poa trivialis* L. y *Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw., con 0, 25, 50 y 80% de reducción lumínica usando mallas sombreadoras plásticas negras. El comportamiento del césped se modificó a lo largo del tiempo, según el genotipo evaluado y el nivel de luz en que creció ($p \leq 0,001$). En todas las variables hubo interacción entre especie \times tiempo ($p \leq 0,001$); nivel de sombra \times tiempo ($p \leq 0,001$) y especie \times nivel de sombra ($p \leq 0,05$). Ninguna de las variedades de las especies estudiadas puede emplearse como genotipo único para formar céspedes bajo luz solar plena. Con sombras del 25%, sólo *A. stolonifera* produce cubiertas cespitosas de buena calidad, como especie única, persistiendo hasta el inicio de la segunda estación estival. Con 50% de sombra, *A. stolonifera* es la única especie que persiste dos años a partir de su implantación, con muy buena calidad durante el primer año y sólo aceptable en el segundo. Con 80% de sombra, *A. stolonifera* y *P. trivialis* persisten con calidad aceptable hasta el inicio de la segunda estación estival, pero sólo *A. stolonifera* puede sobrevivir durante dos veranos.

Palabras clave: cubiertas cespitosas, reducción lumínica, *Festuca rubra*, *Poa trivialis*, *Agrostis stolonifera* var. *palustris*

¹ Universidad Nacional de Río Cuarto. Dpto. Producción Vegetal. Fac. Agronomía y Veterinaria. Ruta Nac. N° 36, Km. 601. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. E-mail: tcaminos@avv.unrc.edu.ar. * Autor para correspondencia.
Recibido: 21 de septiembre de 2006. Aceptado: 3 de enero de 2007

INTRODUCCIÓN

El césped, un componente clave de los espacios verdes, contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de la población y la reducción de problemas ambientales. En la mayoría de los paisajes, la cubierta cespitosa crece en asociación con árboles, arbustos y construcciones, siendo la sombra el principal factor ambiental que altera su calidad (Bell *et al.*, 2000).

En la región centro sur de la Provincia de Córdoba, los céspedes están basados en gramíneas megatérmicas, como *Cynodon dactylon* L., recurriéndose a resiembras otoñales con especies mesotérmicas para mantenerlos verdes todo el año. Esta práctica de manejo es frecuentemente utilizada en regiones climáticas de transición, debido a que las especies mesotérmicas encuentran restricciones en el crecimiento, cuando las temperaturas de verano exceden los niveles óptimos por períodos extensos (Xu y Huang, 2000). Sin embargo, existen diferencias genotípicas, ya que *Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw. está considerada como una especie de mayor tolerancia al calor, mientras que *Poa trivialis* L. y *Festuca rubra* L. son más sensibles a las altas temperaturas (Turgeon, 1996).

Una estrategia de manejo alternativa a la descrita, consistiría en la elección de especies mesotérmicas, y/o sus variedades, sobre la base de dos criterios: búsqueda de genotipos más tolerantes a condiciones de radiación y temperatura elevadas, y empleo de genotipos que posean un buen comportamiento bajo condiciones de reducción de luz. Tales criterios persiguen objetivos diferentes, el primero busca responder a la necesidad de producir cubiertas cespitosas persistentes y de buena calidad bajo luz solar directa; el otro procura lo mismo, pero para ambientes donde la intensidad lumínica se ve reducida por efecto de diferentes componentes del paisaje que generan sombra.

El comportamiento de las especies mesotérmicas varía bajo diferentes intensidades de luz, citándose a *F. rubra*, *A. stolonifera* y *P. trivialis* como las de mayor tolerancia a la sombra (Harivandi y Gibeault, 1997). La baja intensidad lumínica produce cambios morfofisiológicos como disminuciones del número de macollos y cobertura, que se traducen en deterioros de su calidad visual (Bär *et al.*, 1995; Gardner y Taylor, 2002; Tegg y Lane, 2004). Sin embargo, para Misha (1991) la densidad y el grado de cobertura aumentaron con poco sombreado, pero disminuyeron con mayor nivel de sombra. La reducción lumínica también produjo menor cantidad de biomasa aérea total y de material muerto (Norton *et al.*, 1990).

En evaluaciones de céspedes creciendo bajo sombra (70%) y sol directo, Al-Mana (2000) encontró que *A. stolonifera* presentó niveles de calidad aceptables durante los dos años de estudio. La apariencia de todas las gramíneas y su comportamiento fueron generalmente mejores en el invierno y la primavera; durante el verano sobrevivieron todas las especies creciendo bajo sombra, y continuaron su crecimiento en el segundo año, mientras que murieron las que crecieron bajo el sol.

El objetivo de este estudio fue determinar la aptitud y la persistencia de tres especies mesotérmicas para formar cubiertas cespitosas como especie única, creciendo bajo diferentes niveles de sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Provincia de Córdoba, Argentina (33°07' lat. S, 64°14' long. O), en un suelo Hapludol típico, franco arenoso muy fino. El clima regional es templado, subhúmedo a semiárido, con estación seca en invierno. Las temperaturas del aire (medias y máximas medias), la serie histórica de temperaturas medias (1974 a 2002), y la radiación global incidente registradas en la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC, durante el período de evaluación (abril 1999 a abril 2001) se presentan en la **Figura 1a** y **b**.

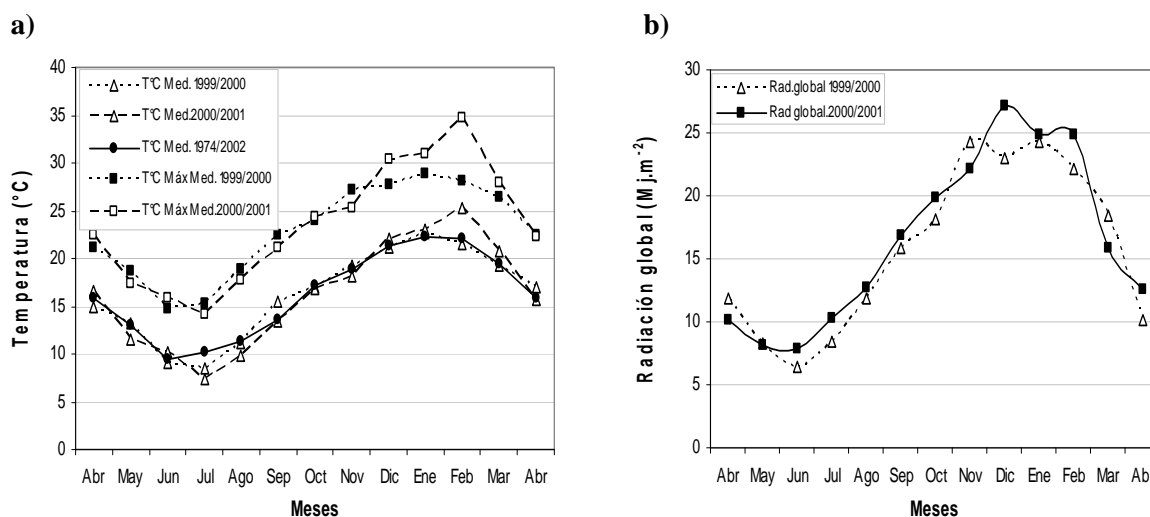


Figura 1. a) Temperatura del aire media y máxima media registradas entre abril 1999 y abril 2001 y la temperatura media histórica del período 1974 a 2002; b) Radiación global incidente entre abril 1999 y abril 2001.

Figure 1. a) Mean and mean maximum air temperature registered from April 1999 to April 2001 and historical mean temperature of 1974 to 2002 period. b) Incident global radiation registered from April 1999 to April 2001.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones con un arreglo espacial en parcelas divididas. Los niveles de sombra evaluados fueron: 0% (control o luz solar plena), 25; 50; y 80% de sombra, los que se ajustaron con mallas sombreadoras plásticas negras de diferente entramado. El control cuantitativo de la reducción de luz que producía cada una de las mallas fue realizado empleando un espectroradiómetro (LiCor, modelo LI-1800, Lincoln, Nebraska, USA) y los valores obtenidos se presentan en el **Cuadro 1**. Las especies y variedades evaluadas fueron: *Festuca rubra* L. cv. Pennlawn, *Poa trivialis* L. cv. Sabre y *Agrostis stolonifera* var. *palustris* (Huds.) Farw. cv. Penncross. El nivel de intensidad de luz se asignó a la parcela principal y las especies a las sub-parcelas.

Cuadro 1. Valores de intensidad lumínica en el rango de la Radiación Fotosintéticamente Activa (400-700 nm), en $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, porcentaje de reducción de la luz debajo de cada una de las mallas y diferencia con el valor nominal de sombra indicado por el fabricante.

Table 1. Light intensity values in the rank of the Photosynthetically Active Radiation (400-700 nm), in $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, percentage of reduction of light under each one of the meshes and differences from the nominal value of shade indicated by the manufacturer.

Nivel de sombra ensayado	Intensidad de luz (400-700 nm)	Porcentaje de reducción de luz respecto del control	Diferencia con lo indicado por el fabricante
0% luz solar completa (control)	1942,0	0,00	---
25% sombra (75% intensidad de luz)	1433,0	73,79	- 1,21
50% sombra (50% intensidad de luz)	967,2	49,80	- 0,20
80% sombra (20% intensidad de luz)	446,4	22,99	+ 2,99

La siembra se realizó en abril de 1999, con una densidad de 35.000 semillas viables m^{-2} sobre el terreno previamente preparado y nivelado. Esa densidad es la recomendada técnicamente para lograr un césped ornamental de buena calidad o un campo deportivo de mediana competencia. Las observaciones se realizaron mensualmente hasta abril de 2001. En laboratorio se evaluó la densidad, por recuento del número de macollos sobre muestras extraídas con cilindros de 0,062 m de diámetro y 0,07 m de altura, siguiendo la metodología de Lush y Franz (1991). Luego, se cortó la biomasa aérea dejando un remanente de 0,05 m, se separó en material vivo y muerto (broza), se secó en estufa a 80°C y se registró el peso seco de: biomasa aérea total (PSTo), materia verde (PSMv) y broza (PSBr). La cobertura se determinó a campo, como un porcentaje de suelo cubierto con césped, de acuerdo al método del Point Quadrat, descrito por Daget y Poissonet (1971). La calidad visual o apariencia se determinó a través de una escala cualitativa de 0 a 5 que contempló: porcentaje de cobertura del suelo, densidad y color del follaje (Horst *et al.*, 1984), variables

que se observaron directamente en cada una de las parcelas. La escala utilizada fue: 0 = suelo desnudo, sin cobertura y/o con césped muerto o amarronado; 1 = cobertura no uniforme, densidad baja y/o hasta 80% de biomasa aérea amarronada; 2 = cobertura no uniforme, densidad del follaje regular y/o con hasta 50% de biomasa aérea amarronada; 3 = cobertura uniforme con densidad del follaje media y/o con hasta 30% de biomasa amarronada; 4 = cobertura uniforme con densidad media a alta y/o con hasta 10% de biomasa aérea amarronada y 5 = 100% cobertura de suelo, alta densidad del follaje y color verde uniforme. En forma complementaria, se registró la temperatura del aire a pleno sol y debajo de las mallas, realizándose 10 mediciones al mediodía durante los meses de diciembre y enero de ambos años.

Para determinar si un césped era de calidad aceptable, se establecieron valores mínimos de densidad, cobertura y apariencia, 20.000 macollos m^{-2} , 70% y 3, respectivamente, los que podrían corresponder a un uso ornamental. Los cuidados culturales consistieron en cortes a 5 cm de altura con máquina autopropulsada con sistema de corte tipo rotativo, y la frecuencia se determinó para cada subparcela aplicando la regla del tercio, es decir que se cortó toda vez que el césped alcanzó los 7,5 cm. (Turgeon, 1996). Para establecer el momento de riego y la cantidad de agua a aplicar en cada tratamiento se calculó la curva de capacidad hídrica del suelo, se monitoreó su contenido de humedad con un medidor de humedad Time Domain Reflectometry (TDR). Luego, para cada nivel de sombra y especie, se calculó la cantidad de agua necesaria a aplicar para mantener el contenido de humedad entre un 40 y 80% de la capacidad de campo. Se realizaron tres fertilizaciones con N, P y K en septiembre, noviembre y marzo de cada año, considerando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, los requerimientos de las especies y los niveles de luz estudiados (Beard, 1973).

Los datos se sometieron a un análisis de medidas repetidas en el tiempo y se procesaron mediante el análisis de perfiles. Cuando las interacciones dobles o triples entre especie, sombra y fecha fueron significativas, se evaluaron las diferencias entre especies para cada nivel de luz en cada una de las fechas mediante la prueba DMS de Fisher ($p \leq 0,05$). Adicionalmente, se realizó un análisis multivariado de componentes principales para cada nivel de luz, el que involucró todas las variables evaluadas. Los análisis se realizaron con el software estadístico InfoStat (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de perfiles se observó la respuesta típica de las especies mesotérmicas con picos de crecimiento en primavera y otoño y una disminución en los meses de verano. Este patrón fue seguido por las tres especies durante los dos años y se reflejó en un efecto significativo ($p \leq 0,001$) del factor tiempo en las variables evaluadas. El crecimiento de las especies se vio fuertemente afectado por el genotipo ($p \leq 0,001$) y por los niveles de luminosidad ($p \leq 0,001$). Para todas las variables, hubo interacción entre nivel de luz \times tiempo ($p \leq 0,001$) y especie \times tiempo ($p \leq 0,001$), mientras que especie \times nivel de luz fue significativa ($p \leq 0,05$) para densidad, cobertura, PSTo y apariencia. Solamente se registró interacción triple (especies \times nivel de luz \times tiempo) para densidad ($p \leq 0,05$).

El rango de temperaturas medias óptimas del aire para el crecimiento de la parte aérea de las especies mesotérmicas es de 15 a 24°C (Beard, 1973). Los valores térmicos se mantuvieron desde setiembre hasta abril dentro de este rango en los dos años de estudio, excepto en febrero de 2001 que fueron superiores (**Figura 1**). No obstante, entre noviembre y marzo de ambos años, las temperaturas máximas medias superaron los valores óptimos, provocando respuestas diferenciales entre las especies.

En las **Figuras 2 y 3** se presenta la evolución de las especies en los diferentes tratamientos de nivel de sombra durante el verano-otoño de cada año (diciembre a abril), ya que fue el período crítico para la sobrevivencia de las mismas. Así mismo, dada la importancia que obtuvo en este período la cantidad de biomasa aérea muerta, se muestran solamente el PSTo y PSBr. Durante el primer período de crecimiento activo (junio a diciembre 1999) todas las especies aumentaron la densidad, lo que implicó aumentos marcados de PSTo, PSMv, cobertura y apariencia (se muestra sólo diciembre 1999 en la **Figura 2**). En general, bajo la máxima reducción de luz (80%), se observaron los valores más bajos en todas las variables medidas, en concordancia a lo hallado por Norton *et al.* (1990), Bär *et al.* (1995), Gardner y Taylor (2002) y Tegg y Lane (2004). Sin embargo, con niveles de sombra intermedios (25 y 50%) se observaron aumentos de densidad y cobertura, similares a los encontrados por Misha (1991).

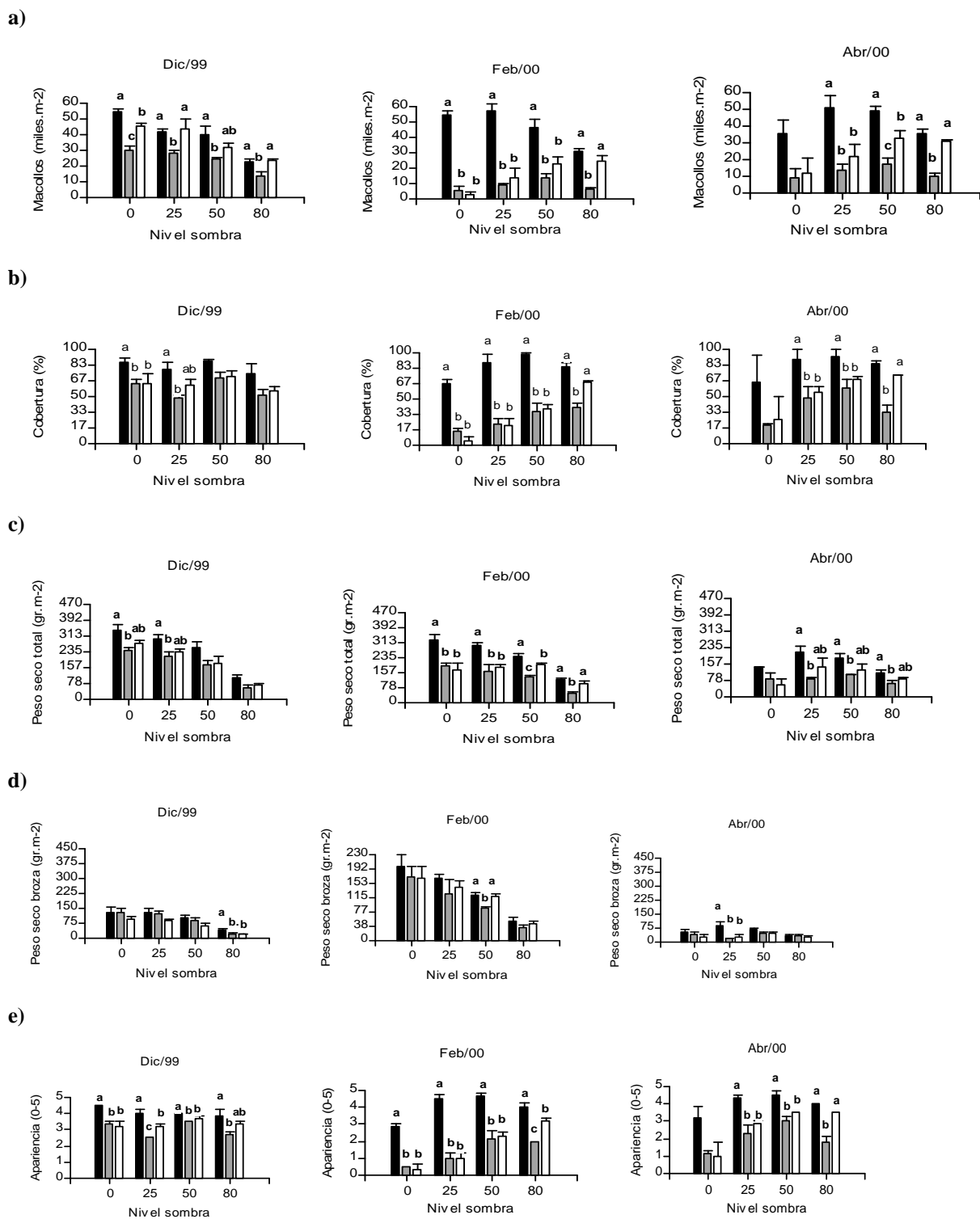


Figura 2. Densidad (a), cobertura (b), peso seco total de la biomasa aérea (c), peso seco de la broza (d), y apariencia (e), de cada especie (media ± error estándar) en los diferentes niveles de sombra durante el primer verano - otoño (diciembre 1999 a abril 2000). Barras negras = *Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw.; grises = *Festuca rubra* L. y blancas = *Poa trivialis* L.

Figure 2. Density (a), cover (b), total shoot biomass dry weight (c), dead shoot biomass dry weight (d), and overall quality (e), of each species under different shade levels (mean ± standard error) during the first summer and autumn (December 1999 to April 2000). Black bars = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; grey = *Festuca rubra*; and white = *Poa trivialis*

Letras distintas indican diferencias significativas según pruebas DMS ($p \leq 0.05$) y barras sin letras indican falta de diferencias significativas entre especies para cada nivel de sombra.

Escala de apariencia: 0 = suelo desnudo, sin cobertura y/o con césped muerto o amarronado; 1 = cobertura no uniforme, densidad baja y/o hasta 80% de biomasa aérea amarronada; 2 = cobertura no uniforme, densidad del follaje regular y/o con hasta 50% de biomasa aérea amarronada; 3 = cobertura uniforme con densidad del follaje media y/o con hasta 30% de biomasa amarronada; 4 = cobertura uniforme con densidad media a alta y/o con hasta 10% de biomasa aérea amarronada y 5 = 100% cobertura de suelo, alta densidad del follaje y color verde uniforme.

En el primer verano, las temperaturas medias máximas fueron superiores o cercanas a los 27°C (**Figura 1**), perjudicando el crecimiento de todas las especies, principalmente bajo luz solar plena en los meses de febrero a marzo de 2000, en concordancia con lo hallado por Al-Mana (2000) y Xu y Huang (2000). Ello provocó descensos en densidad, cobertura, PSTo y apariencia, mientras que los valores de PSBr aumentaron (**Figura 2**). A la sombra el comportamiento genotípico dependió del nivel de reducción lumínica en el que crecieron. En abril de 2000 (**Figura 2**) las tres especies se recuperaron en todos los tratamientos de luz y para las variables en estudio.

Durante el segundo período de crecimiento (junio a noviembre 2000, datos no mostrados) la densidad, cobertura, PSTo y apariencia de las especies, mantuvieron valores semejantes a los alcanzados en el otoño de ese año (abril 2000). A principios del segundo verano (diciembre 2000 en la **Figura 3**), las tres especies comenzaron a deteriorarse, mostrando una disminución en las variables estudiadas, excepto para el PSBr que aumentó a niveles superiores respecto al verano anterior (**Figura 2 c**). Esta pérdida de aptitud fue más pronunciada en febrero y marzo de 2001, especialmente en los niveles de menor sombra (0 y 25% sombra) cuando los valores de temperatura medias máximas alcanzaron los 35°C (**Figura 1**).

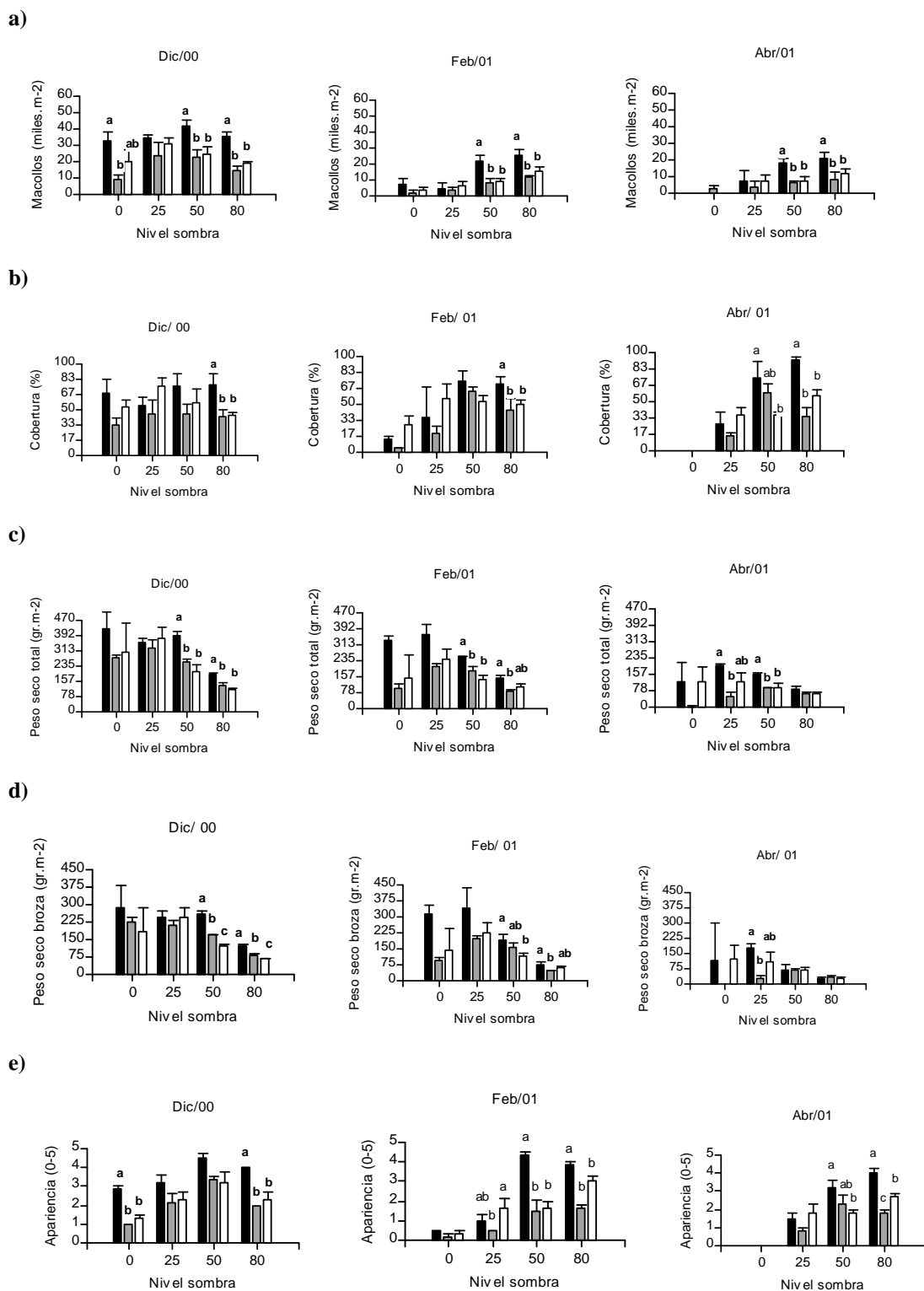


Figura 3. Densidad (a), cobertura (b), peso seco total (c), peso seco de la broza (d), y apariencia (e), de cada especie (media \pm error estándar) en los diferentes niveles de sombra durante el segundo verano - otoño (diciembre 2000 a abril 2001). Barras negras = *Agrostis stolonifera* L. var. *palustris* (Huds.) Farw.; grises = *Festuca rubra* L.; y blancas = *Poa trivialis* L. Figure 3. Density (a), cover (b), total shoot biomass dry weight (c), dead shoot biomass dry weight (d), and overall quality (e), of each species under different shade levels (mean \pm standard error) during the second summer and autumn (December 2000 to April 2001). Black bars = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; grey = *Festuca rubra*; and white = *Poa trivialis*.

Letras distintas, indican diferencias significativas según pruebas DMS ($p \leq 0.05$) y barras sin letras indican falta de diferencias significativas entre especies para cada nivel de sombra.

Para sintetizar el comportamiento de los genotipos según el nivel de sombra en que crecieron, se aplicó un análisis multivariado a todas las variables registradas durante los dos años de estudio. Adicionalmente, se determinó la aptitud de los genotipos para formar céspedes de calidad, poniendo énfasis en los valores observados en las variables densidad, cobertura y apariencia.

El comportamiento de los genotipos cuando crecieron al sol, puede observarse en el biplot generado por el análisis multivariado, cuyos dos primeros ejes explican el 94% de la variabilidad de las observaciones (**Figura 4**). La cobertura, densidad, apariencia y PSMv mostraron una alta correlación que osciló entre 80 y 92%, obteniendo los mayores valores a comienzos del primer verano (diciembre 1999) para las tres especies, tal como se observa en el eje 1 del biplot.

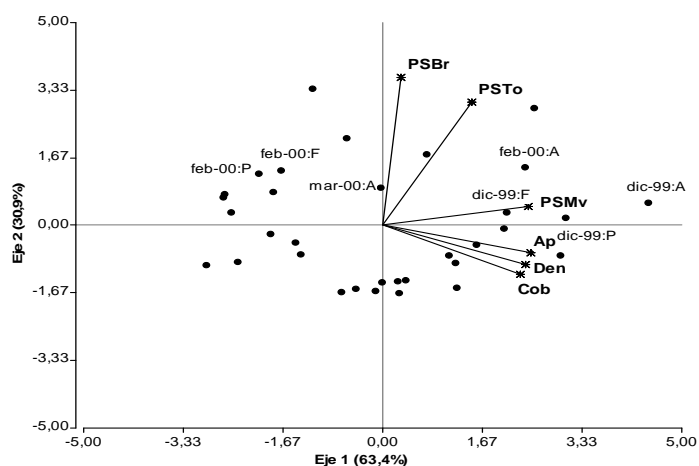


Figura 4. Biplot del análisis de componentes principales cuando las especies crecieron a pleno sol. Puntos = observaciones promedio por fecha período abril 1999 a abril 2001 (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* y P = *Poa trivialis*). Rayos (vectores con terminación en estrella) = variables (Den = densidad, Cob = cobertura, PSTo = peso seco total, PSMv = peso seco de la materia verde, PSBr = peso seco de la broza y Ap = apariencia).

Figure 4. Principal component analysis biplot when the species grew under full sun. Points= average observations by date April 1999 to April 2000 period (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* and P = *Poa trivialis*). Rays (star finished vectors) = traits (Den = density, Cob = cover, PSTo = total biomass dry weight, PSMv = live biomass dry weight, PSBr = dead biomass dry weight and Ap = overall quality).

En concordancia con estos resultados y de acuerdo a lo observado en la **Figura 2** a, b y e, la densidad hasta diciembre 1999 osciló entre 43.000 y 54.000 macollos m^{-2} para *A. stolonifera*, 30.000 y 45.000 macollos m^{-2} para *P. trivialis* y 30.000 macollos m^{-2} en *F. rubra*. Ello significó una buena evolución de la cobertura, ya que *A. stolonifera* cubrió más del 90% del suelo, mientras que las otras dos especies lograron valores aceptables (70%). Como resultado, *A. stolonifera* obtuvo la mejor apariencia (4,5), mientras que *P. trivialis* y *F. rubra* sólo lograron valores aceptables de calidad visual, los que oscilaron entre 3,1 y 3,3. Durante el primer verano, las tres especies experimentaron un notorio deterioro, manifestándose en un aumento del material muerto (PSBr), el cual representó una importante proporción del PSTo, tal como se observa en el eje 2 de la **Figura 4**. En *P. trivialis* y *F. rubra* ese incremento se apreció desde febrero de 2000, mientras que en *A. stolonifera* ocurrió a fines del verano, en marzo de 2000 (**Figura 2** d). En concordancia con lo informado por Al-Mana (2000), la marcada disminución en densidad, cobertura y apariencia, ocasionó la pérdida de aptitud de todos los genotipos para formar cubiertas cespitosas como especie única, aún cuando mostraron una buena recuperación otoñal, particularmente *A. stolonifera* (Abril de 2000 de la **Figura 2**).

Cuando las especies crecieron con un 25% de sombra, el comportamiento fue diferente al descrito antes. La densidad, cobertura, PSMv y apariencia mostraron una alta correlación positiva (75 a 89%) y se incrementaron en todas las especies hasta principios del primer verano (diciembre 1999), pero solo se mantuvo para *A. stolonifera* hasta finales

de esa estación, lo que se observa en el eje 1 de la **Figura 5**, cuyos dos ejes explican el 91% de la variabilidad de las observaciones.

De acuerdo a lo observado en la **Figura 2** a, b y e hasta diciembre 1999, la densidad alcanzó en *A. stolonifera* y *P. trivialis* valores superiores (entre 31.000 y 43.000 macollos m⁻²), siguiendo la cobertura una tendencia similar (70 a 80%). A pesar de la similitud entre estas dos especies, *A. stolonifera* tuvo mejor apariencia con valores de 4, lo que la hace más apta para céspedes de buena calidad, mientras que *P. trivialis*, con una calidad visual de 3,1, también puede considerarse apropiada para formar coberturas cespitosas, aunque de menor calidad. El comportamiento de *F. rubra* fue inferior y no aceptable, ya que aún mostrando una densidad adecuada (28.000 macollos m⁻²), la cobertura del suelo fue inferior al 50% y su apariencia de 2,5, lo que puede observarse en la **Figura 5**.

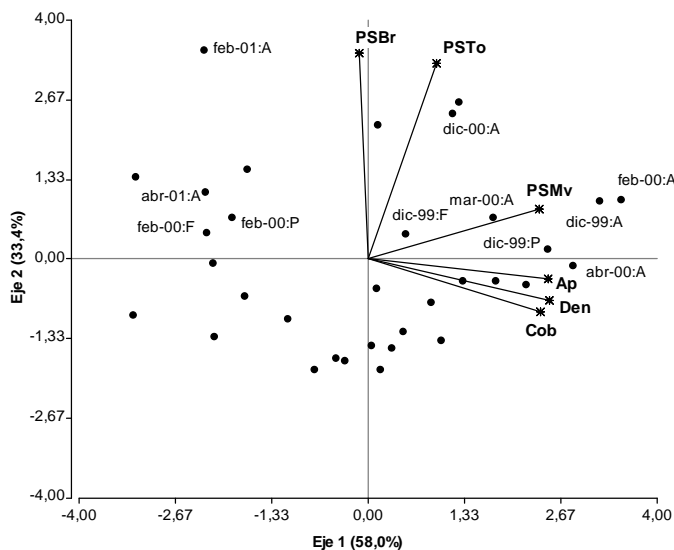


Figura 5. Biplot del análisis de componentes principales cuando las especies crecieron con 25% de sombra. Puntos = observaciones promedio por fecha período abril 1999 a abril 2001 (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* y P = *Poa trivialis*). Rayos (vectores con terminación en estrella) = variables (Den = densidad, Cob = cobertura, PSTo = peso seco total, PSMv = peso seco de la materia verde, PSBr = peso seco de la broza y Ap = apariencia).

Figure 5. Principal component analysis biplot when the species grew under 25% of shade. Points = average observations by date April 1999 to April 2000 period (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* and P = *Poa trivialis*). Rays (star finished vectors) = traits (Den=density, Cob = cover, PSTo = total biomass dry weight, PSMv = live biomass dry weight, PSBr = dead biomass dry weight and Ap = overall quality).

Bajo esta condición de sombra, el deterioro experimentado por las tres especies en el verano fue menor en relación al comportamiento bajo luz solar plena, en coincidencia con lo observado por Misha (1991), aunque sólo *A. stolonifera* mantuvo valores superiores aceptables en las tres variables. La densidad de esta especie disminuyó en marzo de 2000, pero mantuvo valores altos (34.000 macollos m⁻²), cobertura superior al 80% y una apariencia de 4,2, lo que indica que seguiría siendo una especie apta para césped de buena calidad. *P. trivialis* y *F. rubra*, en cambio, a partir de febrero de 2000 mostraron valores muy bajos de densidad, cobertura y apariencia, en tanto que el PSBr aumentó, lo que las hizo no aceptables para su elección como especie única (**Figuras 2 y 5**).

A partir del otoño (abril de 2000) *A. stolonifera* mostró una buena recuperación en las tres variables estudiadas (50.000 macollos m⁻²; 85% cobertura y 4,5 apariencia), manteniendo valores similares durante la estación de crecimiento activo (datos no mostrados). Sin embargo, al inicio del segundo verano (diciembre de 2000), esta especie comenzó a mostrar un deterioro en densidad, cobertura, PSMv y apariencia y un aumento del PSBr, lo que se acentuó en febrero de 2001 (**Figuras 3 y 5**), no observándose además una recuperación otoñal (abril de 2001). Esto indica que *A. stolonifera* mostró, hasta abril de 2000, aptitud como especie única con muy buena calidad, siendo sólo aceptable hasta diciembre de ese año.

Con el 50% de sombra el análisis multivariado explica a través de sus dos primeros ejes un 88% de la variabilidad de las observaciones. La correlación entre las variables densidad, cobertura, apariencia y PSMv osciló entre 65 y 89% (**Figura 6**).

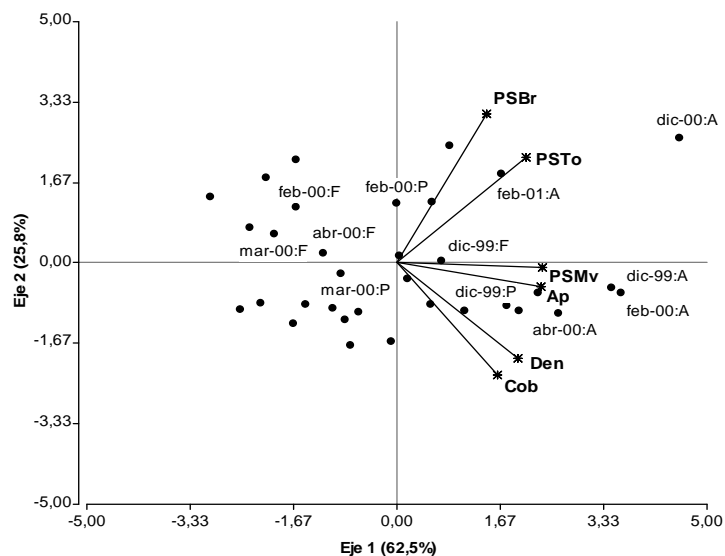


Figura 6. Biplot del análisis de componentes principales cuando las especies con 50% de sombra. Puntos = observaciones promedio por fecha período abril 1999 a abril 2001 (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* y P = *Poa trivialis*). Rayos (vectores con terminación en estrella) = variables (Den = densidad, Cob = cobertura, PSTo = peso seco total, PSMv = peso seco de la materia verde, PSBr = peso seco de la broza y Ap = apariencia).

Figure 6. Principal component analysis biplot when the species grew growth under 50% of shade. Points = average observations by date April 1999 to April 2000 period (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* and P = *Poa trivialis*). Rays (star finished vectors) = traits (Den=density, Cob = cover, PSTo = total biomass dry weight, PSMv = live biomass dry weight, PSBr = dead biomass dry weight and Ap = overall quality).

El comportamiento hasta inicio del primer verano (diciembre 1999) de todos los genotipos fue semejante al obtenido bajo los niveles de 0 y 25% de sombra. *P. trivialis* y *F. rubra* mostraron un aumento de material muerto (PSBr) durante la primera temporada estival (desde febrero hasta abril 2000), como se observa en el eje 2 de la **Figura 6** y en la **Figura 2** d. *A. stolonifera*, sin embargo, persistió durante ambos veranos (febrero y abril de 2000 y 2001), tal como se muestra en el eje 1 de dicha figura.

Los valores observados en la **Figura 2** a, b y e durante el primer período de crecimiento activo muestran que *A. stolonifera* y *P. trivialis* no se diferenciaron en densidad, sin embargo, la primera mostró una mejor evolución a partir de junio (datos no mostrados), llegando ambas especies a diciembre de 1999 con 31.000 a 40.000 macollos m⁻². Algo similar ocurrió en cobertura, ya que aunque no se observaron diferencias genotípicas, *A. stolonifera* llegó a cubrir en diciembre más del 90% del suelo. Esto significó mejor apariencia (4), valor equivalente al registrado bajo 25% de sombra y luz solar plena, lo que muestra su aptitud para formar cubiertas cespitosas de buena calidad. *P. trivialis* y *F. rubra*, con una apariencia de alrededor de 3,5 sólo obtuvieron mejor calidad visual que la observada bajo el 25% de sombra y podrían ser aptas, por su comportamiento hasta diciembre de 1999, para formar céspedes de menor calidad que el de *A. stolonifera*.

Durante el primer verano y otoño (febrero a abril 2000), únicamente *A. stolonifera* mostró un buen comportamiento para formar céspedes de calidad en este nivel de sombra. La densidad fue similar o superior a la observada en diciembre 1999 (entre 40.000 y 50.000 macollos m⁻²) y la cobertura osciló entre 80 y 100%. Ello produjo una excelente apariencia, con valores que oscilaron entre 4 y 4,7, por lo que esta especie mantuvo condiciones para formar céspedes como especie única de muy buena calidad. Esta tendencia se mantuvo durante la segunda estación de crecimiento, desde otoño a primavera del año 2000 (datos no mostrados).

Al inicio del segundo verano (diciembre de 2000), como se observa en las **Figuras 3 a, b y e**, *A. stolonifera* disminuyó los valores de densidad, cobertura y apariencia (42.000 macollos m⁻², 75% y 4, respectivamente), pero manteniéndolos por encima de los umbrales aceptables para céspedes de buena calidad. El deterioro fue más marcado de febrero a abril de 2001, pero sin comprometer su aptitud para formar céspedes de calidad aceptable como especie única.

Bajo la máxima densidad de sombra (80%) los dos primeros ejes del biplot (**Figura 7**) explicaron el 87% de la variabilidad de las observaciones, con valores de correlación entre densidad, cobertura y apariencia que variaron entre 63 y 77%. Sólo *P. trivialis* y *A. stolonifera* obtuvieron valores aceptables en todas las variables durante el primer periodo de crecimiento y el verano siguiente (diciembre 1999 a abril de 2000). El buen comportamiento de estas dos especies en la temporada estival, puede observarse en el eje 1 de la **Figura 7**, en cambio *F. rubra* declinó marcadamente a partir de diciembre de 1999, lo que estaría indicando el efecto negativo conjunto que tuvieron sobre esta especie las altas temperaturas y las bajas intensidades lumínicas.

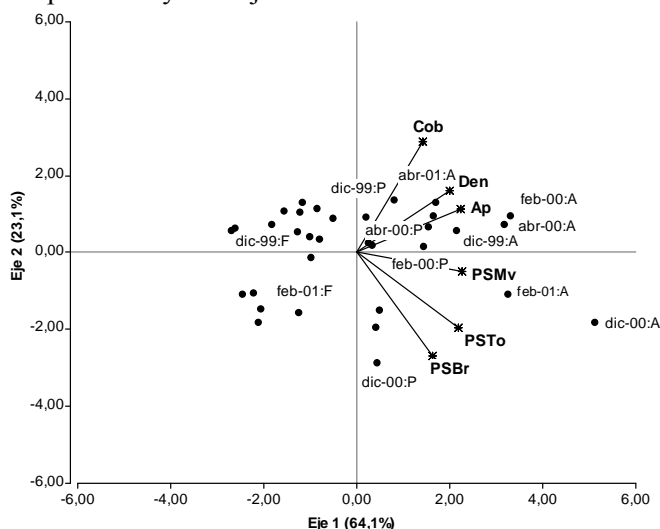


Figura 7. Biplot del análisis de componentes principales cuando las especies crecieron con 80% de sombra. Puntos = observaciones promedio por fecha período abril 1999 a abril 2001 (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* y P = *Poa trivialis*). Rayos (vectores con terminación en estrella) = variables (Den = densidad, Cob = cobertura, PSto = peso seco total, PSMv = peso seco de la materia verde, PSBr = peso seco de la broza y Ap = apariencia).

Figure 7. Principal component analysis biplot when the species grew under 80% of shade. Points = average observations by date April 1999 to April 2000 period (A = *Agrostis stolonifera* var. *palustris*; F = *Festuca rubra* and P = *Poa trivialis*). Rays (star finished vectors) = traits (Den=density, Cob = cover, PSto = total biomass dry weight, PSMv = live biomass dry weight, PSBr = dead biomass dry weight and Ap = overall quality).

Como muestra la **Figura 3 a, b y e**, *A. stolonifera* y *P. trivialis* llegaron a diciembre de 1999 con valores de densidad para formar un césped de calidad aceptable (23.000 macollos m⁻²), mientras que la cobertura osciló entre un 50 y 70%. Como resultado de ello, la apariencia fue mejor en diciembre para *A. stolonifera*, aunque no se diferenció de *P. trivialis*, con valores que oscilaron entre 3,3 y 3,8; semejantes a los observados bajo el 25 y 50% de sombra. Durante el verano y el otoño (febrero a abril de 2000) *A. stolonifera* y *P. trivialis*, continuaron con valores aceptables de densidad (entre 20.000 y 35.000 macollos m⁻²), coberturas entre el 70 y 80% y apariencias que oscilaron entre 3,1 y 4. Ello significó que ambos genotipos mostraran durante el primer ciclo de crecimiento, aptitud para formar cubiertas cespitosas de calidad como especie única.

En el segundo periodo de crecimiento, hasta diciembre de 2000 (datos no mostrados), mantuvo los valores de densidad y apariencia alcanzados en el otoño anterior. En el verano y otoño del segundo año (febrero a abril 2001) este genotipo presentó valores de densidad de 28.000 macollos m⁻², 70 a 95% de cobertura y 4 de apariencia, (**Figura 3 a, b y e**). Estas cualidades también observadas en el eje 1 de la **Figura 7**, permitieron a *A. stolonifera* continuar formando, como especie única, cubiertas cespitosas de calidad. *P. trivialis*, en cambio, mostró un marcado descenso

en las tres variables que determinan calidad a partir de diciembre 2000, perdiendo su aptitud como única especie en el segundo verano desde su implantación (**Figura 7**).

En resumen, bajo luz solar plena y con las prácticas de manejo empleadas en este estudio, ninguno de los genotipos evaluados mostró aptitud para ser usado como especie única. Por el contrario, bajo sombra sólo *A. stolonifera* y *P. trivialis* mostraron valores aceptables para su elección como cubierta cespitosa con calidad y respuestas genotípicas diferenciales. *A. stolonifera*, se destacó como la mejor especie única bajo los tres niveles de sombra ensayados. Creciendo con 25% de sombra, persistió con muy buena calidad durante el primer verano, mantuvo valores aceptables durante el segundo período de crecimiento activo, pero mostró un marcado deterioro al comienzo de la segunda estación estival. Bajo el 50 y 80% de sombra, el comportamiento de *A. stolonifera* fue mejor, ya que pudo sobrevivir durante los dos veranos que abarcó el estudio, respuesta similar a la hallada por Al-Mana (2000). Sin embargo, la calidad producida en estos dos niveles de sombra fue diferente, ya que durante la segunda estación estival, los valores de los atributos medidos fueron sólo aceptables. *P. trivialis*, en cambio, logró sobrevivir como especie única en la sombra más densa (80%) durante el primer verano. Esta respuesta se corresponde con la aptitud de ambas especies respecto a su mayor tolerancia a la sombra, a lo que se agrega la menor susceptibilidad de *A. stolonifera* a las altas temperaturas propias del verano en la región del estudio. Esto es consistente con mediciones de temperatura del aire realizadas en diciembre y enero de ambos años, bajo las mallas media-sombra usadas y que reportaron disminuciones de 8,0, 5,0 y 2,8°C para el 80, 50 y 25% de sombra, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

- ♦ Ninguna de las variedades de las especies estudiadas puede emplearse como genotipo único para formar céspedes bajo luz solar plena, ya que tienen comprometida su sobrevivencia durante el período estival.
- ♦ Con sombra del 25%, sólo *A. stolonifera* produce cubiertas cespitosas de buena calidad como especie única, persistiendo hasta el inicio de la segunda estación estival.
- ♦ Cuando la sombra es del 50%, *A. stolonifera* es la única especie que persiste dos años a partir de su implantación, con muy buena calidad durante el primer año y sólo aceptable en el segundo.
- ♦ Bajo sombras más densas (80%), persisten con calidad aceptable hasta el inicio de la segunda estación estival *P. trivialis* y *A. stolonifera*, pero sólo esta última puede sobrevivir durante dos veranos.

LITERATURA CITADA

Al-Mana, F.A. 2000. Performance of some cool season turfgrass cultivars grown under shade or sun in Riyadh, Saudi Arabia. *J. of Hortic.* 27:15-28.

Bär, D., H. Jacob, und H. Schulz. 1995. Wirkung unterschiedlicher Beschattungsintensitat auf die Entwicklun einiger Rasengräserarten (Effect of different intensities of shading on the development of some turfgrass species). *Rasen Turf Gazon* 26:84-94.

Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and culture*. 658 p. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.

Bell, G.E., T.K. Danneberger, and M.J. McMahon. 2000. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. *Crop Sci.* 40:189-195.

Daget, Ph. et J. Poissonet. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des praires, critères d'application. *Annals Agronomiques* 22:5-41.

Gardner, D.S. and J.A. Taylor. 2002. Change over time in quality and cover of various turfgrass species and cultivars maintained in shade. *HortTechnology* 12:465-469.

- Harivandi, M.A. and V.A. Gibeault. 1997. Turfgrass management in shade. California Turfgrass Culture. Cooperative Extension. University of California. 47:1-3.
- Horst, G.L., M.C. Engelke, and W. Meyers. 1984. Assesment of visual evaluation techniques. *Agron. J.* 76:619-622.
- InfoStat. 2006. InfoStat Profesional version 1. Estadística y diseño. 314 p. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina.
- Lush, W. and P. Franz. 1991. Estimating turf biomass, tiller density and species composition by coring. *Agron. J.* 83:800-803.
- Misha, A. 1991. Influence of some shade degrees on some cool season turgrasses performance. *Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo* 42:1501-1519.
- Norton, B.W., J.R. Wilson, H.M. Shelton, and K.D. Hill. 1990. The effect of shade on forage quality. P 83-88. *In*: H.M. Shelton and W.W. Stür (eds.). *ACIAR Proceedings 32: Forages for Plantation Crops*. Sanur Beach, Bali, Indonesia. Available at: <http://www.aciar.gov.au/publications/proceedings/32/>. Accessed 1 july 2005.
- Tegg, R.S. and P.A. Lane. 2004. A comparison of the performance and growth of a range of turfgrass species under shade. *Aust. J. Agric. Res.* 44:353-358.
- Turgeon, A. J. 1996. Turfgrass management. 4th ed. 406 p. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Xu, Q. and B. Huang. 2000. Growth and physiological responses of creeping bentgrass to changes in air and soil temperatures. *Crop Sci.* 40:1363-1368.