

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE *Bromus berterioanus* Colla SOMETIDO A DIFERENTES REGÍMENES PLUVIOMÉTRICOS

Growth and development of *Bromus berterioanus* Colla subjected to different pluviometric regimes

Alfredo Olivares¹ *, Myrna Johnston¹ y Christian Gutierrez¹

ABSTRACT

In a cold greenhouse the vegetative production of *Bromus berterioanus* Colla was studied under different actual simulated pluviometric regimes of the dry land areas of the Metropolitan Region, Chile. Three levels of total rainfall were used, corresponding to dry, normal, and rainy years, with each year having early, normal, and late distributions. Rainfall levels for each treatment were applied, according to a real calendar time interval between rainfalls, beginning with the first effective rainfall. Phenological development and vegetative phytomass were registered, including shoots per pot, and dry matter of shoots, leaves and roots. In all the types of years studied, *B. berterioanus* had a determined development with a marked separation of the phenological phases, the vegetative stage was longer than the reproductive one, and both stages were more extended under the greatest rainfall when the distribution was not considered. The phytomass production was affected by the total quantity as well as the distribution of rainfall. In dry years, the greatest total phytomass occurred under early rainfall distribution (9.2 g DM/pot), on the other hand, in normal or rainy years, the greatest production was obtained under late rainfall distributions, 13.7 and 23.1 g DM/pot, respectively.

Keys words: *Bromus berterioanus*, growth, development, pluviometric regimes.

RESUMEN

En invernadero frío se estudió la producción vegetativa de *Bromus berterioanus* Colla sometido a diferentes regimenes pluviométricos reales simulados del secano interior de la Región Metropolitana. Se usaron tres niveles de precipitación total, correspondientes a un año seco, uno normal y uno lluvioso, y en cada uno de ellos se eligió un año con distribución temprana, normal y tardía. Las precipitaciones en cada tratamiento se aplicaron de acuerdo al calendario de intervalos de tiempo real entre las lluvias, comenzando con la primera lluvia efectiva. Se observó desarrollo fenológico y se midió fitomasa vegetativa incluyendo vástagos por maceta y materia seca de tallos, hojas y raíces. Se observó que en todos los tipos de años estudiados, *B. berterioanus* presentó crecimiento determinado con marcada separación de sus fenofases, la fase vegetativa tuvo mayor duración que la reproductiva, y ambas tienden a prolongarse con mayor pluviometría cuando no se considera la distribución. La producción de fitomasa fue afectada tanto por la cantidad total como por la distribución de la precipitación. En años secos, la mayor fitomasa total se presentó con la distribución temprana (9,2 g MS/maceta), en cambio, en años con precipitación normal o lluviosa, la mayor producción de fitomasa se registró en las distribuciones tardías, 13,7 y 23,1 g MS/maceta, respectivamente.

Palabras clave: *Bromus berterioanus*, crecimiento, desarrollo, régimen pluviométrico.

Trabajo financiado por Proyecto FONDECYT 1000968.

¹ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile.

E-mail: aolivare@uchile.cl; mjohnsto@uchile.cl *Autor para correspondencia.

Recibido: 28 de septiembre de 2004. Aceptado: 14 de marzo de 2005.

INTRODUCCIÓN

Una de las terófitas más importantes en la pradera anual de clima mediterráneo de la zona semiárida de Chile es *Bromus berterioanus* Colla. Su alta plasticidad y producción, así como la de cada una de las especies que dominan esta formación vegetal, depende de factores antrópicos, sucesionales, edáficos y climáticos (Fernández *et al.*, 1993).

Dado que *B. berterioanus* es un componente determinante de la disponibilidad, tanto en cantidad como en calidad del forraje producido en la pradera anual, es importante conocer cómo su crecimiento y desarrollo son afectados por el régimen pluviométrico, pues así podría tenerse un elemento de predicción de su producción en los diferentes tipos de años que se presentan en el secano interior de la Zona Central de Chile.

La pluviometría en la zona semiárida presenta una gran variabilidad entre años, no sólo en cuanto a cantidad total de precipitación, sino que en su distribución (Olivares *et al.*, 1998). El crecimiento de la pradera se caracteriza por una marcada estacionalidad, poniendo de manifiesto el efecto regulador del clima en la fenodinámica de las especies que la constituyen (Castellaro *et al.*, 1994). Así, en la pradera anual del secano semiárido mediterráneo se ha determinado que, a medida que el período de lluvias se retrasa, se requiere de una menor cantidad de precipitación para que se inicie la germinación de semillas, y que la distribución de la lluvia afecta significativamente la emergencia de plántulas (Johnston *et al.*, 1998a; 1998b). Las especies germinan y emergen después de la primera lluvia efectiva otoñal, crecen lentamente durante el período frío invernal, florecen y forman semillas en primavera, y terminan su ciclo a comienzos del verano, pasando como semillas en el suelo durante el período seco estival (Fernández *et al.*, 1993).

Según Callaway y Sabraw (1994), los cambios en densidad, composición botánica, diversidad y productividad de las especies anuales, están asociados a la variación de las precipitaciones; el efecto de estas últimas no sólo depende del monto anual sino también de su distribución (Olivares *et al.*, 2004). Bolger y Turner (1999) trabajando en la pradera anual de clima mediterráneo australiana, establecieron que la disponibilidad de agua y la temperatura regulan la velocidad de crecimiento y desarro-

llo. Así, por ejemplo, durante los meses fríos de invierno cuando las precipitaciones son elevadas, el crecimiento y uso del agua por las plantas está limitado por las bajas temperaturas y por la radiación. Estos mismos autores establecieron una relación lineal entre producción y uso del agua, determinando una correlación positiva entre la precipitación de la estación de crecimiento y la duración de ésta, especialmente en primavera, cuando el potencial de crecimiento es más elevado.

Para Ervin y Kosky (1998), la resistencia de las plantas anuales a la sequía se da por dos vías: una es el mecanismo que le permite a la planta acortar su ciclo para escapar de los períodos secos, y la otra es la tolerancia a la sequía, la que se logra al mantener una presión de turgor positiva cuando baja el potencial hídrico de los tejidos, lo que incluye un ajuste osmótico y tolerancia a la deshidratación. En general, el déficit de agua afecta el crecimiento, limita el rendimiento, reduce significativamente la acumulación de fitomasa y la expansión de nuevas hojas, y aumenta la senescencia y muerte de las hojas viejas.

Dado que en poáceas el rango de temperatura óptima para crecimiento de tallos fluctúa entre 15 y 24°C y el de raíces entre 10 y 18°C, se puede deducir que en las poáceas anuales el crecimiento de las raíces puede iniciarse antes (Huang y Fry, 1998). Además, otro factor importante para el crecimiento es que la absorción de agua por las raíces depende tanto de la distribución espacial de éstas como del nivel de necesidades de la etapa de crecimiento (Huang y Gao, 2000). Estos dos elementos podrían explicar un crecimiento y desarrollo temprano de *B. berterioanus*.

Bajo estrés hídrico las raíces pueden desarrollar respuestas anatómicas, morfológicas y fisiológicas como por ejemplo, mayor tamaño y profundización, las que son señaladas como el principal factor de resistencia a la sequía (Huang y Fry, 1998; Ervin y Kosky, 1998). Aunque el crecimiento total de la planta puede reducirse a consecuencia del déficit hídrico, muchas especies responden a la sequía aumentando la proporción de asimilados destinados a las raíces, favoreciendo así el crecimiento de éstas en relación a los vástagos, lo que da como resultado un aumento en la relación raíz/vástago y, por lo tanto, del volumen de agua disponible para la planta (Huang y Fry, 1998; Huang y Gao, 2000).

Considerando como hipótesis que la cantidad y distribución de las precipitaciones en zonas del secano central del país son determinantes de las características del desarrollo y de la magnitud del crecimiento de las poáceas anuales del lugar, el objetivo de este trabajo fue conocer el crecimiento y desarrollo de *B. berterioanus* sometido a regímenes pluviométricos representativos del secano interior de la Región Metropolitana, que difieren en la precipitación total y en su distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período natural del crecimiento de esta especie (mayo-octubre 2002) y en condiciones de invernadero frío, se trabajó con macetas de polietileno de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, con 6,5 kg de suelo de la serie Piedmont Cuesta Barriga (Typic Haploxerolls). En cada una de ellas se sembraron 10 semillas de *Bromus berterioanus* y, luego de la emergencia, se raleó dejando las seis plantas más uniformes.

Adicionalmente, se registró mediante un termohigrógrafo la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero durante todo el período del ensayo; los valores para temperatura fluctuaron entre 6,8°C en junio y 29,2°C en octubre, y para humedad relativa entre el 82,2% en julio y el 38,4% en octubre.

Los regímenes pluviométricos a estudiar se establecieron en base a los registros de 40 años de la Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile (30°40' lat. Sur; 70°38' long. Oeste), lugar de origen del suelo y las semillas. Los tipos de año pluviométrico (precipitación total): seco, normal y lluvioso, se determinaron según la clasificación de Olivares *et al.* (1998). Para la distribución de la lluvia se consideró el período abril-septiembre en el cual, normalmente, se desarrollan las terófitas en la zona semiárida, comenzando con la primera lluvia efectiva para la germinación (Johnston *et al.*, 1998b).

Se consideró año de distribución temprana aquel que concentra el 70% o más de la precipitación anual en la primera mitad del período; como de distribución tardía, aquel que presenta esta concentración en la segunda mitad, y año de distribución normal aquel que no presenta concentraciones de precipitación superior al 65% en ninguno de los

períodos antes mencionados. Para elegir los años reales, se clasificó cada año del registro disponible según precipitación total y distribución, y luego se calculó la mediana para cada quincena en cada año, obteniéndose así un año tipo hipotético, según monto total y distribución de precipitación y finalmente, mediante mínimos cuadrados, se eligió el año real de mejor ajuste al hipotético, para cada tratamiento.

Los años así seleccionados fueron: T₁: año seco con distribución temprana (año 1981; 225 mm); T₂: año seco con distribución normal (año 1985; 218 mm); T₃: año seco con distribución tardía (año 1990; 157.1 mm); T₄: año normal con distribución temprana (año 1962; 227 mm); T₅: año normal con distribución normal (año 1983; 333 mm); T₆: año normal con distribución tardía (año 1989; 281.4 mm); T₇: año lluvioso con distribución temprana (año 1997; 792 mm); T₈: año lluvioso con distribución normal (año 1982; 628 mm); T₉: año lluvioso con distribución tardía (año 1987; 670 mm); T₀: testigo de referencia sin restricción hídrica, mantenido cercano al 50% de capacidad de campo del suelo.

Los montos de precipitación en cada tratamiento se aplicaron de acuerdo al año real tipo elegido, valor expresado entre paréntesis, partiendo con la primera lluvia efectiva y las siguientes de acuerdo al calendario de intervalos de tiempo real entre cada lluvia; para esto se usó un aparato dispensador de suero simulando el riego por goteo. Se hicieron observaciones del desarrollo fenológico de la plantas considerando como fecha de inicio de cada etapa, cuando la primera maceta (repetición) la evidenció, y como fecha de término el último día en que alguna de las repeticiones la evidenció. Se evaluó fitomasa vegetativa incluyendo número de vástagos vegetativos por maceta, y la materia seca de tallos, hojas y raíces usando estufa de aire forzado a 70°C por 48 h. Luego de cosechar la parte aérea de las plantas, las macetas se sumergieron en un tambor con agua por 12 h, y a continuación para evitar pérdidas de raíces, se aplicó agua potable y mediante una rejilla se terminó de separar el suelo de las raíces.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones y nueve tratamientos, considerando como unidad experimental una maceta con seis plantas y se aplicó el análisis de varianza correspondiente y el test de Student-Newman-Keuls (SNK) para comparar medias cuando se presentaron diferencias significativas (Keuls, 1952).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Observaciones sobre la fenología.

Si se analiza la distribución de la precipitación en los años estudiados (Figura 1), se puede comprobar que en todos los años, tanto secos, como normales y lluviosos, ocurren lluvias tempranas suficientes como para iniciar la germinación de semillas y emergencia de plantas conocidas como “lluvia efectiva” (una precipitación de 15 mm o varias sucesivas que sumen 20 mm). Esta situación determina que en las distribuciones tempranas, tanto de años secos como normales, se aprecie que después de un período inicial de lluvias que activa la

germinación y emergencia, sobreviene un período seco que podría determinar la muerte de estas plantas, lo que se denomina “falsa partida o quiebre”.

En general, *B. berterioanus* sometido a los distintos regímenes pluviométricos presentó crecimiento determinado, con marcada separación de sus fenofases, que sólo presentaron cierta superposición en las fases de macollaje y elongación de tallos florales. Además, se observó que a medida que las distribuciones son más tardías no sólo se retrasa el inicio del proceso, sino que también se acotan las fases iniciales del ciclo como se aprecia en los años secos (Figura 2), lo que podría afectar la población de plantas establecidas. Las observaciones de fenología (Cuadro 1) indican que en todos los tipos de años, independientemente de la distribución, la fase vegetativa presentaría mayor duración que la reproductiva, y que ambas tienden a prolongarse en la medida que disponen de mayor pluviometría. Aparentemente la distribución de la precipitación podría cambiar estas tendencias, así por ejemplo llama la atención que en años secos, la fase vegetativa disminuye a medida que la lluvia es más tardía, en cambio, aumenta en años con precipitación normal y se mantiene en años lluviosos.

En años secos la planta acorta su ciclo y así alcanza a producir semillas para su resiembra, por lo tanto, para favorecer la persistencia en estos años deberían hacerse ajustes en el período de utilización de la pradera con el propósito de no perjudicar la autoresiembra.

La emergencia en años lluviosos tiende a ser más prolongada (Cuadro 2), probablemente debido a que en ese período se presentaron condiciones de hipoxia y/o anoxia que dificultaron la germinación y posterior emergencia (Benjamín, 1990). El efecto del tipo de año independiente de la distribución, muestra que en los años lluviosos se prolongan el período de emergencia y el de maduración de frutos. Las distribuciones tardías, en cambio, cualquiera sea el tipo de año, reducen el período de maduración; esto influiría tanto en la cantidad de semillas para la resiembra como en la calidad de éstas (Salas, 2001).

Evaluaciones del crecimiento

Cabe destacar que el tratamiento de referencia presentó una gran producción de materia seca (84 g/maceta) en comparación con las respuestas que mostraron los distintos años reales simulados. Esto también ocurrió con los otros parámetros evaluados

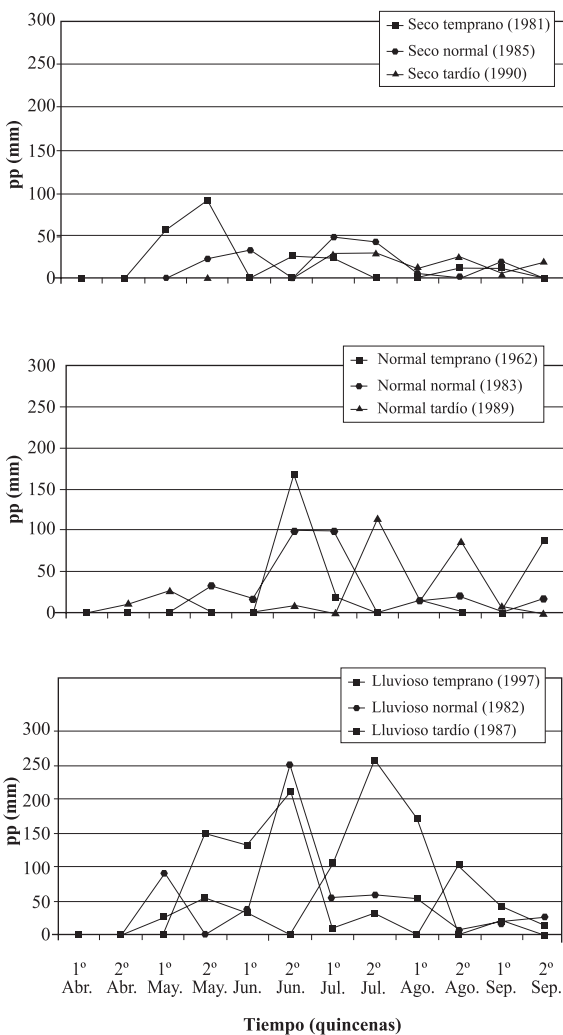


Figura 1. Distribución pluviométrica de los años seleccionados.

Figure 1. Pluviometric distributions of selected years.

Cuadro 1. Efecto del régimen pluviométrico en la duración (días) de las fases vegetativa y reproductiva de *Bromus berterioanus*.

Table 1. Effect of pluviometric regime on the duration (days) of the vegetative and reproductive stages of *Bromus berterioanus*.

Año pluviométrico	Etapa fenológica	Distribución pluviométrica			
		Temprano	Normal	Tardío	Promedio
Seco	Vegetativa ¹	105	81	71	86
	Reproductiva ²	61	50	52	56
Normal	Vegetativa	74	92	109	92
	Reproductiva	66	63	51	60
Lluvioso	Vegetativa	92	92	97	94
	Reproductiva	62	75	69	69

¹ Fase vegetativa incluye emergencia, foliación y macollaje.

² Fase reproductiva incluye elongación de tallo floral, floración y fructificación.

y, en consecuencia, las diferencias estadísticas entre los tratamientos de precipitación no se detectaron; por lo tanto, se hicieron nuevos análisis dejando de lado el tratamiento de referencia.

La producción de fitomasa total, incluidos los tejidos aéreos y las raíces, fue significativamente influida ($P \leq 0,05$), tanto por la cantidad total de precipitación

como por su distribución (Cuadro 3), y fue mayor en la medida que aumentó la precipitación total.

Además, la distribución tardía, independiente del monto total, produjo más materia seca que en la normal y en la temprana; esto coincide con trabajos de Aronson *et al.* (1993) y de Bolger y Turner (1999), donde se señala que la falta de agua reduce la

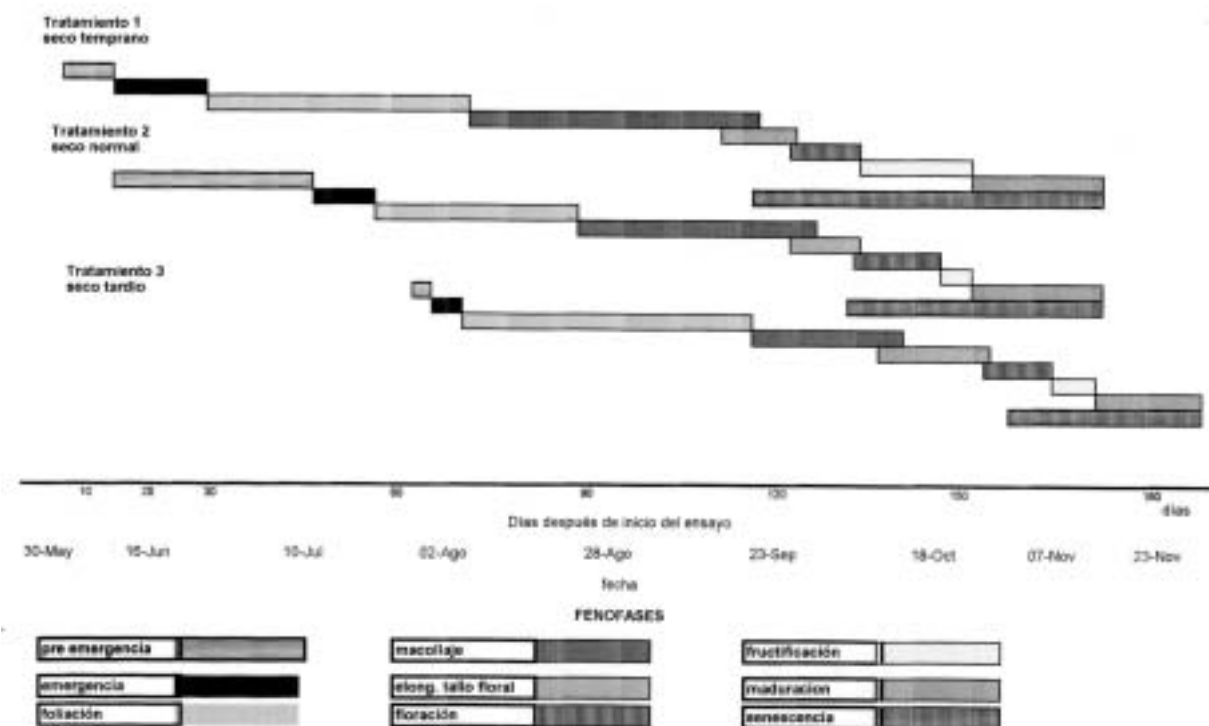


Figura 2. Etapas fenológicas de *Bromus berterioanus* en años secos con distinta distribución de la precipitación.
Figure 2. Phenological stages of *Bromus berterioanus* in dry years with different rainfall distributions.

Cuadro 2. Duración de las principales etapas fenológicas (días) de *Bromus berterioanus* sometido a diferentes cantidades y distribución de precipitaciones.**Table 2. Duration of the phenological stages (days) of *Bromus berterioanus* growing with different amounts and distributions of rainfall.**

Años	Etapa fenológica				
	Emergencia	Macollaje	Elongación tallo floral	Floración	Maduración
Cantidad					
Secos	9	35	13	11	19
Normales	7	41	18	11	20
Lluviosos	13	40	16	12	26
Distribución					
Tempranos	8	35	15	9	25
Normales	10	42	13	13	24
Tardíos	11	38	18	12	16

Cuadro 3. Fitomasa total (g MS/maceta) de *Bromus berterioanus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.**Table 3. Total phytomass (g DM/pot) of *Bromus berterioanus* submitted to different pluviometric regimes.**

Distribución	Tipo de año			
	Seco	Normal	Lluvioso	Tardío
Temprana	9,2 b A*	4,4 c C	16,0 a B	9,9 B
Normal	7,0 b A	8,3 b C	12,2 a C	9,2 B
Tardía	2,9 c B	13,7 b A	23,1 a A	13,3 A
Promedio	6,4 c	8,8 b	17,1 a	

* Letras minúsculas distintas en una misma fila, y letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia significativa según prueba de Student-Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

acumulación de materia seca, reduce el área foliar y aumenta la senescencia de hojas, pues afecta el crecimiento. La mayor producción que en general presenta la distribución tardía, podría ser el resultado de una mejor combinación de humedad y temperatura presentes en los años con precipitación total normal y lluviosa, pues aumentaría la velocidad de crecimiento. En el año seco, sin embargo, la menor producción se presentó con distribución tardía, probablemente debido a que a la menor pluviometría total en estos años, se agregaron elevadas temperaturas en el período, lo que produciría cierre estomático y menor asimilación de CO₂. La menor producción de materia seca en años lluviosos con distribución normal podría mostrar que las plantas, en gran parte de su período vegetativo, no pudieron aprovechar totalmente la disponibilidad de agua debido a que estaban sometidas a temperaturas inferiores a las que Huang y Fry (1998) indican como óptimas para crecimiento de tallos y raíces, 15 a 24°C y 10 a 18°C, respectivamente.

Al analizar los componentes de la fitomasa vegetativa, por ejemplo, número de tallos totales (Cuadro 4), fitomasa aérea total (Cuadro 5) y producción de

raíces (Cuadro 6), se pudo comprobar que en general la cantidad total de precipitación influyó significativamente; así, en la medida que hubo mayor precipitación, aumentó el número de tallos, la materia seca aérea y la fitomasa de raíces.

En años secos la distribución de las lluvias no influyó en el número de tallos, en cambio, en aquellos años que por precipitación total fueron clasificados como normales o lluviosos, la distribución tardía de ésta produjo un mayor número de tallos. Lo anterior ratifica el hecho que, a medida que aumenta la disponibilidad de humedad y existen temperaturas más favorables, situación que se logra cuando la distribución de la precipitación es tardía, es posible que se presente mayor producción, lo que implica más fitomasa aérea (Cuadro 5) y desarrollo de raíces (Cuadro 6).

Los sistemas de utilización o talajeo debieran observar con atención los tipos de años y fundamentalmente la distribución, pues el manejo puede incidir por una parte en la disponibilidad de materia seca y por otra en la persistencia de la especie porque afectarían los períodos reproductivos (Johnston *et al.*, 2003).

Cuadro 4. Número de tallos (tallos por maceta) desarrollados en *Bromus berterianus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.

Table 4. Number of shoots (N° per pot) developed by *Bromus berterianus* submitted to different pluviometric regimes.

Distribución	Tipo de año			
	Seco	Normal	Lluvioso	Promedio
Temprana	16,8 a b A*	13,8 b B	22,2 a B	17,6 B
Normal	15,4 b A	15,0 b B	23,2 a B	17,9 B
Tardía	13,5 c A	25,5 b A	31,7 a A	23,6 A
Promedio	15,2 b	18,1 b	25,7 a	

* Letras minúsculas distintas en una misma fila, y letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencias significativas según prueba de Student–Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

Cuadro 5. Fitomasa aérea total (g MS/maceta) de *Bromus berterianus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.

Table 5. Total aerial phytomass (g DM/pot) of *Bromus berterianus* submitted to different pluviometric regimes.

Distribución	Tipo de año			
	Seco	Normal	Lluvioso	Promedio
Temprana	7,9 b A*	3,6 c C	13,4 a B	8,3 B
Normal	6,0 b A	7,1 b B	10,1 a C	7,4 B
Tardía	2,3 c A	11,5 b A	18,9 a A	10,9 A
Promedio	5,4 c	7,4 b	14,1 a	

* Letras minúsculas distintas en una misma fila, y letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencias significativas según prueba de Student–Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

Cuadro 6. Producción de raíces (g MS/maceta) en *Bromus berterianus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.

Table 6. Root production (g DM/pot) of *Bromus berterianus* submitted to different pluviometric regimes.

Distribución	Tipo de año			
	Seco	Normal	Lluvioso	Promedio
Temprana	1,2 b A*	0,8 b B	2,6 a B	1,6 B
Normal	1,0 b A	1,2 b B	2,1 a B	1,4 B
Tardía	0,6 c A	2,2 b A	4,2 a A	2,3 A
Promedio	0,9 c	1,4 b	3,0 a	

* Letras minúsculas distintas en una misma fila, y letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencias significativas según prueba de Student–Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

Cuadro 7. Relación raíz/vástago (g MS) de *Bromus berterianus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.

Table 7. Root/shoot (g DM) ratio of *Bromus berterianus* submitted to different pluviometric regimes.

Distribución	Tipo de año			
	Seco	Normal	Lluvioso	Promedio
Temprana	0,155 b B*	0,128 a A	0,197 ab A	0,190 B
Normal	0,163 a B	0,170 a A	0,210 a A	0,181 B
Tardía	0,260 a A	0,193 b A	0,223 b A	0,225 A
Promedio	0,193 a	0,194 a	0,210 a	

* Letras minúsculas distintas en una misma fila, y letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencias significativas según prueba de Student–Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

La relación raíz/vástago de las plantas que se mantuvieron sin restricción hídrica (T0) fue 0,128; los elevados valores presentados en los distintos regímenes pluviométricos (Cuadro 7) permiten pensar que las plantas sufrieron algún grado de estrés hídrico, ya que la modificación de esta relación es señalada por Huang y Fry (1998) y Huang y Gao (2000) como un mecanismo que las plantas desarrollan frente a la sequía. Estos mismos autores establecen que el incremento de la relación raíz/vástago puede deberse a un aumento en la materia seca de raíces, ya sea por mayor crecimiento de éstas y/o por más producción de raíces, o por aumento en la senescencia de hojas. Hay que señalar también que este estrés produciría aumento en la cantidad de asimilados destinados al crecimiento radical, lo que aumenta la extensión y número de raíces finas y

pelos radicales que, a su vez aumentarían el contacto con el suelo y, por lo tanto, la posibilidad de extraer un mayor volumen de agua y nutrientes disponibles (Huang y Fry, 1998; Ervin y Kosky, 1998; Huang y Gao, 2000).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten concluir que si bien es cierto que a mayor monto de precipitación hubo mayor producción de fitomasa total en *Bromus berterioanus*, las respuestas de crecimiento y desarrollo de la especie ante los distintos regímenes pluviométricos presentados, dependen de la duración, el momento y la magnitud del déficit hídrico, que a su vez está determinado, en gran medida, por la distribución de la precipitación.

LITERATURA CITADA

- Aronson, J., A. Kigel, and A. Shmida. 1993. Reproductive allocation strategies in desert and mediterranean populations of annual plants grown with and without stress. *Oecology* 93:336-342.
- Benjamin, L. 1990. Variation in time of seedling emergence within populations: a feature that determines individual growth and development. *Adv. Agron.* 44:1-26.
- Bolger, T., and N. Turner. 1999. Water use efficiency and water use of Mediterranean annual pastures in Southern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 50:1035-1046.
- Callaway, R., and C. Sabraw. 1994. Effects of variable precipitation on the structure and diversity of a California salt marsh community. *J. Veg. Sci.* 5:433-438.
- Castellaro, G., M. Silva, y F. Santibañez. 1994. Efecto de la radiación solar y la temperatura sobre las fenofases de algunas especies del pastizal mediterráneo semiárido. *Avances en Producción Animal* 19 (1-2): 65-75.
- Ervin, E., and A. Kosky. 1998. Drought avoidance aspects and crop coefficients of Kentucky bluegrass and tall fescue turfs in the semiarid west. *Crop Sci.* 38:788-795.
- Fernandez, R., J. Laffarga, and F. Ortega. 1993. Strategies in Mediterranean grassland annuals in relation to stress and disturbance. *J. Veg. Sci.* 4:313-322.
- Huang, B., and J. Fry. 1998. Root anatomical, physiological and morphological responses to drought stress of tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 38:1017-1022.
- Huang, B., and H. Gao. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 40:196-203.
- Johnston, M., A. Olivares, y X. Contreras. 1998a. El banco de semillas del suelo y su respuesta a regímenes pluviométricos simulados. II. Géneros de interés forrajero. *Avances en Producción Animal* 23(1-2):55-65.
- Johnston, M., A. Olivares, V. Garcia De Cortazar, y X. Contreras. 1998b. El banco de semillas del suelo y su respuesta a regímenes pluviométricos simulados. I. Comunidad de terófitas del mediterráneo semiárido. *Avances en Producción Animal* 23 (1-2):45-54.
- Johnston, M., A. Olivares, y J. Laura. 2003. Estrategias reproductivas de terófitas del Mediterráneo semiárido como respuesta a tratamientos de corte. *Phyton* 64:267-280.
- Keuls, M. 1952. The use of studentized range in connection with an analysis of variance. *Euphytica* 1:112-122.
- Olivares, A., M. Johnston, y X. Contreras. 1998. Régimen pluviométrico del secano interior de la Región Metropolitana. *Avances en Producción Animal* 23 (1-2):35-43.
- Olivares, A., M. Johnston, y E. Salas. 2004. Distribución de la precipitación y producción de semillas en *Erodium moschatum* (L.) L'Her. *Ex. Art. Agric. Téc. (Chile)* 64:251-263.
- Salas, E. 2001. Influencia de la distribución de la precipitación en la producción de semillas de dos especies de la pradera anual mediterránea. Tesis de Ingeniero Agrónomo. 80 p. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile.