

EFECTO DEL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO DE LA REGIÓN METROPOLITANA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLAS DE *Bromus berterioanus* Collar.

Myrna Johnston, Alfredo Olivares y Christian Gutiérrez

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. E-mail: mjohnsto@uchile.cl y aolivare@uchile.cl.

ABSTRACT

Effect of Metropolitan Region pluviometric regime on the production and quality of *Bromus berterioanus* Collar seeds.

Key words: rainfalls, seeds production, seeds quality, *Bromus berterioanus*

Under controlled conditions, the effect of pluviometric regimes of Semiarid Mediterranean Chilean inner dry land on production and quality of *Bromus berterioanus* Collar seeds was evaluated. Ten treatments were defined according to three types of years with different total rainfall (dry, normal and rainy) and each one with three distributions (early, normal and late) giving nine different pluviometric regimes; a treatment without water stress (over 50 % field capacity) was included as reference. Number of floral stems, fruits and seeds; fruit weight and their quality (full fruit, viability and germination of seeds) were measured. The potential production of the species was higher than the production obtained with normal rainfalls in the semiarid mediterranean region. The response to pluviometric regimes depended on duration, moment and magnitude of water deficit; thus with highest amount of rainfalls the fruit production was greater but the fruits were small, without seeds, had a high percentage of annex structures and low germination. It appears that the species allocates a great part of its resources to maintain the fruit quality in pluviometric regimes according the values of reference treatment, as when *Bromus berterioanus* grew without water stress, the quality was similar.

RESUMEN

Palabras Claves: precipitaciones, producción de semillas, calidad de semillas, *Bromus berterioanus*

Se evaluó, bajo condiciones simuladas controladas, el efecto de los regímenes pluviométricos típicos del secano interior de la zona central de Chile, en la producción y calidad de semillas de—*Bromus berterioanus* Collar. Se establecieron 10 tratamientos en que se usaron tres años de diferente monto total (seco-normal-lluvioso) cada uno con tres distribuciones (temprana-normal-tardía) generándose nueve años distintos, a los que se agregó un tratamiento sin restricción hídrica (sobre el 50 % de capacidad de campo) como referencia. Se midió la fitomasa reproductiva como número de tallos florales y de frutos y semillas, el peso de ellas y su calidad (llenado, viabilidad y germinación). El potencial productivo de la especie fue superior al que puede alcanzar con las precipitaciones propias del secano central del país. Las respuestas a los regímenes pluviométricos dependieron de la duración, momento y magnitud del déficit hídrico que producen; así, a mayor cantidad de agua mayor es la producción de frutos, aunque son mas pequeños, vanos, con mayor porcentaje de anexos y menor germinación. La especie destinaría gran parte de sus recursos para mantener la calidad de sus frutos en los diversos regímenes pluviométricos, a juzgar por la similitud de estos valores con el tratamiento de referencia, que creció sin restricción hídrica.

INTRODUCCIÓN

La pradera anual de clima mediterráneo del secano semiárido está dominada principalmente por *Bromus berterioanus* Collar. y/o especies del género *Erodium* acompañadas de otras terófitas que contribuyen a determinar su productividad. Esta última es función de factores geográficos, edáficos, climáticos, sucesionales y antrópicos (Olivares *et al.*, 1982). La persistencia de esta pradera está dada fundamentalmente por la resiembra de las semillas producidas por cada una de las especies constituyentes, de ahí la importancia de conocer las condiciones que favorecen una adecuada floración y desarrollo de frutos y semillas.

En este tipo de ambiente el crecimiento y desarrollo de la pradera anual está caracterizado por una marcada estacionalidad, que se asocia particularmente al régimen pluviométrico imperante donde influyen la cantidad total de lluvias y su distribución. Olivares y Johnston (1998) estudiaron las características del régimen pluviométrico en el secano mediterráneo semiárido de la Región Metropolitana, definiendo años lluviosos, normales y secos en cantidad con distribuciones tempranas, normales y tardías.

El potencial de producción de semillas en especies forrajeras es alto (Lorenzetti, 1993), sin embargo, los rendimientos en condiciones de campo distan significativamente de ese potencial. Satisfechos los requerimientos de inducción y desarrollo floral, la producción de semillas necesita temperaturas con lluvias moderadas y bien distribuidas. En gramíneas todos los vástagos que son inducidos desarrollan las inflorescencias y terminan con la emergencia de la espiga. Una pequeña lluvia posterior ayuda al llenado de granos y un período seco y soleado contribuye a la maduración de las semillas.

Otro aspecto importante para estas especies es el estado del germoplasma en el suelo y su comportamiento (Olivares *et al.*, 1997); este último está en función de la capacidad germinativa de sus semillas y de los aportes hídricos durante los procesos de germinación, emergencia y establecimiento. Las poaceas son poco abundantes en el banco de semillas del suelo, por lo que su persistencia en la pradera

depende de la producción anual de semillas de buena calidad (Johnston *et al.*, 1998). Así el banco de semillas de una especie está determinado, tanto por la magnitud de producción de semillas como por la germinación y mortalidad de ellas (Schopp-Guth *et al.*, 1994)

Bromus berterioanus, independiente de la proporción en que se encuentre dentro de la pradera (máximo entre el 70 y 90 % de su materia seca), emite el tallo floral y produce semillas desde inicio de primavera hasta fines de octubre y su fase vegetativa previa estaría regulada en mayor grado por la temperatura (Castellaro *et al.*, 1994).

Para muchas especies una sequía prolongada, especialmente después de anthesis, reduce el tamaño de semillas, puede disminuir su número final, reduciendo el rendimiento de granos, o también puede resultar en aumentos de su tenor de nitrógeno (Fenner, 1992). Aronson *et al.* (1993) indican que el número de semillas se afecta más que su peso. Un estrés durante la floración de la planta de soya reduce la fotosíntesis y la cantidad de asimilados destinados a los órganos florales, lo que aumenta su tasa de aborto y disminuye el rendimiento de granos (Kokuburn *et al.*, 2001). Dado que la semilla es un fuerte receptor de asimilados, un estrés en esta etapa disminuye los aportes tanto de asimilados nuevos como de reserva (Kobata *et al.*, 1992).

Se plantea entonces como hipótesis que la distribución y cantidad de la precipitación es determinante de la cantidad y calidad de semillas producidas por las plantas. Luego, el objetivo del trabajo fue evaluar la producción y calidad de semillas en *Bromus berterioanus* Collar sometido a diferentes regímenes pluviométricos representativos del secano semiárido de la Región Metropolitana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con semillas de *Bromus berterioanus* Collar. del año de producción, cosechadas en la Estación Experimental de la Universidad de Chile (33° 28' LS y 70° 51' L) al término de su ciclo anual de crecimiento. Se seleccionaron las de mayor tamaño. Se utilizaron

macetas de 30 cm de altura con 6,7 kg de suelo del lugar (serie Typic Haploxeroll) previamente bromurado y tamizado a 5 mm, al que se agregó un 10 % de poliestireno expandido para reducir una posible compactación. Se sembraron 10 semillas a 1 cm de profundidad, posteriormente se dejaron las seis plántulas más uniformes.

A partir de los registros de precipitaciones de 40 años en el lugar, y considerando la definición de los tipos de años realizada por Gastó (1966), más la de los ciclos pluviométricos determinados por Olivares y Johnston (1998) se definieron los tipos de distribuciones pluviométricas según los montos totales y sus distribuciones. Para elegir los años reales que representaban mejor los prototipos descritos se realizó un análisis de mínimos cuadrados, seleccionando aquellos con mayor ajuste (Figura 1).

Estos fueron:

T1 – año seco con distribución temprana, 1981 (pp total 225,2 mm)

T2 – año seco con distribución normal, 1985 (pp total 218,8 mm)

T3 – año seco con distribución tardía, 1990 (pp total 157,1 mm)

T4 – año normal con distribución temprana, 1962 (pp total 227,5 mm)

T5 – año normal con distribución normal, 1983 (pp. total 333,2 mm)

T6 – año normal con distribución tardía, 1989 (pp total 281,4 mm)

T7 – año lluvioso con distribución temprana, 1997 (pp total 792,5 mm)

T8 – año lluvioso con distribución normal, 1982 (pp total 628 mm)

T9 – año lluvioso con distribución tardía, 1987 (pp total 670,0 mm)

T0 – año de referencia sin restricción hídrica (mantenido cerca de capacidad de campo)

Todos estos tratamientos se mantuvieron en condiciones de invernadero frío. Las precipitaciones de cada tipo de año real elegido, se aplicaron al tratamiento correspondiente (según los montos e intervalos de las fechas reales) con un dispensador de suero que simula el riego por goteo. Para el tratamiento de referencia se determinó el contenido de humedad inicial del suelo y se calculó la cantidad de agua a aplicar en base de los datos obtenidos por Salas

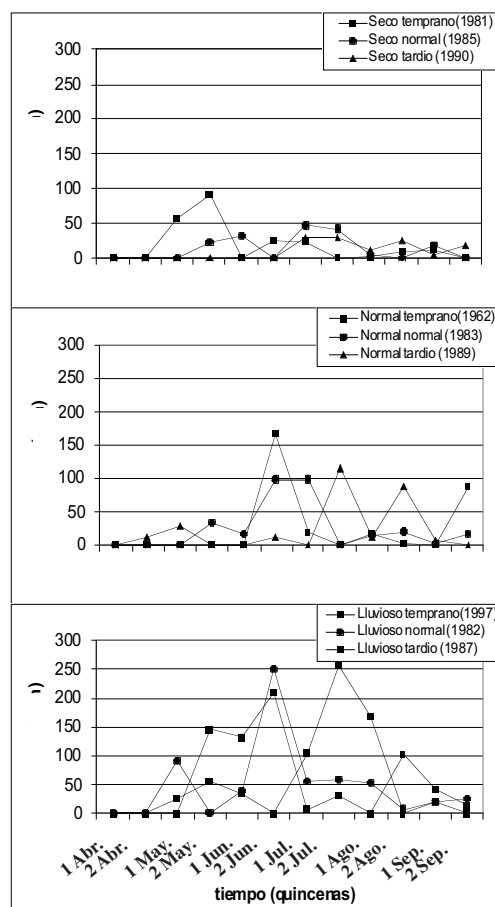


Figura 1. Distribución pluviométrica de los diferentes regímenes seleccionados.

Figure 1. Pluviometric distribution of different selected regimes.

(2001) en el mismo tipo de suelo; luego se mantuvo mediante pesadas periódicas reponiendo las diferencias de peso con agua. Las siembras en cada tratamiento se hicieron coincidir con la primera lluvia efectiva real.

Al final del ciclo de crecimiento se cosechó el total de tallos reproductivos y sus frutos, los que se contaron y pesaron, separando luego las semillas de sus anexos (lemma, palea, glumas). Se determinó la proporción de semillas llenas, vanas y la de anexos y se les expresó en porcentaje, y se estimó el tamaño por el peso de muestras de 100 semillas. Se midió la viabilidad y la capacidad germinativa según las reglas del ISTA (1976) y con estos valores se estimó además la producción potencial de plantas.

Cuadro 1. Valores obtenidos por el tratamiento de referencia (s/restricción hídrica) de *Bromus berterioanus*, en distintos parámetros de crecimiento reproductivo.

Table 1. Values of reference treatment (without water stress) of *Bromus berterioanus* in different reproductive growth parameters.

Parámetro	Trat. Referencia	Promedio Trat. Tipo Año	Unidad
Materia seca de inflorescencias	6,56	0,45	g MS/maceta
Nº tallos florales	46,83	7,40	tallos/maceta
Producción total de frutos	26,40	1,29	g/maceta
Nº total frutos producidos	16042,00	771,00	frutos/maceta
Porcentaje de estructuras anexas	13,24	27,43	%
Porcentaje de frutos vanos	21,10	21,67	%
Tamaño frutos	0,17	0,18	g de 100 frutos/maceta
Porcentaje de germinación	99,30	99,57	%
Viabilidad total	78,30	79,13	%
Producción potencial de plantas	12,59	604,00	planta/maceta

Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizado con seis bloques por tratamiento; la unidad experimental fue una maceta con seis plantas. Se realizaron los ANDEVA según el diseño y cuando hubo diferencias se realizó la prueba de SNK. Para aquellos valores en porcentajes se realizó una previa conversión en grados Bliss.

RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento reproductivo del tratamiento de referencia fue muy superior a cualquiera de los regímenes naturales utilizados para las variables evaluadas (Cuadro 1). Esto indica que aún los mejores regímenes pluviométricos del lugar no permiten la expresión total del potencial de esta especie.

El efecto de los tipos de año en cantidad de precipitación sobre la materia seca de

inflorescencias y la cantidad de tallos florales producidos fue significativa mostrando las mayores producciones en los años lluviosos con cualquier distribución (Cuadro 2). Estos son los que permiten una mayor disponibilidad de agua durante todas las fases del crecimiento posibilitando un buen desarrollo tanto vegetativo como reproductivo. El factor distribución de las lluvias no afectó el número de tallos florales formados, pero si la materia seca de inflorescencias, la que fue superior en años tardíos. Por lo tanto, el año lluvioso-tardío tendría la mejor combinación de disponibilidad de agua y temperatura para el crecimiento.

Los años secos y normales en cantidad experimentaron déficit hídrico en la fase vegetativa reduciéndose la producción de tallos e inflorescencias. Como plantean Nielsen y Nelson (1998) entre otros, la falta de agua durante el crecimiento vegetativo reduce el área foliar, aumenta la senescencia y muerte de hojas lo que disminuye el crecimiento reproductivo.

Cuadro 2. Producción de inflorescencias (gMS/maceta) y de tallos florales (N° tallos/maceta) de *Bromus berterioanus* sometido a distintos regímenes pluviométricos que difieren en los montos y distribuciones.

Table 2. Inflorescence production (g DM/pot) and floral stems (N°/pot) of *Bromus berterioanus* submitted to different pluviometric regimes with combinations of amount and distributions

Distribución	Montos							
	Seco		Normal		Lluvioso		Promedio distribuciones	
	g MS	N° tallos	g MS	N° tallos	g MS	N° tallos	g MS	N° tallos
Temprana	0,46 aA*	9,67 aA*	0,13 bB	3,83 bB	0,63 aC	9,50 aA	0,41 B	7,67 A
Normal	0,37 aA	6,80 aB	0,26 aB	7,17 aA	0,28 aB	9,33 aA	0,30 B	7,77 A
Tardía	0,03 cB	0,67 bC	0,81 bA	9,33 aA	1,04 aA	10,33 aA	0,63 A	6,78 A
Promedios Montos	0,28 b	5,71 b	0,41 b	6,78	0,65 a	9,72 a		

* Letras minúsculas diferentes para un mismo parámetro en una línea y valores con letras mayúsculas diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

La producción total de frutos, expresada tanto en peso como en número, ratifica que el año más favorable en cantidad es el lluvioso con cualquier distribución (Cuadro 3); dado que estas condiciones habrían permitido sustentar el crecimiento y llenado de un mayor número de frutos. El factor distribución tiene efecto sólo en el número de frutos, observándose una diferencia entre las normales y las tardías. Por otro lado, se ha comprobado que un estrés durante la transición a la etapa reproductiva, elongación de tallos e inicio de espigadura en trigos enanos aumenta el aborto, reduciendo la producción de semillas (Oosterhuis y Cartwright, 1983).

Llama la atención que los años normales en cantidad, que proporcionarían más agua que los secos, no presenten una mayor cantidad de frutos. Sin embargo, al examinar las fechas de

las lluvias y la fenología, se observa que los años con distribución normal y tardía presentaron déficit hídricos en las fases de fructificación y maduración de semillas lo que explicaría esta baja producción. Fenner (1992) ya había señalado la importancia de una disminución en el suministro de agua respecto al tiempo desde la antesis; además, en soya un estrés en la floración reduce el rendimiento de granos al incrementar la tasa de aborto floral (Kokuburn *et al.*, 2001). Por otro lado, los años secos presentaron un fuerte estrés hídrico durante toda la etapa reproductiva, tanto que el año seco-tardío alcanzó a formar frutos sólo en algunas plantas.

La calidad de los frutos en el tratamiento de referencia no presentó diferencias con los demás tratamientos en los diferentes parámetros evaluados (Cuadro 1). El factor cantidad total

Cuadro 3. Producción total de frutos, expresada en peso total (g) y número por maceta, en *Bromus berterioanus* sometido a distintos regímenes pluviométricos.

Table 3. Total fruits production, expressed in total weight (g) and number per pot, in *Bromus berterioanus* submitted to different pluviometric regimes

Distribución	Montos							
	Seco		Normal		Lluvioso		Promedio distribuciones	
	(g)	(N°)	(g)	(N°)	(g)	(N°)	(g)	(N°)
Temprana	1,69 aA*	963 aA*	0,64 bB	296 bB	2,08 aA	1179 aA	1,47 A	813 AB
Normal	1,38 aA	727 aA	1,08 aAB	607 aB	0,83 aB	550 aB	1,10 A	628 B
Tardía	0,08 bB	36 cB	1,64 aA	1,080 bA	2,14 aA	1500 aA	1,29 A	872 A
Promedios Montos	1,05 b	575 b	1,12 b	661 b	1,69 a	1076 a		

* Letras minúsculas diferentes para un mismo parámetro en una línea y valores con letras mayúsculas diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas ($P \leq 0,005$)

de precipitación sería determinante tanto para el desarrollo de estructuras anexas, como para establecer la proporción de frutos vanos y el peso de 100 semillas, que es un estimador del tamaño (Cuadro 4). En cambio, el factor distribución de las lluvias sólo tuvo efecto en la proporción de frutos vanos. En el año lluvioso se produjo una mayor cantidad de estructuras anexas que en uno normal o seco, esto protegería mejor los frutos del daño mecánico, de patógenos y de una sobredeshidratación asegurando así que esos frutos germinen y emerjan en mejores condiciones de humedad. Por otro lado, las estructuras anexas demandarían un mínimo superior de agua para iniciar su germinación lo que influiría en un buen establecimiento y desarrollo, dado que tendrían que embeberse una mayor cantidad de estructuras demandando más agua del medio y se evitaría la situación de un falso quiebre.

Al tener más sitios potenciales de frutos (tallos florales) y a pesar de ser un año lluvioso se habrían producido problemas con el llenado

de granos dado que aumentó la proporción de frutos vanos. Esto se debería posiblemente, a un déficit hídrico en la etapa de desarrollo de frutos como lo plantean Kobata *et al.* (1992) y Westgate (1994), afectando además la competencia por asimilados entre inflorescencias o entre semillas.

Se observó que en la proporción de frutos vanos influyó también el factor distribución de las precipitaciones dado que la distribución normal presentó un mayor porcentaje que la temprana y la tardía; esto ratificaría la existencia de estreses durante el llenado de granos. Por ejemplo, en *Lolium perenne* la ubicación de los frutos es determinante para la partición de asimilados, que está dada por la secuencia de diferenciación de las flores durante el desarrollo de la inflorescencia, esto resulta en un gradiente del peso seco de semillas a lo largo de ésta (Warringa *et al.*, 1998).

La reducción del tamaño de frutos en años lluviosos ratifica, en parte, el supuesto de alta competencia entre frutos. Por otro lado, se postula que el cambio en el tamaño de semillas

Cuadro 4. Efectos de diferentes regímenes pluviométricos en varios parámetros de calidad de frutos por macetas de *Bromus berterioanus*.

Table 4. Effect of different pluviometric regimes in several parameters of fruit quality per pot of *Bromus berterioanus*.

Tratamientos	Proporción anexas (%)	Proporción frutos vanos (%)	Peso de 100 semillas (g)
Seco - temprano	26,7* aA	14,9* aA	0,171* aA
Seco - normal	25,0 bA	17,1 aA	0,190 aA
Seco - tardía	20,9 aA	2,1 bA	0,204 aA
Promedio años secos	24,2 b	14,4 b	0,189 a
Normal - temprano	19,9 aA	11,6 aA	0,208 aB
Normal - normal	18,1 bA	20,7 aA	0,172 aA
Normal - tardía	29,2 aA	18,0 aA	0,153 bA
Promedio años normales	22,4 b	16,7 b	0,178 a
Lluvioso - temprano	24,5 aB	20,8 aB	0,182 aA
Lluvioso - normal	46,9 aA	54,0 bA	0,150 ^{aA} _B
Lluvioso - tardía	35,6 ^{aA} _B	27,1 aB	0,141 bB
Promedio años lluviosos	35,7 a	33,9 a	0,158 b
Promedio:			
Distribución Temprana	23,7 A	15,7 B	0,187 A
Distribución Normal	30,0 A	30,6 A	0,171 A
Distribución Tardía	28,5 A	15,7 B	0,166 A

*Valores con letras mayúsculas indican diferencias ($P \leq 0,05$) entre distribuciones y valores con las minúsculas entre cantidades de lluvias en cada parámetro.

Cuadro 5. Efecto de diferentes regímenes pluviométricos en varios parámetros de calidad de semillas por macetas de *Bromus berteroanus*.

Table 5. Effect of different pluviometric regimes in several parameters of seed quality per pot of *Bromus berteroanus*.

Tratamientos	Germinación frutos (%)	Viabilidad total (%)	Prod. Potencial de plantas (N°)
Seco - temprano	99,3* aA	84,7 aA	795* aA
Seco - normal	100 aA	83,0 aA	622 aA
Seco - tardía	100 aA	97,9 aA	67 bB
Promedio años secos	99,7 b	88,5 a	495 b
Normal - temprano	100 aA	88,4 aA	260 bA
Normal - normal	100 aA	79,2 aA	479 aA
Normal - tardía	100 aA	82,0 b A	891 aA
Promedio años normales	100 a	83,2 a	543 b
Lluvioso - temprano	100 aA	79,3 aA	941 aA
Lluvioso - normal	98,0 bB	45,6 bB	270 aB
Lluvioso - tardía	99,0 aB	72,4 b A	1113 aA
Promedio años lluviosos	99,0 b	65,7 b	775 a
Promedio:			
Distribución Temprana	99,7 A	84,1 A	665 A
Distribución Normal	99,3 A	69,3 B	457 B
Distribución Tardía	99,3 A	84,1 A	691 A

* Valores con letras mayúsculas indican diferencias ($P \leq 0,05$) entre distribuciones y valores con las minúsculas entre cantidades de lluvias en cada parámetro.

es un mecanismo de adaptación para asegurar supervivencia, pues cuando se producen pocas unidades éstas son grandes pero con mayores probabilidades de establecerse según Leishman *et al.* (2000). Para muchas especies el efecto de una sequía prolongada provoca reducción del tamaño de las semillas especialmente cuando ésta es tardía y el número de semillas inducidas fue alto (Fenner 1992). En otros casos y dependiendo del estado de desarrollo, se afecta más el número que el tamaño (Aronson *et al.*, 1993).

En otros aspectos de la calidad como capacidad germinativa y viabilidad (Cuadro 5) se manifestaron reducciones en los años lluviosos. Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron en los años secos y normales que además tenían los frutos de mayor tamaño. También en éstos se observaron las mayores viabilidades. El factor distribución sólo afectó la viabilidad total que se redujo en años con distribuciones normales, independiente del total de lluvias. Esto se debería a la mayor

proporción de frutos inducidos en el año lluvioso-normal lo que genera un alto porcentaje de frutos vanos, con bajo peso de 100 frutos y hace bajar en consecuencia el promedio de las distribuciones normales.

Como complemento a las características anteriores se incluyó en el Cuadro 5 la producción potencial de plantas, que relaciona la viabilidad total con el número total de frutos producidos e indica una estimación del total de plantas que podrían producirse anualmente en cada tipo de año pluviométrico. El resultado ratifica que tanto la cantidad como la distribución de las precipitaciones serían determinantes ya que se producirían más plantas en los años lluviosos y las distribuciones normales serían menos favorables que las otras dos. A pesar que los años lluviosos producen semillas con baja viabilidad total y, por lo tanto, podría esperarse una baja producción potencial de plantas, la situación se revierte debido al gran número de frutos generados en esos años, aunque estos tengan menor peso y mayor cantidad de anexos;

así se logra producir un gran número de individuos que asegurarían la persistencia de la especie.

CONCLUSIONES

-El potencial reproductivo del *Bromus berterianus* es mucho mayor del que alcanza en las condiciones ambientales del secano de la zona central del país.

-La mayor disponibilidad de agua aumenta la producción de frutos, la proporción de estructuras anexas e incrementa la proporción de frutos vanos.

-La calidad de las semillas queda determinada en la planta durante la etapa reproductiva.

-Los frutos más grandes se asocian a mayor capacidad germinativa.

BIBLIOGRAFÍA

- ARONSON, J., KIGEL, J., SHMIDA, A. 1993. Reproductive allocation strategies in desert a mediterranean population of annual plants grown with and without water stress *Oecologia* 93: 336-342.
- CASTELLARO, G., SILVA, M., SANTIBÁÑEZ, F. 1994. Efecto de la radiación solar y la temperatura sobre las fenofases de algunas especies del pastizal mediterráneo semiárido. *Avances Producción Animal (Chile)* 19: 65-75.
- FENNER, M. 1992. Environmental influences on seed size and composition. *Horticultural Review*, 13: 183-322.
- GASTÓ, J. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. *Boletín Técnico* N° 24. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 24p
- INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS Y PLANTAS DE VIVERO (ISTA). 1976. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Ministerio de Agricultura, Dirección General de la Producción Agraria. Madrid, España. 184p
- JOHNSTON, M., OLIVARES, A., CONTRERAS, X. 1998. El banco de semillas del suelo en respuesta a regímenes pluviométricos simulados. II Géneros de interés forrajero. *Avances Producción Animal (Chile)* 23 (1-2): 55-65.
- KOBATA, T., PALTA, J., TURNER, N. 1992. Rate of development of post-anthesis water deficit and grain filling of spring wheat. *Crop Science*, 32: 1238-1242.
- KOKUBURN, M., SHIMADA, S., TAKAHASHI, M. 2001. Flower abortion caused by preanthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen in soybean. *Crop Science*, 41: 1517-1521.
- LEISHMAN, R., WRIGHT, I., MOLES, A., WESTOBY, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. pp. 31-59. *In: Fenner, M. (ed) Seed: ecology of regeneration in plant communities.* Univ. Southampton, U.K. 416p.
- LORENZETTI, F. 1993. Achieving potential herbage seed yield in species of temperate regions. pp. 1621-1628. *In: Proceedings XVII International Grassland Congress. Vol.II.* Palmerston North, Hamilton, Lincoln, New Zealand. 2304p.
- NIELSEN, D., NELSON, N. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science*, 38: 422-427.
- OLIVARES, A., JOHNSTON, M. 1998. Régimen pluviométrico del secano interior de la Región Metropolitana. *Avances en Producción Animal (Chile)*, 23(1-2): 35-44.
- OLIVARES, A., ETIENNE, M., SEGARRA, F. 1982. Caracterización de la curva de crecimiento de la pradera natural en el secano interior mediterráneo de Chile. *Avances en Producción Animal (Chile)*, 7 (1-2): 17-24.
- OLIVARES, A., JOHNSTON, M., BECK, C. 1997. Emergencia de especies de la pradera natural de tipo mediterráneo en relación con la humedad del suelo. *Avances en Producción Animal (Chile)*, 22 (1-2): 23-29.
- OOSTERHUIS, D., CARTWRIGHT, P. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Science*, 23: 711-717
- SALAS, E. 2001. Influencia de la precipitación en la producción de semillas de dos especies de la pradera anual mediterránea. Tesis Ing. Agrónomo. Fac. Ciencias Agronómicas, Univ. de Chile. Santiago. 80p.
- SCHOPP-GUTH, A., MAAS, D., PFADENAUER, J. 1994. Influence of management on the seed production and seed bank of calcareous fern species. *Journal of Vegetation Science*, 5: 569-578.
- WARRINGA, J., DE VISEER, R., KREUZER, A. 1998. Seed weight in *Lolium perenne* as affected by interactions among seeds within the inflorescence. *Annals of Botany*, 82: 835-841.
- WESTGATE, M. 1994. Water status and development of maize endosperm and embryo during drought. *Crop Science*, 34: 76-83.