

Determinación de estabilidad de la producción de cultivares de *Chloris gayana* Kunth en Tucumán y zonas de influencia

Gabriela Alcocer*, Pedro G. Pérez**, Fernando R. García Posse***
y Mario R. Devani*

RESUMEN

Las regiones ganaderas subtropicales basan su potencialidad de producción sobre praderas de pastos tropicales, donde *Chloris gayana* Kunth (Grama Rhodes) representa un recurso de interés, sobre todo con el desarrollo de cultivares mejorados. La evaluación de cultivares en diferentes ambientes se realiza para recomendar aquellos que se comporten mejor en la mayor cantidad de ambientes de una región determinada. Los cambios en el ordenamiento de los cultivares al cambiar de ambiente indican la presencia de interacción genotipo x ambiente y la ausencia de estabilidad. La plasticidad es el atributo que le permite a los genotipos ajustar su capacidad productiva a la variación del estímulo ambiental y por tanto ser estables dinámicamente. El objetivo del presente trabajo fue determinar la estabilidad en la acumulación de forraje de cuatro cultivares diploides y dos tetraploides de *Chloris gayana* en cuatro ambientes. Se compararon los resultados obtenidos mediante dos métodos: 1) La prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) protegida de Fisher y 2) El método del Rendimiento Relativo (RR) de Yau y Hamblin. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre cultivares y entre ambientes, pero no hubo interacción con cambios de rangos significativos. La prueba DMS y el método RR coincidieron en clasificar como más estables a los cultivares Katambora y Topcut. El método RR resultó útil para clasificar materiales estables y de altos rendimientos, evitando así el sesgo que aportan los ambientes de alto rendimiento al promedio general.

Palabras clave: estabilidad, interacción genotipo x ambiente, rendimiento relativo, Diferencia Mínima Significativa.

ABSTRACT

Yield stability of *Chloris gayana* Kunth cultivars in Tucumán and zones of influence

Subtropical cattle regions base their production potentiality on tropical grasses on prairies where *Chloris gayana* Kunth (Grama Rhodes) represents a resource of great interest, especially with the development of improved grasses. The assessment of grass in different environments is made in order to highlight those that have a better behaviour in the different environments of a given region. The change in the sorting of grasses when changing environment indicates the presence of genotype x environment interaction and the absence of stability. Plasticity is the attribute which allows genotypes to adjust their productive capacity to the variation in environmental stimulus and thus remain dynamically stable. The objective of this paper was to determine the stability in the accumulation of forage from four diploid grasses and two *Chloris Gayana* tetraploids in four different environments. Results obtained by means of two methods: 1) Test of Least Significant Difference (LSD) protected by Fisher and 2) Method of Relative Performance (RP) by Yen and Hamblin were compared. Statistical differences ($p < 0,05$) were found among grasses and among regions, but there was no interaction with significant range changes. The LSD test and the RP method equally classified Katambora and Topcut grasses as stable. The RP method proved to be useful to classify some materials as stable and as having a high performance, thus avoiding the slant that environments of high performance introduce to the general average.

Key words: stability, interaction genotype x environment, relative yield, Least Significant Difference.

*Sección Granos, Cultivos Industriales y Forrajeras, EEOAC. forrajeras@eeaoc.org.ar.

**Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.

*** CER Leales de INTA.

INTRODUCCIÓN

Chloris gayana Kunth (Grama Rhodes) es una graminea perenne nativa de África tropical y subtropical (Bogdan, 1969). Fue cultivada por primera vez en Sud África en 1895 por Cecil Rhodes, de allí su nombre común, y posteriormente fue sembrada en otros países alrededor del mundo. Es de fácil implantación, produce semillas con facilidad y resiste condiciones de sequía y salinidad (Haffar y Alhadrami, 1997).

Las regiones ganaderas subtropicales asientan su potencialidad de producción sobre praderas de pastos tropicales, donde Grama Rhodes representa un recurso de interés, sobre todo con el desarrollo de cultivares mejorados (Guzman *et al.*, 1994). Las diferentes formas de Grama Rhodes se clasifican en dos grandes grupos según su número de cromosomas: diploides ($2n = 20$ cromosomas) y tetraploides ($2n = 40$ cromosomas).

La obtención de resultados locales para cada condición climática es fundamental, ya que la simple extrapolación de resultados obtenidos en otras regiones es un ejercicio peligroso que puede tener serias consecuencias, tanto desde el punto de vista técnico como económico (Monteiro Tamasia *et al.*, 2001).

La variabilidad de la producción es un problema que complica la toma de decisión en las planificaciones ganaderas y es necesario contar con determinaciones sobre la estabilidad de la producción y referencias sobre las fuentes de variación posibles, entre las que se encuentran las características del año, la localidad y el cultivar utilizado. La plasticidad es el atributo que le permite a los genotipos ajustar su capacidad productiva a la variación del estímulo ambiental cuando son evaluados en ambientes diferentes, y hacer que las respuestas de los mismos sean estables.

Un objetivo de la evaluación de cultivares en diferentes ambientes es recomendar aquellos de mejor comportamiento en la mayor cantidad de ambientes de una región determinada, es decir aquellos de adapta-

ción amplia. El diferente comportamiento de los cultivos al cambiar de ambiente indica la presencia de interacción genotipo x ambiente y la ausencia de estabilidad para el carácter en cuestión.

Existen numerosos antecedentes sobre la evaluación de la estabilidad del rendimiento de cultivares aplicando diferentes metodologías estadísticas. Se han utilizado medidas de estabilidad derivadas del análisis de regresión (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966), así como análisis de varianza uni y multivariados (Mandel, 1971; Lin y Thompson, 1975; Ghaderi *et al.*, 1980; Brennan *et al.*, 1981; Crossa *et al.*, 1993; Kang *et al.*, 2004). Entre otros requerimientos, los métodos estadísticos clásicos necesitan que todos los genotipos estén presentes en todos los ambientes, lo que no resulta fácil de cumplir en la práctica y razón por la cual debe utilizarse sólo una parte de la información. Hallauer *et al.* (1988) plantean que por ello estas técnicas no se han impuesto como rutina para predecir la estabilidad de los cultivares.

Existen otras propuestas analíticas tendientes a solucionar este problema, integrando los datos provenientes de ensayos desbalanceados, como es el método del Rendimiento Relativo (RR) de Yau y Hamblin (1994) y el uso de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la estabilidad de cuatro cultivares diploides y dos cultivares tetraploides de *Chloris gayana*, en cuatro localidades representativas de la ganadería de Tucumán y zonas de influencia usando RR y DMS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades involucradas en el análisis se caracterizaron según región agroecológica, tipo de suelo y precipitación media anual (ver Tabla 1). En el año 2001, se implantaron en todas o algunas de estas localidades los siguientes cultivares de *Chloris gayana*: Común,

Tabla 1. Caracterización de las localidades involucradas en el ensayo multi-ambiental.

Localidad	Georeferencia	Región agroecológica	Clasificación del suelo	Precipitación media anual (mm)
Leales	LS 27° 12'	Llanura deprimida Salina - Seca Subhúmeda	Argiudoles	929
	LO 65° 18'			
Monte Redondo	LS 26° 51'	Llanura Chaco Pampeana Seca - Subhúmeda No salina	Haplustoles típicos	830
	LO 49° 49'			
La Encrucijada	LS 27° 15'	Llanura Chaco Pampeana Seca - Subhúmeda C/ Salinidad interna	Haplustoles étnicos	930
	LO 65° 02'			
Isca Yacu	LS 27° 15'	Chaco Pampeana Semiárida No salina	Haplustoles étnicos	570
	LO 64° 34'			

Katambora, Finecut y Topcut (todos ellos diploides) y Boma y Callide (cultivares tetraploides). El diseño experimental usado en cada localidad fue completamente aleatorizado con ocho repeticiones por cultivar. La unidad experimental fue una parcela de 4 m² y la unidad de observación, un subespacio de muestreo de 1 m².

El primer método utilizado para evaluar producción y estabilidad de los cultivares fue la prueba de la DMS protegida de Fisher (con un nivel de significación del 0,05). La prueba se aplicó de manera tal que las medias de los rendimientos de cada cultivar en un ambiente determinado se compararon con la media del cultivar de más alto rendimiento en ese ambiente. De acuerdo a este procedimiento, los cultivares preferidos serán aquellos de mayor rendimiento y aquellos que aparezcan en la mayor cantidad de ambientes sin diferir significativamente del cultivar de mayor rendimiento. El procedimiento, al realizar comparaciones sólo con el cultivar de mayor rendimiento, no identifica como deseable a aquellos genotipos que aún sin cambio de rango significativo entre ambientes difieren significativamente del mejor a nivel del rendimiento promedio (i.e. rinden menos).

El método del RR consiste en expresar el rendimiento de cada genotipo en cada ambiente en forma relativa al promedio del ambiente en el que fue determinado. Esto puede ser expresado como: $RR = 100 \times R_{ij} / R_j$, donde RR es el rendimiento relativo, R_{ij} es el rendimiento registrado del cultivar i en el ambiente j y R_j es el rendimiento promedio del ambiente j . En cada ambiente, los cultivares que posean menor rendimiento que el promedio tendrán valores de RR menores a 100, mientras que los que tengan valores mayores, tendrán valores mayores a 100. El promedio de rendimiento (R_{ri}) de un cultivar es el promedio aritmético de los rendimientos relativos individuales a través de todos los ambientes: $R_{ri} = R_{rij} / n$, donde n es el número de ambientes. El desvío estándar, calculado como la raíz cuadrada de la varianza de los rendimientos relativos de cada cultivar a través de los ambientes, provee una medida de la estabilidad del desempeño del cultivar. Los cultivares más estables serán los que posean menor desvío estándar de RR. Al no tener ninguna ponderación especial, el

método considera por igual la contribución de cada ambiente en el cálculo del promedio y por tanto no se ve sesgado por los mejores ambientes.

En ambos procedimientos, los límites para considerar a un cultivar como estable son subjetivos y pueden fijarse según diferentes criterios. En este trabajo, usando la prueba DMS, se consideraron estables a los cultivares que no presentaron diferencias significativas con el mejor del ambiente en por lo menos la mitad de los ambientes estudiados. En tanto, por el método del RR se consideraron estables a los cultivares que tuvieron un desvío menor a 10, que representa un XX% del rendimiento promedio general en el ensayo multiam biental. En la implementación de ambos procedimientos se utilizó el programa estadístico InfoStat (InfoStat, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba DMS y el método RR coincidieron en clasificar como más estables a los cultivares Katambora y Topcut. La clasificación de cultivares según la producción de forraje y la variabilidad obtenida a través de los ambientes de ensayo es coincidente con resultados reportados en experiencias anteriores sobre el mismo material (Guzman *et al.*, 1994).

Los resultados generados por el análisis de varianza indicaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre algunos de los promedios de rendimiento de los cultivares participantes y entre los promedios de rendimiento de los ambientes involucrados. No obstante, la interacción no mostró ser estadísticamente significativa, por lo que se concluye que no existen cambios de rangos importantes en el ordenamiento de los cultivares a través de los ambientes y por tanto es posible identificar cultivares de mayor adaptación en sentido amplio.

En la Tabla 2 se presentan las estimaciones referidas a estabilidad obtenidas para cada cultivar vía la prueba DMS protegida de Fisher y el método RR.

Puede resultar de interés el criterio seguido o el límite establecido para calificar como estables o inestables a los cultivares, debido a que no existe una tabla de valoración y el parámetro de aceptación debe estable-

Tabla 2. Estabilidad de seis cultivares de *Chloris gayana* según los métodos DMS y RR.

Método	Comparaciones múltiples con el mejor DMS			Rendimiento relativo			
Cultivares	Ambientes de evaluación	Ambientes sin Dif. Significativa	Clasificación	Rto. absoluto	Rto. estándar	Desvío estándar	Clasificación
Común	4	2	I	3.925	81	14	I
Katambora	4	4	E	5.034	103	9	E
Finecut	4	2	I	4.405	93	13	I
Topcut	3	2	E	4.264	91	9	E
Callide	3	2	E	5.989	117	17	I
Boma	2	0	I	6.598	133	3	E

* I = inestable

E = estable

cerse en cada caso particular. En este caso se siguió la propuesta de Piepho (1995) que trabaja sobre el promedio de los valores obtenidos.

Las estimaciones de estabilidad de un genotipo, según ambos procedimientos, dependen fuertemente del número de ambientes donde se prueba el mismo, por lo tanto, cuando el número de ambientes es bajo los resultados deben considerarse preliminares y orientativos. Si bien la prueba DMS provee valiosa información para detectar aquellos genotipos que en la mayor cantidad de ambientes rinden más, es menos confiable que el método del RR cuando el número de ambientes evaluados es bajo (Kang *et al.*, 2004), como en nuestro ejemplo de aplicación.

CONCLUSIONES

Los dos métodos aquí utilizados para inferir sobre desempeño promedio y estabilidad en ensayos multiambientales desbalanceados, a pesar de estimar distintos parámetros, coincidieron en la mayoría de los resultados obtenidos. No obstante, dado que el número de ambientes de evaluación en general es bajo, sería preferible usar el método del RR como parámetro indicador de adaptación en sentido amplio. En este trabajo el método del RR resultó útil para identificar aquellos materiales más estables en sus altos rendimientos. El procedimiento evita el sesgo que podría surgir si se analizan los promedios generales a través de los ambientes, debido a las diferencias en rendimiento promedio de algunos ambientes.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bogdan, A. V. 1969.** *Chloris gayana* without antocynain colouration. Herb. Abstr. Hurley Berks 39: 1-13.
- Brennan, P. S.; D. E. Byth; D. W. Drake; I. H. De Lacy and D. G. Butler. 1981.** Determination of the location and number of test environments for a wheat cultivar evaluation program. Australian Journal of Agricultural Research 32: 189-201.
- Crossa, J.; P. L. Cornelius; M. Seyedsadr and P. Byrne. 1993.** A shifted multiplicative model analysis for grouping environments without genotypic rank change. Theoretical and Applied Genetics 85: 577-586.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6: 36-40.
- Finlay, K. E. and G. N. Wilkinson. 1963.** The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14 (6) 742-754.
- Ghaderi, A.; E. H. Everson and C. E. Cress. 1980.** Classification of environments and genotypes in wheat. Crop Science 20: 707-710.
- Guzmán, L. P.; H. R. Ricci y V. P. Juárez. 1994.** Efecto de diferir el corte en la producción invernal de gramíneas tropicales. Pasturas Tropicales 16: 22-26.
- Haffar, I. and G. Alhadrami. 1997.** Effect of various bale treatments on physical quality and chemical composition of Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay. Grass and Forage Science 52: 199-206.
- Hallauer, A. R.; W. A. Russell and K. R. Lamkey. 1988.** Corn and corn improvement. Agronomy Monograph # 18. 3 ed. ASA-CSSA-SSSA, USA.
- InfoStat. 2003.** InfoStat versión 1.5. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1 ed., Editorial Brujas, Argentina.
- Kang, M.; M. Balzarini and J. Guerra. 2004.** Genotype-by-environment interaction. In: A. Saxton (ed.), Genetic analysis of complex traits using SAS, BBU Press, SAS Institute, Cary NC, pp. 69-94.
- Lin, C. S. and B. Thompson. 1975.** An empirical method of grouping genotypes based on a linear function of the genotype-environment interaction. Heredity 34: 255-263.
- Mandel, J. 1971.** A new analysis of variance model for no additive data. Technometrics 13: 1-18.
- Monteiro Tamassia, L. F.; C. Maluf Haddad; F. G. Ferreira Castro; J. M. Bueno Vendramini e J. L. Domingues. 2001.** Produção e morfologia do capim de Rhodes em seis maturidades. Scientia Agrícola 58 (3): 599-605.
- Piepho, H. P. 1995.** Assessing cultivar adaptability by multiple comparison with the best. Agronomy Journal 87: 1225-1227.
- Steel, R. y J. Torrie. 1993.** Bioestadística. Principios y procedimientos. 2 ed. McGraw-Hill, México.
- Yates, F. and W. G. Cochran. 1938.** The analysis of groups of experiments. J. Agric. Sci. 28: 556-580.
- Yau, S. K. and J. Hamblin. 1994.** Relative yield as a measure of entry performance in variable environments. Crop Science 34: 831-817.