

Déficit hídrico y frecuencia de riego en frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)¹

Oscar Miranda N.² y Ciro Belmar N.³

INTRODUCCION

El frejol, como la mayoría de los cultivos, presenta períodos de su desarrollo que son muy sensibles a la falta de humedad del suelo. Si este déficit hídrico se presenta en períodos críticos como el de postfloración, la producción de este cultivo se reduce considerablemente (Salter y Goode, 1967; Kattan y Fleming, 1956). Los dos últimos investigadores señalan, además, que para obtener rendimientos máximos y óptima calidad del grano, debe existir en el suelo un contenido de humedad suficiente durante el período de floración y desarrollo de las vainas.

Horner y Mojtehadi (1970), encontraron

que la ocurrencia de déficit de humedad del suelo durante la floración y madurez, bajaron los rendimientos entre 18 y 26% y que la disminución del rendimiento se acentuaba en la medida que se intensificaba la magnitud del déficit.

Experiencias efectuadas por Robins y Domingo (1956), señalaron reducciones del rendimiento del frejol de alrededor del 20%, cuando el déficit hídrico persistía por 15 días antes de la floración; 18-22 días durante la floración y 15 días antes de la madurez de las primeras vainas. Los mecanismos causantes de la reducción del rendimiento durante estos períodos, se deben a una reducción del número de vainas por déficit hídrico antes de la floración, reducción del número de vainas y número de granos por vaina por déficit durante la floración y reducción del peso de los granos por déficit durante la maduración.

Investigaciones efectuadas en el país por el INIA (1972), en Santiago, señalan que los mejores rendimientos se obtenían regando a

¹Parte de este trabajo fue presentado al 1^{er} Simposio de la Ciencia del Suelo, organizado por el Depto. de Suelos, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, mayo, 1975.

Recepción originales: 30 de diciembre de 1976.

²Ing. Agr., Programa Riego, Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³Téc. Agr., Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

0,3 y 0,4 atmósfera; mientras que regando a 0,7 atmósfera los rendimientos eran menores. Tosso (1974), trabajando en suelos del mismo sector, concluye que déficit de humedad al principio del período de crecimiento, comienzo de floración e inicio de formación de las vainas provocaron detrimentos en los rendimientos superiores al 25%. Bascur y Fritsch (1975), en una investigación efectuada sobre el mismo suelo señala, que la frecuencia de riego a 0,4 atmósfera aumentó significativamente los rendimientos, la producción de materia seca y peso de los granos; junto con provocar una prologación significativa del período vegetativo. Además determinó que el rendimiento fue dependiente del peso de los granos y del número de vainas por planta.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la inducción de déficit hídrico en tres periodos del desarrollo del frejol sobre los rendimientos y, por otra parte, determinar una frecuencia de riego adecuada para las condiciones edafoclimáticas semejantes a las de esta experiencia, en la provincia de Ñuble.

MATERIALES Y METODOS

Se establecieron dos ensayos de campo en la Estación Experimental Quilamapu, en Chillán, sobre un suelo Andosol (Asociación Arrayán, según descripción de IREN, 1964), uno en la temporada 1974/75 y el otro en 1975/76.

Antes de establecer los ensayos, se tomaron muestras de suelo a 3 profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm) con el objeto de determinar sus constantes hídricas y su densidad aparente (determinaciones efectuadas en el Laboratorio de Física de Suelos de la Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción), empleando para ello procedimientos estándares (Richards, 1954).

En la primera profundidad, se determinó además el contenido de nutrientes disponibles (análisis efectuado en el Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Quilamapu), según este análisis, se aplicó y localizó el equivalente a 260 Kg/ha de superfosfato triple y 160 Kg/ha de sulfato de potasio.

Las parcelas tuvieron 3 m de ancho y 4 m de largo; la distancia entre hileras fue de 70 cm, correspondiendo a cada parcela 4 hileras. El 18 de noviembre de 1974 y 28 de octubre

de 1975, se sembró la variedad de frejol Hallados Alemanes 144 (Guglielmetti, 1974) a razón de 120 Kg/ha de semilla.

Se utilizó un diseño factorial con 3 repeticiones. Los tratamientos de frecuencia de riego fueron:

1. Riego cada vez que el tensiómetro enterrado a 25 cm, indicase entre 40-50 centíbares (70% de humedad aprovechable, H. A.).
2. Riego cada vez que la humedad disponible del suelo se redujera a la tercera parte (30% de humedad aprovechable).

Los tratamientos de déficit hídrico fueron los siguientes:

1. Riego durante todo el período vegetativo del cultivo (testigo).
2. Sin riego durante el período de crecimiento (primera hoja trifoliada a botón).
3. Sin riego durante la floración (botón a término de la floración).
4. Sin riego durante la madurez (inicio formación de vaina a vaina madura).

Una semana después de la emergencia de las plantas, las parcelas fueron "apretilladas" con el fin de evitar el escurrimiento superficial del agua durante los riegos. En base a la indicación del tensiómetro (50 centíbares) se dio el primer riego a los tratamientos correspondientes (1 - 3 - 4), coincidiendo con la aparición de la primera hoja trifoliada del frejol.

El contenido de humedad del suelo en las dos profundidades, fue medido semanalmente en cada uno de los tratamientos mediante determinaciones gravimétricas. Al momento del riego, por medio de una motobomba provista de medidor de caudales, se aplicó la cantidad de agua equivalente a la consumida por las plantas y evaporada directamente del suelo, la cual aseguraba un retorno a la capacidad de campo de dicho suelo.

Se cosecharon las dos hileras centrales, eliminando 50 cm de borde quedando una superficie efectiva de 2,8 m². Además de los rendimientos en una de las hileras en la temporada 1974-75, se midió el número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 1.000 granos. En la temporada 1975-76, sólo se midió el peso de 1.000 granos.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. *Condiciones Edafoclimáticas.*

En el Cuadro 1, aparecen algunas características físicas y químicas del suelo utilizado en esta investigación.

Las condiciones ambientales durante el periodo vegetativo, en las 2 temporadas del cultivo se observan en el Cuadro 2. En este cuadro se observa, además, que las temporadas difieren en cuanto a cantidad y distribución de la precipitación que, como se verá más ade-

lante, afectaron la respuesta de los tratamientos a los déficit hídricos.

Cuadro 1 — Características físicas y químicas del suelo.

	Profundidad cm		
	0-30	30-60	60-90
Densidad aparente, gr/cm ³	0,86	0,98	1,01
Capacidad de campo, 0,3 atm.	47,5	46,0	40,0
Punto de marchitez, 15 atms.	28,0	25,0	25,1
pH al agua, 1:2,5	6,0	—	—
Materia orgánica, %	6,5	—	—

Cuadro 2 — Condiciones ambientales durante el período de riego del cultivo¹.

	Temporada 1974-75 (18 noviembre-3 febrero)			
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Precipitación, mm	—	32,1	0,2	—
Temperatura media mensual, °C.	14,3	17,4	19,3	18,0
Rad. solar medio 14°, gr/Cal/cm ²	1,26	1,39	1,31	1,16
Horas de sol, N° de horas	125,25	341,80	352,00	34,00
Humedad relativa media, %	64,4	61,6	60,2	67,3
Evaporación de bandeja, mm/mes	82,5	202,0	234,6	23,1
	Temporada 1975-76 (28 octubre - 22 enero)			
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precipitación, mm	0,1	26,8	19,2	23,3
Temperatura media mensual, °C.	12,5	14,6	18,0	19,2
Rad. solar medio 14°, gr/Cal/cm ²	1,18	1,29	1,40	1,42
Horas de sol, N° de horas	42,25	279,25	384,50	255,25
Humedad relativa media, %	70,4	68,4	57,4	56,2
Evaporación de bandeja, mm/mes	18,0	152,0	240,2	179,4

¹Información obtenida de la Estación Agrometeorológica de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

B. *Efecto de los déficit hídricos y de la frecuencia de riegos en el rendimiento del frejol.*

En el Cuadro 3, aparecen señalados los rendimientos obtenidos durante las temporadas 1974-75 y 1975-76. El Análisis de Varianza señaló efectos significativos para el déficit de agua y la frecuencia de riego en las dos temporadas. La interacción frecuencia de riego × déficit hídrico resultó significativa sólo en la temporada 1974-75.

En el mismo cuadro, se observa que en la temporada 1974-75, los períodos más sensibles a los déficit de agua del suelo, resultaron ser durante el crecimiento de la planta y maduración de las vainas, en cambio, el período

de floración no se vio afectado por los déficit de agua, debido a intensas lluvias caídas durante él, lo que debilitó considerablemente el efecto de la falta de humedad del suelo.

En la temporada 1975-76, se aprecia que la falta de humedad del suelo durante los períodos de crecimiento, floración y maduración afectó los rendimientos de frejol en forma semejante y significativamente. A diferencia de la temporada anterior, el efecto de la frecuencia de riego a pesar de ser significativo, no resultó tan marcado como en la temporada 1974-75, posiblemente debido a una abundante y mejor distribución de la precipitación. En la última temporada se aprecia que déficit de agua del suelo durante los períodos de crecimiento, floración y formación

Cuadro 3 — Efecto del déficit hídrico y de la frecuencia de riego en la producción de grano (qqm/ha).

Déficit	Temporada 1974-75		
	Frecuencia		Promedio
	70% H.A.	30% H.A.	
Testigo	35,0	32,8	33,9 a ¹
S/r crecimiento	33,3	25,0	29,1 b
S/r floración	34,0	30,2	32,1 ab
S/r maduración	28,5	17,6	23,1 c
P r o m e d i o	32,9 a	26,4 b	

Déficit	Temporada 1975-76		
	Frecuencia		Promedio
	70% H.A.	30% H.A.	
Testigo	26,6	21,5	24,7 a ¹
S/r crecimiento	20,4	17,9	19,1 b
S/r floración	20,2	18,4	19,3 b
S/r maduración	20,8	20,3	19,8 b
P r o m e d i o	22,0 a	19,5 b	

¹Cifras con una letra común, no difieren significativamente entre sí ($P > 0,01$), según la Prueba de Duncan. Todos los resultados de la temporada 1974-75, fueron considerados juntos, pero separadamente de la temporada 1975-76.

de las vainas, disminuyeron los rendimientos entre un 25 a 30%. Esta situación es semejante a la encontrada por Horner y Mojtehadi (1970) y Tosso (1974).

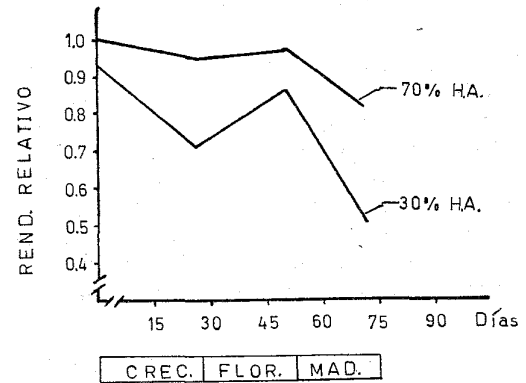
En la Figura 1, aparecen los rendimientos expresados en forma relativa con respecto al rendimiento obtenido por los testigos en las dos frecuencias y ambas temporadas.

Se observa en la figura que en ambas temporadas la intensidad del déficit hídrico en la frecuencia de riego a 30% de la humedad aprovechable, produjo un detrimento mayor en los rendimientos en cada uno de los tratamientos. En la misma figura se señala además el número de días de duración de cada período. Se aprecia que en la temporada 1975-76, el período denominado crecimiento (1ª hoja trifoliada al estado de botón) es más largo que en la temporada 1974-75, posiblemente debido a la época de siembra. Los otros períodos (floración y maduración de las vainas) en ambas temporadas aparecen semejantes en el número de días de duración.

C. Cantidad de agua aplicada y número de riegos.

En el Cuadro 4, se señala la cantidad de agua aplicada (riego + precipitación) en cm de altura y el número de riegos dados en cada frecuencia a los tratamientos de déficit hídricos.

TEMPORADA 74-75



TEMPORADA 75-76

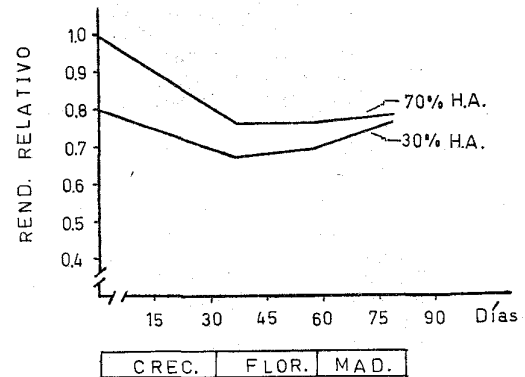


Figura 1 — Efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento relativo de frejol bajo dos condiciones de humedad del suelo.

La cantidad de agua utilizada por el testigo, en la frecuencia 30% H. A. correspondió a un 30 y 50% inferior a la aplicada en la frecuencia 70% H. A. en las temporadas 1974-75 y 1975-76, respectivamente. El número de riegos fue diferente debido a la cantidad y distribución de la precipitación en la temporada 1974-75 con respecto a 1975-76.

Se puede observar que el número de riegos del testigo oscila entre 6 y 7 riegos durante la temporada. Bascur y Fritsch (1975), determinaron en la Estación Experimental La Plantina para un suelo de la serie Santiago, un total de 11 riegos para una frecuencia de riegos de 0,4 atm. y 8 riegos para la frecuencia de 0,75 atm.

Cuadro 4 — Cantidad de agua aplicada (cm) y número de riegos.

Déficit	Frecuencia							
	1974-75				1975-76			
	70% H.A.	Nº riegos	30% H.A.	Nº riegos	70% H.A.	Nº riegos	30% H.A.	Nº riegos
Testigo	45,1	7	32,8	4	41,1	6	19,3	3
S/r crecimiento	37,2	5	22,8	2	41,2	4	28,3	2
S/r floración	44,2	5	27,4	3	29,0	4	12,5	2
S/r maduración	27,4	4	17,7	3	20,4	4	14,9	2

Cuadro 5 — Efecto del déficit hídrico y de la frecuencia de riego, sobre algunos componentes del rendimiento de frejol.

Nº DE VAINAS × PLANTA (1974-75)			
Déficit	Frecuencia		Promedio
	70% H.A.	30% H.A.	
Testigo	12,5	8,8	10,7 a ¹
S/r crecimiento	11,1	7,3	9,2 a
S/r floración	11,0	10,7	10,9 a
S/r maduración	9,3	8,8	9,0 a
Promedio	10,9 a	8,9 b	

Nº DE GRANOS × VAINA (1974-75)			
Testigo	4,36	4,57	4,46 a
S/r crecimiento	4,54	4,16	4,35 a
S/r floración	4,60	4,47	4,53 a
S/r maduración	4,44	4,48	4,46 a
Promedio	4,48 a	4,42 a	

PESO DE 1.000 GRANOS, GRAMOS						
	1974-75			1975-76		
	70% H.A.	30% H.A.	Promedio	70% H.A.	30% H.A.	Promedio
Testigo	398	384	391 a ²	360	349	355 a
S/r crecimiento	406	379	393 a	378	361	370 a
S/r floración	410	386	398 a	347	337	342 a
S/r maduración	324	276	300 b	359	327	343 a
Promedio	385 a	356 b		361 a	344 a	

¹Cifras con una letra en común, no difieren significativamente entre sí ($P > 0,05$), según la Prueba de Duncan.

²Todos los resultados de la temporada 1974-75 fueron considerados juntos, pero separadamente de la temporada 1975-76.

Tosso (1974), señala en una investigación realizada también en la Estación Experimental La Platina y utilizando una frecuencia de riego entre 40 y 50 centímetros un total de 9 riegos para el frejol.

D. Efecto del déficit hídrico y de la frecuencia de riego sobre los componentes del rendimiento del frejol.

En el Cuadro 5 se presenta el efecto de los déficit hídricos y frecuencias de riego sobre

los componentes de rendimientos: número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 1.000 granos. Sólo el peso de 1.000 granos fue determinado en ambas temporadas.

En el Cuadro 5 se aprecia que los déficit hídricos no afectaron el número de vainas por planta ni el número de granos por vaina en la temporada 1974-75. En cambio, el peso de 1.000 granos se vio significativamente influenciado. La frecuencia de riego afectó el número de vainas por planta y el peso de 1.000 granos en la temporada 1974-75.

Experiencias realizadas por Bascur y Fritsch (1975) señalan también que el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, no se afectaron en forma significativa por el método de riego, frecuencia de riego y su combinación; en cambio, el peso de granos por planta aumentó en forma significativa con la frecuencia de riego 0,4 atm.

Se observa, además, que el peso promedio de 1.000 granos, en la temporada 1975-76, es superior a la temporada 1974-75.

Bascur y Fritsch (1975), señalan que existe diversidad de resultados obtenidos en la lite-

ratura y que en nuestro país la información sobre componentes de rendimiento en frejol es escasa.

En base a los antecedentes aportados en esta investigación, se puede concluir expresando que déficit de humedad durante los períodos de crecimiento de las plantas, floración y maduración de las vainas reducen considerablemente el rendimiento en grano del frejol.

Para condiciones de clima y suelo semejante a la experiencia, una frecuencia de riego adecuada, consiste en dar entre 6 y 7 riegos al frejol durante la temporada.

R E S U M E N

Se realizó sobre un suelo Andosol (Asoc. Arrayán) en Chillán, Chile, durante dos años consecutivos una investigación mediante ensayos de campo relacionada con el efecto en el rendimiento de frejol y algunos de sus componentes, debido a la inducción de déficit hídrico durante tres períodos del desarrollo del frejol bajo dos condiciones de humedad de suelo.

La investigación señaló que hubo un efecto significativo de la frecuencia de riego sobre los rendimientos de grano en las dos temporadas. El número de vainas por planta y el peso de 1.000 granos se afectaron también en forma significativa por la frecuencia de riego en una de las temporadas.

Los rendimientos de grano se redujeron significativamente debido al déficit de humedad del suelo durante los estados de crecimiento, floración y formación de los granos.

La magnitud de la intensidad del déficit hídrico fue mayor en la frecuencia de riego 30% de la humedad aprovechable del suelo y varió de una temporada a otra, principalmente debido a lluvias acontecidas durante el período del déficit.

S U M M A R Y

WATER STRESS AND IRRIGATION FREQUENCY IN BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.)

Two field experiments were conducted on a volcanic ash soil of the Ñuble province, Chile, in the 1974-75 and 1975-76 seasons, in order to measure the effect of water stress induction during three periods of bean development and two soil moisture levels.

The research showed a significant effect of irrigation frequency on beans yield in both seasons. Number of pods per plant and weight of 1.000 seeds were affected and grain yield was reduced significantly by moisture stress of soil during the states of vegetative growth, flowering and grain seed formation.

The effect of stress was greater with the 30% available moisture irrigation frequency and changed from one season to the other mainly due to the amount of rain during the stress period.

LITERATURA CITADA

BASCUR, G. y FRITSCH, N. 1975. Efecto de métodos y frecuencia de riego sobre componentes de rendimiento en frejol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica (Chile). 35 (3):147-152.

GUGLIELMETTI, H. 1974. Hallados Alemanes 114, una variedad de frejol con alta tolerancia al mosaico amarillo. Investigación y Progreso Agrícola (Chile). 6 (2):26-27.

- HORNER, C. M. and MOJTEHADI, M. 1970. Yield of grain legumes as affected by irrigation and fertilizer regimes. *Agron. J.* 62:449-450.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1972. Investigación Agropecuaria. E. Lord Cochrane, Santiago, Chile, pp. 38-39.
- INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES (IREN), CORFO. 1964. Suelos, Descripciones, Proyectos Aerofotogramétricos Chile/OEA/BID. Publicación Nº 2, Santiago, Chile. 391 p.
- KATTAN, A. A. and FLEMING, J. W. 1956. Effect of irrigation at specific of development yield quality, growth and composition of snaps beans. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68:324-342.
- RICHARDS, L. A., Ed. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Washington D.C., U.S.D.A. (Manual de Agricultura Nº 60), 172 p.
- ROBINS, J. S. and DOMINGO, C. E. 1956. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. *Agron. J.* 48:67-70.
- SALTER, P. H. and GOODE, J. E. 1967. Crop response to water different stages of growth Buck, England Commonwealth Agriculture Bureaux, Farnham Royal. 246 p.
- Tosso, J. 1974. Cuando y cómo regar un cultivo de frejol. *Investigación y Progreso Agrícola (Chile)*. 6 (2) :28-30.