



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**EFFECTO DE VARIABLES DE MANEJO SOBRE LA PRODUCCION DE
SEMILLA DE TREBOL BLANCO LADINO.**

por

FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

Nicolás BARÚ ACERENZA

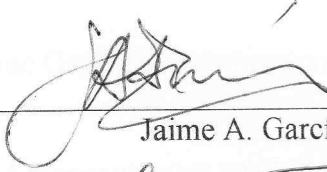
Ricardo Francisco VERNAZZA PAGANINI

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el título
de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Agrícola-Ganadera).**

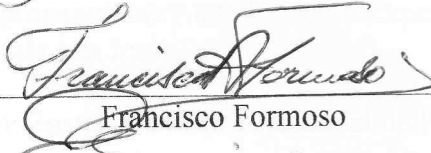
**MONTEVIDEO
URUGUAY
1998**

Tesis aprobada por:

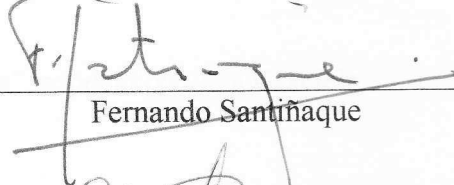
Director :



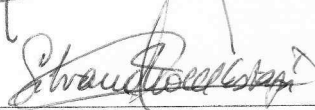
Jaime A. García



Francisco Formoso



Fernando Santinaque



Silvana Noell

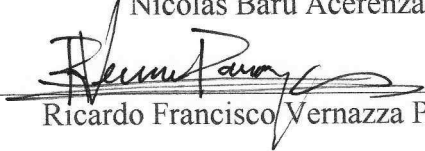
Fecha :

12/11/98 . .

Autores :



Nicolás Barú Acerenza



Ricardo Francisco Vernazza Paganini

AGRADECIMIENTOS

- A nuestro Director de tesis, Ing. Agr. Jaime García, por su invaluable paciencia y dedicación.
- Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y a la Estación Experimental “La Estanzuela” por permitir la realización de ésta tesis.
- Al señor Digno Miraval, al Tec. Agr. Caisiv Rostán y a todo el personal de Forrajeras por su gran colaboración.
- Al personal de biblioteca de “La Estanzuela”, especialmente a Graciela.

TABLA DE CONTENIDOS

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	III
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
A. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TREBOL BLANCO.....	2
1. <u>Desarrollo vegetativo</u>	2
2. <u>Desarrollo reproductivo</u>	2
a. Generalidades.....	2
b. Efectos ambientales sobre el desarrollo reproductivo.....	3
3. <u>Centro de origen y variabilidad genética</u>	5
a. Características generales de los diferentes ecotipos.....	5
b. Tipos Ladinos.....	6
B. VARIABLES ESTUDIADAS.....	7
1. <u>Riego</u>	7
2. <u>Fecha de cierre</u>	8
3. <u>Densidad de siembra</u>	10
4. <u>Nivel de fósforo en el suelo</u>	11
III. <u>EXPERIMENTO A: EFECTO DEL RIEGO, FECHA DE CIERRE</u> <u>Y NIVEL DE FOSFORO EN EL SUELO</u>	12
A. MATERIALES Y METODOS.....	12
1. <u>Generalidades</u>	12
2. <u>VARIABLES estudiadas</u>	12
3. <u>Diseño del experimento y análisis estadístico</u>	13
4. <u>Determinaciones</u>	13
B. RESULTADOS.....	15
1. <u>Primera cosecha</u>	15
a. Curva de floración.....	15
b. Rendimiento de semilla y componentes.....	16
c. Rendimiento potencial de semilla.....	18
d. Número de estolones.....	20
e. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	21

	<u>Página</u>
2. <u>Segunda cosecha</u>	23
a. Curva de floración.....	23
b. Rendimiento de semilla y componentes.....	25
c. Rendimiento potencial de semilla.....	26
d. Número de estolones.....	27
e. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	28
C. DISCUSION.....	29
1. <u>Primera cosecha</u>	29
2. <u>Segunda cosecha</u>	31
IV. <u>EXPERIMENTO B: EFECTO DEL RIEGO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA</u>	33
A. MATERIALES Y METODOS.....	33
1. <u>Generalidades</u>	33
2. <u>Variables estudiadas</u>	33
3. <u>Diseño del experimento y análisis estadístico</u>	34
4. <u>Determinaciones</u>	34
B. RESULTADOS.....	35
1. <u>Primera cosecha</u>	35
a. Curva de floración.....	35
b. Rendimiento de semilla y componentes.....	36
c. Número de estolones.....	37
d. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	38
2. <u>Segunda cosecha</u>	40
a. Curva de floración.....	40
b. Rendimiento de semilla y componentes.....	41
c. Número de estolones.....	42
d. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	43
C. DISCUSION.....	44
1. <u>Primera cosecha</u>	44
2. <u>Segunda cosecha</u>	45

V.	<u>DISCUSION GENERAL</u>	46
	A. TIPO DE CULTIVAR.....	46
	B. DENSIDAD DE SIEMBRA.....	46
	C. NIVEL DE FOSFORO.....	46
	D. EPOCA DE CIERRE.....	47
	E. RIEGO.....	47
	F. RENDIMIENTO REAL Y POTENCIAL.....	50
	G. INTERRELACIONES ENTRE COMPONENTES.....	51
VI.	<u>CONCLUSIONES</u>	53
VII.	<u>RESUMEN</u>	55
VIII.	<u>SUMMARY</u>	56
IX.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	57
X.	<u>ANEXO</u>	63

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
1. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m ²	15
2. Rendimiento de semilla y componentes.....	16
3. Rendimiento potencial de semilla y componentes.....	19
4. Rendimiento de semilla real y potencial.....	20
5. Número de estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón al momento de la cosecha.....	21
6. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	22
7. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m ²	24
8. Rendimiento de semilla y componentes.....	26
9. Rendimiento potencial de semilla y componentes.....	26
10. Rendimiento de semilla real y potencial.....	27
11. Número de estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón al momento de la cosecha.....	27
12. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje y densidad del forraje.....	28
13. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m ²	35
14. Rendimiento de semilla y componentes.....	37
15. Número de plantas, estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón a la cosecha.....	38
16. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	39

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
17. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m ²	40
18. Rendimiento de semilla y componentes.....	42
19. Número de estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón a la cosecha.....	42
20. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.....	43
21. Rendimiento de semilla (kg/ha) global y en ambas cosechas para los experimentos A y B.....	48
22. Efecto de la variable Riego sobre los componentes del rendimiento.....	48
23. Correlaciones entre rendimiento de semilla con sus componentes y entre la biomasa con las pérdidas de semilla a la cosecha.....	51

<u>Figura N°</u>	<u>Página</u>
1. Número de inflorescencias polinizables/m ² para secano, riego, primera y segunda fecha de cierre.....	16
2. Rendimiento de semilla.....	17
3. Componentes del rendimiento.....	18
4. Altura del bulk de cabezuelas y del forraje, biomasa acumulada a la cosecha y densidad del forraje.....	22
5. Número de inflorescencias polinizables/m ² para riego y secano.....	24
6. Número de inflorescencias polinizables/m ² para el menor y el mayor nivel de fósforo.....	25
7. Número de inflorescencias polinizables/m ² para las tres densidades de siembra y para el promedio de riego y secano.....	35
8. Número de inflorescencias polinizables/m ² para riego y secano.....	36
9. Rendimiento de semilla.....	37
10. Biomasa acumulada y pérdidas de semilla a la cosecha para riego, secano y las tres densidades de siembra.....	39
11. Numero de inflorescencias polinizables totales/m ²	40
12. Numero de inflorescencias polinizables/m ² para riego y secano.....	41
13. Balance hídrico decádico, como % de Agua Disponible en el suelo (AD) para el período de Octubre 97-Febrero 98.....	49
14. Relación entre biomasa (tt/ha) y pérdidas de semilla (kg/ha) a la cosecha..	52

I. INTRODUCCION.

El trébol blanco (*Trifolium repens L.*) es una de las más importantes leguminosas forrajeras de clima templado, presentando una amplia distribución geográfica desde el ártico a la región subtropical y una considerable adaptación en altitud. Es una especie de alto valor nutritivo que por su hábito de crecimiento postrado se adapta muy bien al pastoreo. Constituye, además, una de las leguminosas básicas para la formación de pasturas, tanto convencionales como mejoramientos extensivos.

El uso del trébol blanco en el Uruguay se basa mayoritariamente en un mismo tipo de material, cuyo prototipo es el cultivar “Zapicán”. Este es un trébol de hoja media a grande, de buen crecimiento invernal, de floración abundante y temprana y con una persistencia productiva promedio de tres años (García, 1996).

Durante el período comprendido entre 1973 y 1994 se evaluaron, en INIA “La Estanzuela”, variedades de trébol blanco provenientes de distintas partes del mundo. Los tipos de hoja grande (ladinos) fueron los más productivos, con incrementos en los rendimientos de forraje del orden del 20% sobre “Zapicán”. Dicha superioridad en el rendimiento también estuvo asociada a una mejor persistencia vegetativa. Sin embargo, el potencial de floración de estos materiales en el Uruguay se encuentra limitado en la medida que la mayoría de estos provienen de regiones de mayor latitud, estando así adaptados a fotoperíodos más largos. Esto determina una baja producción de semilla lo que se convierte en un gran inconveniente para su multiplicación a nivel nacional.

Por lo tanto en 1991, se inició en “La Estanzuela” un programa de mejoramiento en tréboles ladinos con el objetivo de combinar buenas características vegetativas con un aceptable rendimiento de semilla. Después de varios ciclos de selección se obtuvieron diversas líneas experimentales que combinan exitosamente ambas características (García, 1997). Un pool de estas líneas fue el material utilizado en este estudio.

El presente trabajo ha tenido como objetivo central estudiar el efecto sobre la producción de semilla de variables manejables tales como densidad de siembra, fertilización fosfatada, fecha de cierre y riego. Esto permitirá ajustar la tecnología necesaria para una multiplicación eficiente del nuevo cultivar.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

A. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TREBOL BLANCO.

1. Desarrollo vegetativo.

El trébol blanco (*Trifolium repens L.*) es una leguminosa perenne de ciclo invernal, de alto valor nutritivo y que por su hábito de crecimiento postrado está muy bien adaptada al pastoreo. Presenta dominancia apical, por lo tanto, su crecimiento es sinónimo del continuo proceso de división y expansión celular en el meristemo apical. La unidad estructural básica de la planta es el estolón, que consiste en una serie de entrenudos separados por nudos, cada uno de los cuales presenta dos primordios radiculares, un primordio foliar y una yema axilar la cual puede dar origen a un estolón secundario o a una inflorescencia, pero nunca a ambas. La producción de estolones laterales permite la expansión vegetativa de la planta, permitiéndole invadir áreas no ocupadas, lo que le otorga una gran habilidad competitiva (Thomas, 1961; 1980; 1987, Carámbula, 1977).

Normalmente tanto las yemas axilares como las apicales contienen seis ó siete primordios foliares. Dicho número prácticamente no varía debido a que la tasa de iniciación foliar es igualada por la tasa de emergencia foliar. Por lo tanto cada vez que un primordio foliar es iniciado en una yema el primordio más viejo se hace visible. La tasa de iniciación foliar esta afectada por la temperatura y en menor grado por el fotoperíodo, siendo muy poco influenciada por el genotipo. De manera que bajo las condiciones naturales de Nueva Zelanda (40° S), Thomas (1980; 1987) encontró que la máxima tasa de iniciación foliar fue de dos primordios/semana durante las condiciones cálidas del verano, disminuyendo a un mínimo de un primordio cada dos, tres ó más semanas en el invierno. Además constató que la tasa de emergencia foliar fue muy similar en genotipos tan diferentes como "Huia", "Tamar" y "Kent Wild White".

2. Desarrollo Reproductivo.

a. Generalidades.

La fase reproductiva en el trébol blanco se inicia cuando las condiciones de temperatura y fotoperíodo son suficientes como para inducir el desarrollo de los primordios florales a expensas de los primordios foliares (Thomas, 1980). Como las yemas vegetativas y reproductivas están ubicadas en la misma posición en el estolón, existe inevitablemente una relación inversa en el número de ambos tipos de yemas. Por lo tanto, a mayor número de inflorescencias formadas, menor será el número de yemas vegetativas, reduciendo así el desarrollo vegetativo de la planta.

Las cabezuelas se inician exclusivamente en los meristemos terminales apicales de los estolones primarios y secundarios. Sin embargo, las células del domo apical permanecen siempre vegetativas, posibilitando aún durante la etapa reproductiva, un continuo crecimiento vegetativo.

En términos generales, el patrón de respuesta a los factores ambientales determina la formación de un nudo reproductivo, alternando con dos ó tres nudos vegetativos, otro nudo reproductivo y así sucesivamente. No obstante, esta relación nudo reproductivo/nudo vegetativo se encuentra bajo control genético y ambiental (Thomas, 1987), determinando así variaciones entre genotipos y ambientes.

La expresión del potencial reproductivo de la planta de trébol blanco depende, además de la iniciación y posterior emergencia floral, de la secuencia obligatoria de formación de flores, ovarios, óvulos y granos de polen, anthesis, polinización, fertilización, maduración de los óvulos y posterior llenado de las semillas (Thomas, 1961; 1980; 1981).

b. Efectos ambientales sobre el desarrollo reproductivo.

1) Iniciación floral.

El trébol blanco ha sido comúnmente considerado como una “planta de día largo”. Sin embargo, esta concepción de su respuesta fisiológica al ambiente no es del todo correcta. En primer lugar, porque la iniciación floral esta muy influenciada por las bajas temperaturas, así como por los días largos, y en segundo lugar, debido a que muchos cultivares se comportan más como “plantas de día corto-largo” que de “día largo” (Thomas, 1987). La importancia relativa de los días largos y las bajas temperaturas varía con el origen geográfico del cultivar. Las plantas originarias de altas latitudes son más sensibles a los días largos, mientras que las de bajas latitudes tienden a responder más a las bajas temperaturas. Otros factores como la disponibilidad de nutrientes y la defoliación pueden afectar el grado de respuesta de la planta a la temperatura y al fotoperíodo.

a) Fotoperíodo.

Numerosos cultivares han sido descritos como “plantas de día largo”, entre los cuales se pueden citar “Kent Wild White” (Thomas, 1982), “Ladino” (Laude et.al.1958; Thomas, 1982), “S184” (Zaleski, 1964) y “Tamar” (Cohen et.al.1976, citado por Thomas, 1982). El fotoperíodo crítico para plantas de día largo varía sustancialmente con el cultivar y con la temperatura durante la exposición a dicho fotoperíodo. Además Laude et.al. (1958) encontraron variaciones entre diferentes genotipos del cultivar “Ladino”.

Thomas (1987) sugiere que la iniciación floral en algunos cultivares ocurre cuando las plantas son transferidas de días cortos a días largos, pero que dicha respuesta se pierde gradualmente bajo el fotoperíodo largo. Este patrón de respuesta, característico de “plantas de día corto-largo”, ha sido encontrado en cultivares tales como “Huia” (Thomas, 1961), “Louisiana S1” (Gibson, 1957, citado por Thomas, 1987). La interrupción de la iniciación floral asociada a los días largos, puede ser temporariamente revertida por una defoliación (Thomas, 1980).

b) Temperatura.

La mayoría de los cultivares de trébol blanco presentan iniciación floral como respuesta a efectos directos ó indirectos de las bajas temperaturas. Aquellas plantas que responden en forma directa a la temperatura, normalmente comienzan la iniciación floral durante las condiciones frías del invierno. Este tipo de respuesta se observa en “Kent Wild White”, “Ladino” y “Pitau” (Thomas, 1980; 1982).

Por otra parte, la respuesta indirecta a la temperatura ha sido comúnmente identificada como vernalización. A pesar de que en ningún caso se han encontrado requerimientos obligatorios de vernalización para una adecuada iniciación con los días largos, Thomas (1987) encontró que la exposición previa a bajas temperaturas incrementó la inducción floral.

2) Emergencia floral.

La tasa de emergencia floral es totalmente dependiente de la tasa de emergencia foliar, la cual a su vez esta relacionada con la tasa de iniciación de primordios foliares. Una cabezuela floral no emerge hasta que siete ú ocho primordios foliares se hallan formado posterior a su iniciación (Thomas, 1980; 1987).

Tanto la tasa de emergencia foliar como floral son afectadas por la temperatura y el fotoperíodo. Thomas (1981) encontró que la tasa de emergencia floral aumentó con el incremento de la temperatura y en menor grado con los días largos, afectándose de igual forma la iniciación floral.

3) Desarrollo de la inflorescencia.

El ambiente presenta un marcado efecto sobre el desarrollo individual de las cabezuelas y sus respectivos componentes. Thomas (1961) bajo condiciones ambientales controladas, verificó que tanto los días largos como las bajas temperaturas incrementaron el número de flores/cabezuela y el tamaño de las mismas. Por otra parte el estrés hídrico

así como un excesivo sombreado presentan un efecto depresivo sobre el tamaño de las cabezuelas (Thomas, 1987; Pasumarty et.al.1990).

El número de óvulos/carpelo normalmente se encuentra entre tres y siete, pero al igual que el número de flores/cabezuela, esta muy influenciado por el ambiente, incrementándose con las bajas temperaturas y los fotoperíodos largos (Thomas, 1961). El mismo autor (1981) bajo condiciones de campo, encontró muy poca variación en el número de óvulos/carpelo desde la primavera al comienzo del verano, pero en pleno verano bajo condiciones de secano constató una disminución muy pronunciada en dicho número.

La proporción de óvulos que efectivamente forman semilla es comúnmente muy baja. En un amplio rango de condiciones y bajo condiciones óptimas para la polinización, Dessureaux (1951) encontró que en promedio menos de la mitad de los óvulos desarrollaron semillas en el cultivar "Ladino". Otros autores tales como Zaleski (1961) y Clifford (1979) reportaron resultados similares. Las causas que pueden estar determinando el bajo número de semillas desarrolladas por flor, están mayormente relacionadas con el porcentaje de óvulos fértiles y el grado de aborto post-fertilización y en menor grado con la fertilidad de los granos de polen. Pasumarty et.al.(1990) encontraron que la fertilidad de los óvulos es muy sensible a la intensidad lumínica, habiendo encontrado 40 a 80% de óvulos estériles bajo condiciones de sombreado. El aborto post-fertilización se asocia también a una baja intensidad lumínica así como al déficit hídrico Thomas, 1987).

El efecto de las condiciones ambientales sobre la fertilidad del polen ha sido investigado por varios autores. Thomas (1961; 1981) encontró que la fertilidad del polen fue muy poco afectada por el fotoperíodo, pero un alto porcentaje de esterilidad fue observado a bajas temperaturas. Además, Turner (1993) constató una reducción pronunciada en la viabilidad del polen en plantas sometidas a déficit hídrico.

Por último, durante la etapa de llenado las condiciones hídricas y las temperaturas afectan el peso final de las semillas. Clifford (1979) encontró una reducción del 17% en el peso de las semillas desde Setiembre a Diciembre, asociándolo a la combinación de condiciones cálidas y secas del verano. Esto coincide con los resultados reportados por Zaleski (1961).

3. Centro de origen y variabilidad genética.

a. Características generales de los diferentes ecotipos.

Se considera que el centro de origen del trébol blanco es Europa, principalmente la región mediterránea, extendiéndose desde el ártico a la región subtropical. Esta amplia

distribución geográfica, unida a la naturaleza alógama de la especie, a dado origen a una amplia variación adaptativa como respuesta principalmente a los factores climáticos (García, 1996).

Los cultivares de trébol blanco se clasifican normalmente de acuerdo al tamaño de hoja, reconociéndose tres grandes grupos según sean de hoja pequeña, intermedia o grande. Existen además, ciertos caracteres asociados al tamaño de hoja. Los de hoja pequeña presentan mayor número de estolones y un sistema radicular más superficial, mientras que las de hoja grande poseen un bajo número de estolones con un sistema radicular más profundo (García, 1996).

En base a la latitud de origen y al patrón de floración, Thomas (1980) agrupa los ecotipos de trébol blanco en dos categorías: 1) Tipos “Mediterráneos”, tales como los cultivares “Tamar” y “Louisiana”, originarios de bajas latitudes. La iniciación floral en este grupo comienza como respuesta a las condiciones frías del otoño-invierno, cesando bajo las condiciones cálidas del verano, independientemente del fotoperíodo. 2) Tipos de “Alta latitud y crecimiento estival” (“Kent Wild White”, “Ladino”, etc.), siendo el fotoperíodo el principal factor determinante de la inducción. Estos tipos no comienzan la iniciación floral en respuesta a las bajas temperaturas invernales, sino que son “plantas de día corto-largo”, donde la inducción ocurre en los días largos de Noviembre, Diciembre, cesando en Enero.

Existen algunos genotipos con un patrón de respuesta intermedio a aquellos mencionados previamente. El cultivar “Louisiana” puede comportarse como un tipo Mediterráneo respondiendo a las bajas temperaturas del otoño, así como también a los días largos del verano. Por otra parte, el “Ladino” difiere de aquellos de alta latitud debido a que es una planta más de día largo, que además continua la iniciación entrado el verano.

b. Tipos Ladinos.

El trébol blanco tipo Ladino, se originó en el distrito de Lodi-Cremona en el valle del río Po. Dicha región presenta inviernos relativamente fríos, con temperaturas cercanas a 0°, lo que explica la amplia tolerancia térmica de este ecotipo. Este tipo de trébol blanco no tolera sequías prolongadas, sin embargo sus largas raíces y hojas parecen aumentar su habilidad para recuperarse más rápido de una sequía temporaria que las formas de hoja pequeña (Williams, 1987, citado por Díaz, 1995). Germoplásma de trébol Ladino ha dado origen a diversos cultivares americanos, entre ellos el cultivar “Regal”.

Regal es una variedad desarrollada por la Estación Experimental de Agricultura de Alabama, EEUU y liberada en 1962. Resultados encontrados en el Uruguay (García, 1996) indican que esta variedad presenta un patrón de floración más tardío, junto con una

menor densidad de cabezuelas que “Zapicán”, siendo la mayor limitante para su empleo la baja producción de semillas. En lo que respecta a la producción de forraje, se ha destacado consistentemente por producir en promedio 20% más que el cultivar “Zapicán”.

En un programa de mejoramiento iniciado en INIA (1991), dicho cultivar fue uno de los utilizados como población base a partir de la cual fue seleccionado el material utilizado en este ensayo.

B. VARIABLES ESTUDIADAS.

1. Riego.

La función principal del riego para producir semilla de trébol blanco es la de evitar el estrés hídrico durante la etapa reproductiva (Clifford, 1987). Sin embargo, los niveles de humedad en el suelo suficientes para obtener una alta producción de semilla son menores que los requeridos para lograr un máximo crecimiento vegetativo (Lay, 1980; Clifford, 1986a). Esto se debe a que el exceso de agua promueve un mayor crecimiento vegetativo a expensas del crecimiento reproductivo, afectando negativamente la producción de semilla (Clifford, 1985a; Danyach-Deschamps et.al., 1988; Oliva et.al., 1994). Por lo tanto, un adecuado manejo del contenido hídrico del suelo durante la fase reproductiva debería limitar dicho crecimiento vegetativo y así incrementar el rendimiento de semilla (Clifford, 1986a; Danyach-Deschamps et.al., 1988).

La respuesta positiva al riego en el rendimiento de semilla y sus componentes ha sido constatada por varios autores. Clifford (1977, 1986b) en Nueva Zelanda, trabajando con el cultivar “G 18”, observó un incremento en el rendimiento de semilla en parcelas mantenidas con el 25% de agua disponible en comparación a aquellas no regadas. Dicho aumento del rendimiento estuvo explicado tanto por un mayor número de cabezuelas maduras como por un mayor número de semillas/flor.

El mismo autor (1986a) encontró que el riego incrementó el número total de inflorescencias producidas, explicándose por un mayor número de inflorescencias/estolón a pesar de haber presentado un menor número de estolones. Esto fue acompañado por un mayor número de semillas/cabezuela (23%) y un leve incremento en el peso de semillas (4%) determinando así un mayor rendimiento de semilla (53%). Sugiere que el mayor número de semillas/inflorescencia estaría relacionado a una mejor nutrición de las cabezuelas individuales.

Por otro lado, Clifford (1987) sometiendo plantas a estrés hídrico durante el pico de floración no observó un efecto negativo sobre la expresión floral pero sí sobre el

rendimiento/cabezuela. La falta de agua no solo redujo el número de semillas/flor (a través de una menor fertilización o aborto temprano) sino también el peso de las semillas.

Estos datos obtenidos por Clifford con los cultivares; Huia, Pitau, G18 y Kopu, son consistentes con los resultados observados por Oliva et.al.(1994) con el cultivar "Osceola". Dichos autores constataron que tanto la falta de agua (secano) como el exceso disminuyó claramente los rendimientos de semilla en comparación a aquellos tratamientos con un nivel intermedio de agua en el suelo. Explican que el exceso hídrico promovió un sostenido crecimiento vegetativo, el cual redujo la producción de inflorescencias y el rendimiento de semilla a un nivel similar al de los tratamientos bajo secano.

El efecto negativo del exceso hídrico fue a su vez demostrado por los ensayos de Clifford (1977), Danyach-Deschamps et.al. (1988) y Turner (1993). Clifford menciona que niveles de agua por encima de los requeridos para mantener una buena floración redujeron los rendimientos de semilla en los cultivares "Huia y Pitau". De forma similar, Danyach-Deschamps et.al. constataron que bajo condiciones de exceso de humedad se redujo 35% el rendimiento de semilla, asociado a una disminución en el número de cabezuelas maduras. Esto coincide con la observación de Turner, en la cual plantas sometidas a un leve estrés hídrico durante 9 a 15 semanas aumentaron la emergencia de cabezuelas.

2. Fecha de cierre.

La elección de la fecha de cierre es una variable de manejo fundamental para controlar el crecimiento vegetativo y así la expresión floral. Al determinar el momento de cierre del semillero debe tenerse en cuenta la duración del rápido período de crecimiento posterior al cierre. Esto se asocia a: 1) la estrecha relación existente entre la emergencia floral y foliar (Clifford, 1980) y 2) a la necesidad de hacer coincidir un rápido crecimiento vegetativo con óptimas condiciones de fotoperíodo y temperatura de forma de maximizar la inducción y subsecuente emergencia floral.

A nivel nacional el mayor volumen de información con respecto a la incidencia de distintas fechas de cierre en la producción de semilla se refiere al cultivar Zapicán. Formoso (1995) encontró que los cierres de Julio y Agosto determinan una menor población de cabezuelas y una mayor tasa de disgregación de las mismas, factores que explican los menores rendimientos de semilla que se obtienen. Los cierres de mediados de Setiembre en general determinan los mayores rendimientos. Sin embargo, cuando durante la primavera se registran abundantes precipitaciones, encontró que los cierres de Octubre presentan mayores potenciales de producción de semilla. Además, menciona que con el atraso en la fecha de cierre, la emergencia de cabezuelas se retrasa, disminuyendo su número, el número de flores/cabezuelas y la longitud de los pedúnculos.

Por otra parte, Carámbula (1981) sugiere que, para las variedades comúnmente utilizadas en Uruguay, una fecha de cierre promedio óptima sería la segunda quincena de Setiembre. Sin embargo, señala que dicha fecha variará con las condiciones imperantes, siendo adelantada si el tiempo se presenta seco, o bien dilatada si el tiempo se presenta lluvioso o si existieran posibilidades de riego.

Los trabajos realizados por Clifford (1980, 1985a, 1985b, 1986a, 1987) en Nueva Zelanda, utilizando tanto cultivares de hoja media-chica (Huia), como de hoja media-grande (Pitau) y hoja grande (Kopu), coinciden en que Noviembre es el mes óptimo de cierre para maximizar la producción de semilla. Este autor (1980) observó que en el cierre de Noviembre se dio un mejor balance entre el número de cabezuelas formadas y el rendimiento de las mismas. Sugiere que el exceso de biomasa generado por los cierres tempranos (Setiembre y Octubre) causó pérdidas por descomposición de las cabezuelas formadas al principio de la floración. Mientras que en el cierre tardío (Diciembre) la presencia de un alto número de cabezuelas con pedúnculos cortos determinó mayores pérdidas durante la cosecha.

Así mismo (1985a, 1985b) el mayor rendimiento de semilla para el cierre de Noviembre en comparación a Octubre estuvo explicado, también, por el incremento en el número de cabezuelas. Al atrasar (1986a) el momento del cierre desde Noviembre a Diciembre se constató una reducción del 50% en el rendimiento de semilla, explicada por un menor número de cabezuelas (51%). Dicho autor sugiere que el cierre posterior a Noviembre redujo la población potencial de inflorescencias, posiblemente por un efecto de largo del día y de la temperatura que limitarían la inducción floral. Además, probablemente con el cierre tardío se hayan removido las cabezuelas formadas al principio de la estación reproductiva. Observó, también, una interacción entre la fecha de cierre y el riego, donde la disminución en la producción de inflorescencias y en el rendimiento de semilla con el atraso de la fecha de cierre fue magnificada en los tratamientos bajo secano.

A su vez, Clifford (1987) observó que al atrasar la fecha de cierre desde Setiembre a Noviembre se redujo el número de flores/inflorescencias y el peso de las semillas, lo cual fue más que compensado por un incremento en el número de cabezuelas, aumentando así el rendimiento. El autor considera que a medida que se atrasó el cierre se generaron limitantes nutricionales (asociadas a la menor disponibilidad de agua) que disminuyeron el número de flores/cabezuela y el peso de las semillas.

Por otra parte, Andrade et.al.(1990) en Brasil trabajando con el cultivar "Guaiba S1", constataron mayores rendimientos de semilla para el cierre de Octubre, lo que estuvo explicado por un mayor número de inflorescencias. Observaron, además, una reducción en el peso de las semillas con el atraso de la fecha de cierre. Estos resultados

son consistentes con aquellos obtenidos por los mismos autores (1990) con el cultivar "Jacui S2".

3. Densidad de siembra.

La densidad de siembra, a través del efecto que ejerce sobre el crecimiento y desarrollo de los estolones, se encuentra estrechamente relacionada con la producción de semilla. Ha sido demostrado que el trébol blanco es capaz de incrementar la producción de inflorescencias y así lograr un mayor rendimiento cuando dispone de suficiente espacio como para expresar un rápido crecimiento vegetativo (Clifford, 1980; Marshall et.al., 1988).

El efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y posterior desarrollo reproductivo ha sido estudiado por varios autores. Zaleski (1963) mostró que una baja e intermedia densidad de plantas (35 y 70 plantas/m²) presentó mayor número de inflorescencias/planta e inflorescencias/m² que una alta densidad (807 plantas/m²).

Contrariamente, Marshall et.al. (1988) observaron un incremento en la densidad de estolones y puntos de crecimiento con el aumento en la densidad de plantas (9, 25, 48 y 100 plantas/m²), la cual no tuvo efecto sobre el número de cabezuelas/m², flores/inflorescencia, semillas/flor y peso de las semillas. Por lo tanto, concluyen, que la baja producción de estolones fue compensada por una alta proporción de nudos reproductivos.

Clifford (1985b) trabajando con los cultivares "Huia" y "Pitau" a tres densidades de siembra (1.5 kg/ha - 45cm, 3.0 kg/ha - 30cm y 6.0 kg/ha - 15cm), obtuvo mayor número de inflorescencias y rendimiento potencial de semilla para 3 kg/ha. Observó que la menor densidad de siembra disminuyó el número de estolones/m² pero aumentó el número de flores/cabezuela.

Los resultados obtenidos por Clifford (1977, 1980, 1985b) son coincidentes en que el mayor rendimiento de semilla se obtiene con una distancia entre hileras de 30 cm, ya sea con una densidad de siembra de 1.5 o 3.0 kg/ha. De forma similar, Perepravo et.al. (1988) evaluando densidades de siembra desde 1.0 a 10 kg/ha para entrefilas de 15, 30 y 60 cm, encontró que los tratamientos sembrados con 2 kg/ha y 30 cm fueron los que rindieron más.

Por otra parte, Clifford (1977) en un ensayo realizado bajo siembra al voleo, el mayor rendimiento de semilla se obtuvo con una densidad de 6.0 kg/ha en comparación a 3.0 y 9.0 kg/ha.

4. Nivel de fósforo en el suelo.

La importancia que ejerce el fósforo en la producción de semilla de las leguminosas forrajeras es incuestionable. Teniendo en cuenta los trabajos de investigación realizados por diferentes autores, este nutriente afectaría a la mayoría de los componentes de producción de semilla de las leguminosas. Así por ejemplo, Carámbula (1981) cita el efecto positivo observado en la iniciación floral (Huber, 1954), en el número de inflorescencias (Khein, 1965), en la secreción de néctar (Shuel, 1957), en la fertilidad (Krylova, 1965) y en el peso de las semillas (Galgoczi, 1963).

La nutrición fosfatada presenta un marcado efecto sobre el crecimiento vegetativo y posterior rendimiento de semilla de trébol blanco (Clifford et.al., 1989). El nivel de fósforo óptimo para maximizar el rendimiento de semilla debería ser aquel que permita el mejor grado de competencia entre los estolones, de forma de hacer lo más eficiente posible el uso del "espacio reproductivo" (Clifford, 1987).

La información existente en relación al efecto de dicho nutriente en la producción de semilla de trébol blanco es escasa. Clifford (1987) evaluando diferentes niveles de fertilización de fósforo a la siembra (0, 10 y 30 kg de P_2O_5 /ha) observó, en promedio de cuatro cultivares (Huia, Kopu, Pitau, Tahora), un incremento en el rendimiento con el pasaje de 0 a 10 kg/ha y posterior disminución de 10 a 30 kg/ha. Explica que el nivel intermedio de fósforo determinó el mejor nivel de competencia entre los estolones por el fósforo disponible.

El resultado más destacable de una encuesta realizada por el mismo autor (1985a) en semilleros comerciales de Nueva Zelanda, creciendo bajos suelos de alta capacidad de retención de agua, fue una disminución general en el rendimiento potencial de semilla al incrementarse el fósforo disponible en el suelo. El autor asocia esto con problemas generados por el exceso de crecimiento vegetativo. Contrariamente, Bruce-Smith et.al. (1989) encontraron un incremento sustancial en el rendimiento de semilla al aumentar la fertilización fosfatada desde 0 a 150 kg/ha de P_2O_5 .

III. EXPERIMENTO A: EFECTO DEL RIEGO, FECHA DE CIERRE Y NIVEL DE FOSFORO.

A. MATERIALES Y METODOS.

1. Generalidades.

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “La Estanzuela” (32° 20' S), del INIA, Colonia, Uruguay, sobre un suelo Brunosol éutrico originado sobre formación Libertad, con un pH (agua) de 5.9, 3.3% de materia orgánica y textura franco-limosa en el horizonte (20 cm) superficial (14% arena, 63% limo y 23% arcilla).

2. Variables estudiadas.

Sé evaluó el efecto de las variables Riego, Fecha de cierre y Nivel de fósforo en el suelo sobre el rendimiento de semilla y sus componentes. El experimento fue sembrado el 23 de Abril de 1997 a una densidad de siembra de 3 kg./ha y a una distancia entre hileras de 30 cm, luego de una preparación convencional del suelo.

a. Riego.

Se evaluaron dos niveles contrastantes de agua en el suelo: a) bajo condiciones de secano (testigo) en la cual la disponibilidad hídrica del suelo estuvo en función de las condiciones ambientales, y b) bajo condiciones de riego. Los datos climáticos para el período experimental se presentan en el anexo 1.

Para decidir la lámina y frecuencia de aplicación se tuvo en cuenta el criterio sugerido por Clifford (1986a) de que para obtener una alta producción de semilla (en Lincoln, N.Z.) la humedad en el suelo debería mantenerse en el entorno del 25% del agua disponible en los primeros 20 cm del suelo. Considerando la importante diferencia que existe entre Lincoln y La Estanzuela en términos de temperatura, los riegos durante éste experimento se realizaron cuando el agua disponible estaba en el entorno del 25-40%, con una lámina que en ningún caso llevó el agua disponible a valores superiores a 75%.

Los riegos fueron efectuados por aspersión en las siguientes fechas:

24 de Noviembre: 15 mm.
5 de Diciembre : 30 mm.
26 de Enero : 30mm.
17 de Febrero : 30mm.



Considerando que el riego fue diurno, a los efectos del balance hídrico (figura 13) se consideró un factor de eficiencia de aplicación del 70%.

b. Fecha de cierre.

Se manejaron dos fechas de cierre: un cierre temprano que correspondió al 17 de Octubre y un cierre tardío el 10 de Noviembre. Previo a los cierres los ensayos se cortaban con rotativa (5 cm. de altura) cada cierto período de tiempo dependiendo del nivel de biomasa acumulada, realizándose el último corte al momento del cierre.

c. Nivel de fósforo en el suelo.

Se compararon dos niveles de fósforo: un nivel considerado suficiente (10.8 ppm P_2O_5 , Bray I) y un nivel considerado alto (22 ppm P_2O_5). Estos niveles fueron obtenidos mediante la fertilización con 250 y 650 kg/ha de superfosfato simple (0-21-23-0). El nivel de fósforo previo a la fertilización fue de 4.6 ppm P_2O_5 .

3. Diseño del experimento y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques, con el factor riego en las parcelas principales y el resto de los factores (nivel de fósforo y fecha de cierre) como subparcelas. Se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento, siendo el tamaño de las parcelas de 1.5 x 5 m.

Los datos fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANOVA). Al nivel de significación del efecto de las diferentes variables se le adjudicó la siguiente nomenclatura: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5%, (***) significativo al 1% y (NS) no significativo.

4. Determinaciones.

Una serie de determinaciones fueron efectuadas en dos cuadros fijos (0.3x0.6mts.) ubicados en zonas homogéneas y representativas de cada parcela; mientras que otro grupo de determinaciones fueron realizadas a nivel de toda la parcela.

Dentro de los cuadros fijos se determinó el número de estolones, el número de inflorescencias polinizables y el número de cabezuelas verdes y maduras a la cosecha. Los estolones fueron contabilizados al momento de los cierres y de cada cosecha, considerándose como un estolón a cada punta de estos de más de 2 cm de longitud. El número de inflorescencias polinizables se contó semanalmente desde los cierres a la primera cosecha y desde esta hasta la segunda cosecha. Fue considerada inflorescencia polinizable toda aquella en la cual se podía visualizar al menos 50% de las flores blancas

(corolas). En cada uno de estos cuadros fijos, la cosecha se realizó manualmente determinándose el número de cabezuelas maduras y verdes, las que posteriormente fueron trilladas por separado.

Dentro del conjunto de determinaciones efectuadas en toda la parcela, se realizó la cosecha de semilla con pastera, determinación del peso de la biomasa cosechada, medición de la altura del bulk de cabezuelas y forraje y cosecha manual de diez cabezuelas maduras, enteras y de tamaño representativo de cada parcela. La cosecha con la pastera (5 cm de altura) se realizó en un área de 2m^2 al centro de cada parcela y se pesó la masa de forraje cosechada. Para estimar las pérdidas de semilla a la cosecha se recolectaron en dos cuadros (0.5×0.5 cm) las cabezuelas que no fueron levantadas por la pastera.

Por otra parte a nivel de laboratorio se trillaron y pesaron las cabezuelas cosechadas tanto manualmente como con la pastera, determinándose así el rendimiento de semilla. A partir de las diez cabezuelas individuales se determinó el número de flores/cabezuela, semillas viables/flor y peso de las semillas, que posteriormente fueron utilizados para determinar el rendimiento potencial de semilla. El peso de 1000 semillas se estimó a partir del peso de 200 semillas.

En el Anexo 2 se puede observar el cronograma actividades realizadas a lo largo del experimento y en los Anexos 3,4,5,6,7 y 8 se detallan los datos correspondientes a las determinaciones con su respectivo análisis estadístico.

B. RESULTADOS.

1. Primera Cosecha.

La primera cosecha se realizó el 29 de Diciembre en los tratamientos bajo secano y el 6 de Enero en los regados. En cada una de estas fechas se cosecharon los tratamientos correspondientes a las dos fechas de cierre, dado que presentaban un estado de maduración similar.

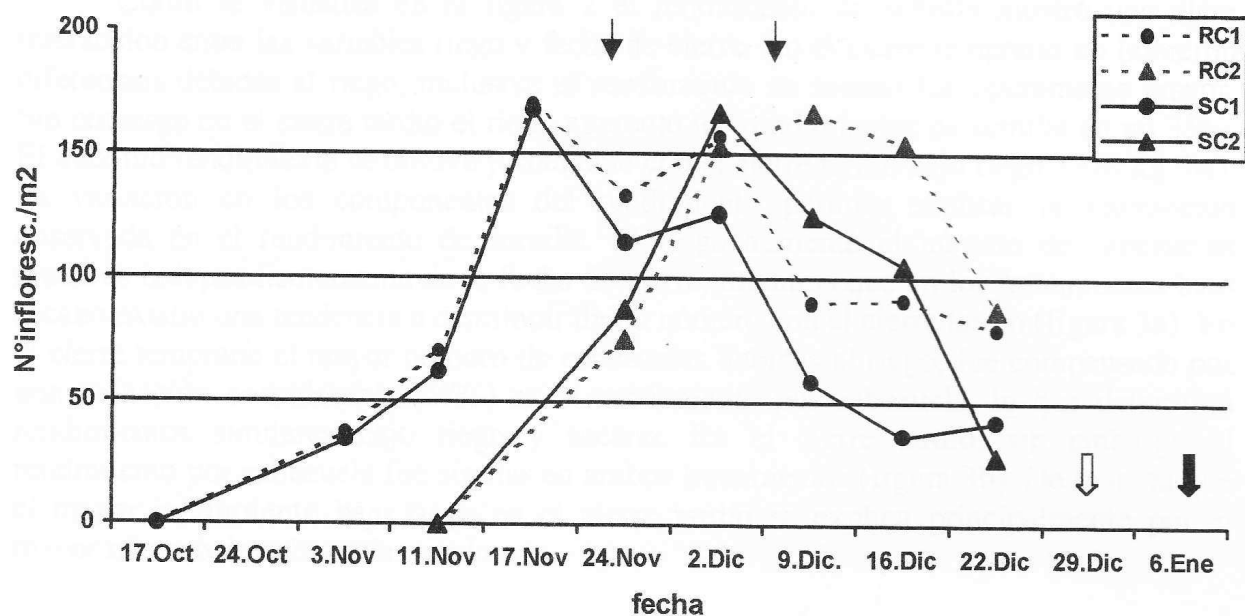
a. Curva de Floración.

La variación semanal en el número de inflorescencias polinizables se presenta en la figura 1, mientras que en el cuadro 1 se muestra el total acumulado de los sucesivos conteos. Se puede apreciar que las variables Riego y Fecha de Cierre afectaron significativamente el número de inflorescencias polinizables acumuladas, no así el nivel de Fósforo. Mientras que el riego aumentó un 27% el número de cabezuelas el cierre tardío lo redujo en un 13%.

Cuadro 1. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m².

	Riego Secano		C1	C2	F1	F2	ANOVA		
							Riego	Cierre	Fósforo
Nº inflorescencias totales	692	544	661	574	610	625	**	***	NS

El efecto del riego se visualiza claramente observando las curvas de floración en la figura 1. Independientemente de la fecha de cierre, el riego aumentó la producción de inflorescencias siendo este efecto particularmente marcado en el cierre tardío. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Clifford (1986a) en Nueva Zelanda. El menor número de inflorescencias totales para el cierre tardío se explica tanto por la menor duración de la floración así como por la remoción de las inflorescencias formadas al principio de la estación reproductiva. El cierre temprano determinó una curva de floración mucho más extendida en el tiempo (70 días) que el cierre tardío (40 días), siendo el máximo número de inflorescencias alcanzado en el pico de floración similar para ambas fechas de cierre.



Riego - (▼); Cosecha tratamientos secano - ▾ - y cosecha tratamientos riego - ▽

Figura 1. Número de inflorescencias polinizables/m² para secano (S), riego (R), primera (C1) y segunda (C2) fecha de cierre.

b. Rendimiento de semilla y componentes.

Los resultados del rendimiento de semilla y sus componentes se presentan en el cuadro 2 y figura 2.

Cuadro 2. Rendimiento de semilla y componentes.

	RIEGO		SECANO		ANOVA			
	Cierre 1	Cierre 2	Cierre 1	Cierre 2	R	C	F	R x C
Rend.(kg./ha) (1)	244	310	262	229	NS	NS	NS	** (64)
N° cab.mad./m²	490	504	438	379	***	NS	NS	NS
Mg./cab.mad	44.96	56.05	57.15	56.21	*	**	NS	*** (7.7)
Peso(gr)-1000 semillas	0.611	0.596	0.621	0.577	NS	***	NS	NS
N° cab.verde/m²	305	278	168	172	***	NS	NS	NS

(1) - Incluye la semilla producida por las cabezuelas verdes. () - LSD (5%)

Como se visualiza en la figura 2 el rendimiento de semilla mostró una clara interacción entre las variables riego y fecha de cierre. En el cierre temprano no hubieron diferencias debidas al riego, inclusive el rendimiento en secano fue ligeramente mayor. Sin embargo en el cierre tardío el riego aumentó los rendimientos de semilla en un 35%. El máximo rendimiento se obtuvo justamente con el cierre tardío bajo riego (310 kg./ha). La variación en los componentes del rendimiento permite explicar la interacción observada en el rendimiento de semilla. El riego aumentó el número de cabezuelas maduras independientemente de la fecha de cierre, mientras que en los tratamientos bajo secano existió una tendencia a disminuir dicho número con el cierre tardío (figura 3a). En el cierre temprano el mayor número de cabezuelas debidas al riego, fue compensado por una reducción considerable (27%) en el rendimiento por cabezuela, lo que determinó rendimientos similares bajo riego y secano. En el cierre tardío, sin embargo el rendimiento por cabezuela fue similar en ambos tratamientos (figura 3b). De manera que el mayor rendimiento bajo riego en el cierre tardío se explica principalmente por el mayor número de cabezuelas maduras.

El peso de semillas no fue afectado por el riego, pero si presentó una reducción del 5% con el cierre tardío. El efecto de la fecha de cierre es coincidente con lo observado por Clifford (1979), el cual reporta una reducción del peso de semillas desde Setiembre a Diciembre asociado a la combinación de condiciones cálidas y secas que aceleran la maduración. Además, Zaleski (1961) encontró que dicho peso fue mayor en las flores que emergieron más temprano en la primavera.

Por otra parte como era esperable, el riego aumentó en forma importante (72%) el número de inflorescencias verdes al momento de la cosecha. El nivel de fósforo no afectó el rendimiento de semilla ni sus componentes (cuadro 2).

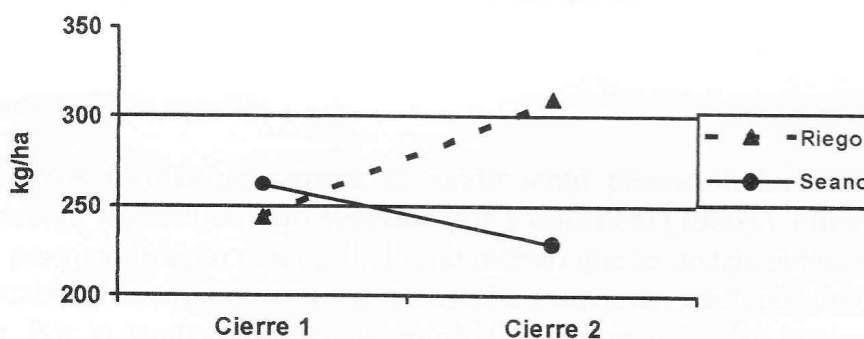


Figura 2. Rendimiento de semilla.

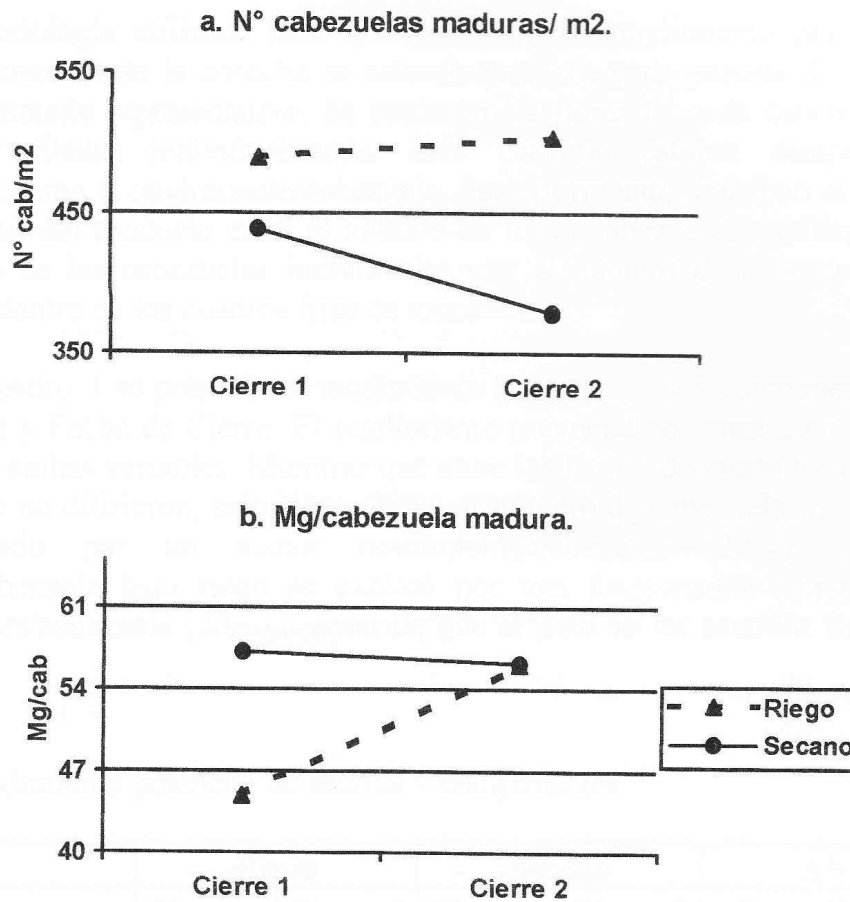


Figura 3. Componentes del rendimiento.

c. Rendimiento potencial de semilla.

Existen diversas formas de estimar el rendimiento potencial. La metodología utilizada en este trabajo sigue el criterio sugerido por Evans et.al.(1986) y otros autores, donde se entiende por rendimiento potencial al rendimiento que se podría obtener si todas las cabezuelas contabilizadas al momento de la cosecha estuvieran maduras, completas y bien desarrolladas. Por lo tanto la diferencia entre el rendimiento real y potencial para cada tratamiento radicará exclusivamente en diferencias asociadas al rendimiento/cabezuela y no al número de cabezuelas/área. Como la población de cabezuelas a partir de la cual se estima el rendimiento potencial es mucho más homogénea que aquella para el rendimiento real, podemos estudiar los efectos de las

variables con mayor precisión, porque nos independizamos de dicha heterogeneidad, la cual además puede ser propia de cada tratamiento.

La metodología utilizada para la estimación del rendimiento potencial fue la siguiente: al momento de la cosecha se seleccionaron de cada parcela diez cabezuelas maduras y de tamaño representativo. Se contaron las flores de cada cabezuela, las que luego fueron trilladas individualmente. Esto permitió estimar componentes del rendimiento así como el rendimiento/cabezuela. Posteriormente, se estimó el rendimiento potencial a partir del producto entre el número de flores/cabezuela, semillas/flor y peso de las semillas de las cabezuelas individuales con el número de cabezuelas maduras contabilizadas dentro de los cuadros fijos de muestreo.

En el cuadro 3 se presenta el rendimiento potencial y sus componentes para las variables Riego y Fecha de Cierre. El rendimiento potencial de semilla no fue afectado por ninguna de ambas variables. Mientras que entre las fechas de cierre los componentes del rendimiento no difirieron, bajo riego el mayor número de cabezuelas maduras (21%) fue acompañado por un menor rendimiento/cabezuela (22%). Este menor rendimiento/cabezuela bajo riego se explicó por una disminución importante en el número de flores/cabezuela (20%) a pesar de que el peso de las semillas fue levemente superior (8%).

Cuadro 3. Rendimiento potencial de semilla y componentes.

	Riego		Secano		ANOVA		
	Cierre 1	Cierre 2	Cierre 1	Cierre 2	R	C	R x C
Rend. potencial(kg/ha)	362	387	427	358	NS	NS	NS
N°cab.madura/m²	514	512	457	388	**	NS	NS
Mg/cab.madura	69	75	93	92	**	NS	NS
Flores/cab.madura	74	79	96	96	***	NS	NS
Semillas/flor	1.63	1.85	1.89	1.94	NS	NS	NS
Peso(grs.)-1000semilla	0.545	0.526	0.517	0.492	**	NS	NS

Los datos del cuadro corresponden exclusivamente a los tratamientos con el nivel suficiente de fósforo (F1).

A través del análisis de los diferentes componentes en las cabezuelas individuales podemos entender claramente las variaciones observadas en el rendimiento real de semilla. El menor rendimiento de semilla bajo riego y cierre temprano fue el resultado de un menor rendimiento/cabezuela, el cual estuvo asociado a un menor número de flores/inflorescencia (23%), a pesar de haber presentado un mayor peso de semillas (5%). Por otra parte, en los tratamientos regados con el cierre tardío, el mayor rendimiento de

semilla estuvo claramente determinado por el mayor número de cabezuelas maduras a la cosecha (32%).

En el cuadro 4 se presenta la comparación entre el rendimiento real de semilla y el rendimiento potencial. Se puede observar que el único tratamiento en el cual el rendimiento real claramente se aproximó al rendimiento potencialmente alcanzable fue bajo riego y cierre tardío.

Cuadro 4. Rendimientos de semilla Real y Potencial.

	Riego		Secano	
	Cierre 1	Cierre 2	Cierre 1	Cierre2
Rend. Potencial (kg./ha) (1)	362	387	427	358
Rend. Real (kg./ha) (1)	236	313	275	228
Rend. Real (%) (2)	65	81	64	64

(1) Se consideró sólo los tratamientos con el menor nivel de fósforo.

(2) Rendimiento Real/Rendimiento Potencial x 100.

d. Número de estolones.

El número de estolones al cierre no fue afectado por ninguna de las variables estudiadas (cuadro 5). Por lo contrario el número de estolones en la cosecha disminuyó con el cierre temprano y el riego, siendo dicha disminución más marcada en este último. Esto es lógico en la medida que éstas variables originaron mayor biomasa (figura 3) y por consiguiente un mayor sombreado en la base del tapiz. El mayor nivel de fósforo promovió el crecimiento de los estolones aumentando levemente su número a la cosecha.

Vinculando el número de estolones con el número de cabezuelas totales (verdes y maduras) al momento de la cosecha, es posible estimar el número de cabezuelas/estolón. Como puede observarse en el cuadro 5, mientras que el riego aumentó notoriamente el número de cabezuelas/estolón, el cierre tardío tendió a disminuirlas y el fósforo no tuvo efecto significativo.

Cuadro 5. Número de estolones, cabezuelas totales cosechadas y cabezuelas/estolón al momento de la cosecha.

							ANOVA		
	R	S	C1	C2	F1	F2	Riego	Cierre	Fósforo
n° estolones/m ² al cierre	(1)		210	212	208	213		NS	NS
n° estolones/m ² a cosecha	262	308	271	296	274	294	*	**	*
N° cabezuelas totales/m ²	788	578	700	666	696	672	***	NS	NS
N° cabezuelas / estolón	3.04	1.94	2.66	2.33	2.61	2.38	***	*	NS

(1) El riego no había sido iniciado al momento de los cierres.

e. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

Como era de esperar, tanto el cierre temprano así como el riego y el mayor nivel de fósforo aumentaron considerablemente la biomasa a la cosecha (cuadro 6). Mientras que el tratamiento bajo riego y cierre temprano fue el que presentó la mayor acumulación de biomasa (5.1 tt./ha), bajo seco y cierre tardío se obtuvo el menor valor (2.1 tt./ha) (figura 4a).

Se puede apreciar en el cuadro 6 que existió interacción entre riego y fecha de cierre para la altura del forraje y de las cabezuelas. Independientemente de la fecha de cierre ambas alturas fueron mayores bajo riego. Asimismo, mientras que bajo riego dichas alturas no difirieron entre cierres, bajo seco se observó una notoria disminución de las mismas con el cierre tardío. A través de la comparación entre la altura del bulk del forraje y de las cabezuelas, vemos que el único tratamiento en el cual el bulk de cabezuelas está claramente dentro de la masa de forraje es en el cierre temprano bajo riego, siendo además el que presentó la mayor densidad de forraje (figura 4b y 4c).

Junto con la mayor acumulación de biomasa, el mayor nivel de fósforo también incrementó la altura del bulk de forraje y cabezuelas.

Cuadro 6. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

	Riego		Secano		Fósforo		ANOVA			
	C1	C2	C1	C2	F1	F2	Riego	Cierre	Fósforo	R x C
Biomasa (MS tt./ha)	5.1	3.7	3.1	2.1	3.3	3.7	**	***	**	NS
Altura forraje(cm)	30	27	21	15	22	25	**	***	***	*** (2.14)
Altura cabezuela(cm)	29	28	25	16	24	26	**	***	***	*** (2.49)
Pérdidas semilla(kg/ha)	10	15	12.5	26.5	16	16	NS	***	NS	* (8.96)

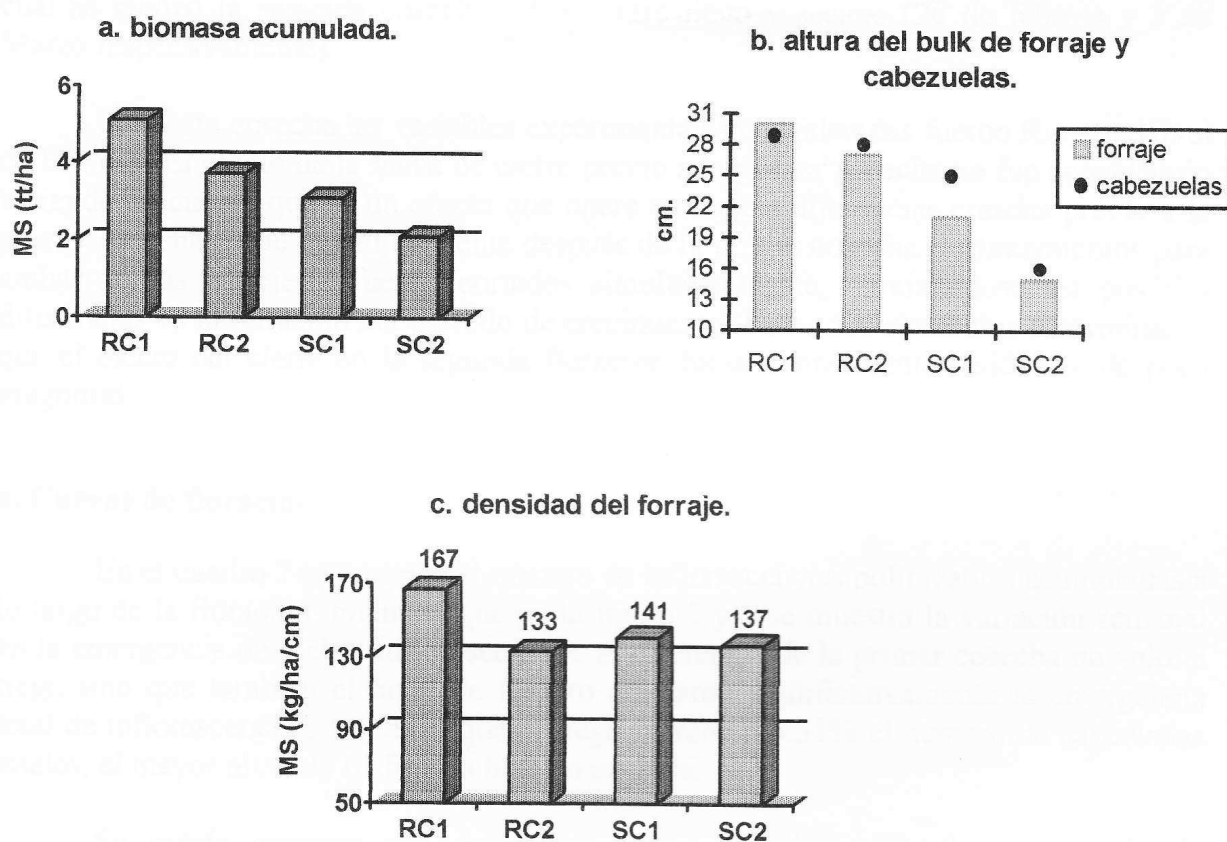


Figura 4. Altura (cm) del bulk de cabezuelas y del forraje, biomasa (MS tt./ha) acumulada a la cosecha y densidad (MS kg/ha/cm altura) del forraje.

La cuantificación de la semilla que no levantó la pastera, permite tener una idea parcial y aproximada de las pérdidas de semilla en los distintos tratamientos. En este sentido, el cuadro 6 muestra claramente que las pérdidas de semilla fueron incrementadas significativamente con el cierre tardío, siendo este efecto más acentuado en los tratamientos bajo secano. Es importante considerar que bajo secano y cierre tardío las mayores pérdidas de semilla estuvieron asociadas a la baja acumulación de biomasa (2.1 tt./ha). Además, probablemente dichas pérdidas pueden verse notoriamente incrementadas a nivel comercial si consideramos el menor largo de pedúnculo en dichos tratamientos (16 cm.), el cual no se refleja a nivel experimental. No se constataron diferencias en las pérdidas de semilla entre los dos niveles de fósforo.

2. Segunda Cosecha.

Luego de realizada la primer cosecha (29 de diciembre y 6 de Enero) el experimento se emparejó con un corte con rotativa a una altura de 5 cm y se manejó sin cortes hasta la segunda cosecha. Al igual que para la primer cosecha el momento en el cual se realizó la segunda cosecha difirió entre riego y secano (26 de febrero y 3 de Marzo respectivamente).

Para esta cosecha las variables experimentales consideradas fueron Riego y Nivel de Fósforo. El efecto de la fecha de cierre previo a la primer cosecha no fue considerado teniendo en cuenta que es un efecto que opera en base a diferencias creadas previo a la primer cosecha y que inmediatamente después de la primer cosecha los tratamientos para ambas fechas de cierre fueron cortados simultáneamente, eliminándose así posibles diferencias en la duración del período de crecimiento. Estos dos elementos determinaron que el efecto del cierre en la segunda floración fuese simplemente residual y de poca magnitud.

a. Curvas de floración.

En el cuadro 7 se presenta el número de inflorescencias polinizables acumuladas a lo largo de la floración, mientras que en la figura 5 y 6 se muestra la variación semanal en la emergencia de dichas inflorescencias. A diferencia de la primer cosecha no sólo el riego sino que también el nivel de fósforo afectaron significativamente la emergencia total de inflorescencias. Mientras que el riego incrementó 31% el número de cabezuelas totales, el mayor nivel de fósforo lo hizo en un 10%.

Se puede apreciar que mientras que la máxima tasa de emergencia de inflorescencias en la segunda cosecha fue claramente mayor que en la primera (240 y 160 inflorescencias/m²/semana respectivamente), la duración de la floración fue menor en la

segunda cosecha lo que determinó que el número total de inflorescencias polinizables logrado fuese relativamente similar.

Cuadro 7. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m².

			ANOVA		
	Riego	Secano	F1	F2	Riego Fósforo R x F
Nº inflorescencias totales	629	481	531	580	*** ** NS

En la figura 5 se observa el marcado efecto del riego sobre la floración, determinando un mayor pico así como atenuando la tendencia decreciente en la emergencia de inflorescencias. De manera que el riego posiblemente evitó que la tasa de floración fuera enlentecida por la falta de agua (Thomas 1980). El mayor nivel de fósforo permitió un leve incremento en la emergencia de inflorescencias a lo largo de toda la floración (figura 6).

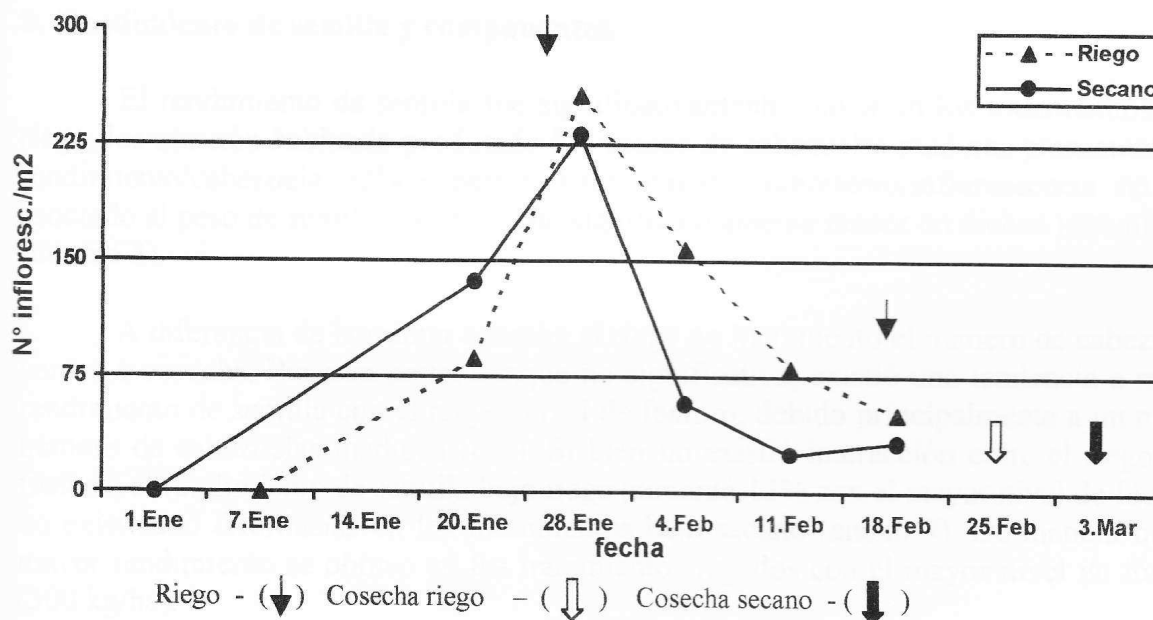


Figura 5. Número de inflorescencias polinizables/m² para Riego y Secano.

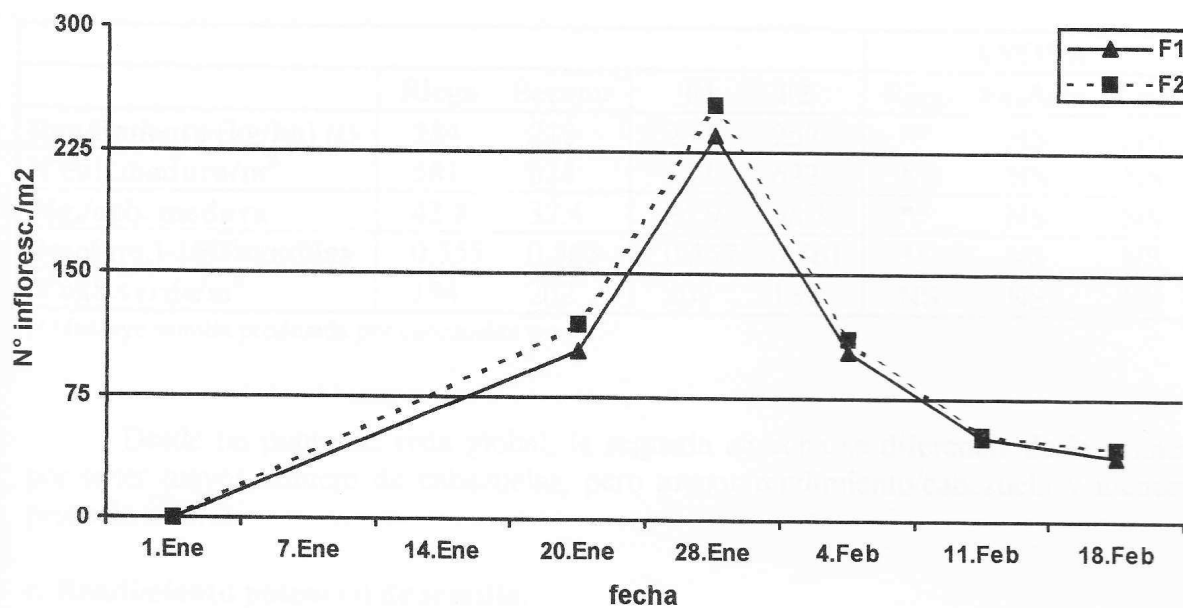


Figura 6. Número de inflorescencias polinizables/m² para el menor (F1) y el mayor (F2) nivel de fósforo.

b. Rendimiento de semilla y componentes.

El rendimiento de semilla fue significativamente mayor en los tratamientos bajo riego, los que aún habiendo producido 8% menos de cabezuelas maduras presentaron un rendimiento/cabezuela 32% superior. Este mayor rendimiento/inflorescencia no está asociado al peso de semillas, siendo éste significativamente menor en dichos tratamientos (cuadro 8).

A diferencia de la primer cosecha el riego no incrementó el número de cabezuelas verdes a cosecha. Por otra parte, aunque no significativa, existió una tendencia a mayor rendimiento de semilla con el mayor nivel de fósforo, debido principalmente a un mayor número de cabezuelas maduras (6%). Si bien no existió interacción entre el riego y el fósforo, el rendimiento de semilla bajo riego aumentó 13% con el mayor nivel de fósforo, no existiendo diferencias en los tratamientos bajo secano (anexo 9). De manera que el mayor rendimiento se obtuvo en los tratamientos regados con el mayor nivel de fósforo (300 kg/ha).

Cuadro 8. Rendimiento de semilla y componentes.

	Riego	Secano	F1	F2	ANOVA		
					Riego	Fósforo	R x F
Rendimiento (kg/ha) (1)	284	210	237	257	**	NS	NS
N°cab.madura/m²	581	628	587	622	NS	NS	NS
Mg./cab. madura	42.8	32.4	36.9	38.3	**	NS	NS
Peso(grs.)-1000semillas	0.555	0.563	0.557	0.561	**	NS	NS
N°cab.verde/m²	194	202	207	189	NS	NS	NS

(1) Incluye semilla producida por cabezuelas verdes.

Desde un punto de vista global, la segunda cosecha se diferencia de la primera por tener mayor número de cabezuelas, pero menor rendimiento/cabezuela y menores pesos de semilla.

c. Rendimiento potencial de semilla.

El rendimiento potencial fue determinado de forma similar que en la primer cosecha. Se puede apreciar en el cuadro 9 que si bien la variable Riego no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento potencial de semilla, el mismo fue ligeramente superior bajo secano. Estos tratamientos obtuvieron mayor número de cabezuelas maduras (12%) y similar rendimiento/cabezuela a pesar de presentar un menor peso de semillas (8%).

Cuadro 9. Rendimiento potencial de semilla y componentes.

	Riego	Secano	ANOVA
			Riego
Rend. potencial(kg/ha)	453	501	NS
N°cab.madura/m²	548	626	*
Mg/cab.madura	83	80	NS
Flores/cab.madura	86	94	NS
Semillas/flor	1.79	1.7	NS
Peso(grs.)-1000semilla	0.55	0.51	**

A diferencia de la primer cosecha, las variaciones en los componentes de las cabezuelas individuales no explican el comportamiento del rendimiento real de semilla. Mientras que las diferencias en el rendimiento real estuvieron principalmente asociadas a

variaciones en el rendimiento/cabezuela, dicho componente no varió en el rendimiento potencial.

El riego permitió que el rendimiento real de semilla se aproximara más al rendimiento potencial, siendo la relación rendimiento real/potencial en los tratamientos bajo secano marcadamente inferior a las previamente encontradas (cuadro 10).

Cuadro 10. Rendimientos de semilla Real y Potencial.

	Riego	Secano
Rend. Potencial (kg./ha)(1)	453	501
Rend. Real (kg./ha)(1)	284	210
Rend. Real (%) (2)	63	42

(1) Se consideró sólo los tratamientos con el menor nivel de fósforo.

(2) Rendimiento Real/Rendimiento Potencial x 100.

d. Número de estolones.

Como se puede ver en el cuadro 11 el número de estolones a la cosecha no fue afectado significativamente por el riego y el nivel de fósforo. A pesar de esto, se observa (al igual que en la primer cosecha) una tendencia a un mayor número de estolones bajo secano y alto nivel de fósforo (10% y 11% respectivamente). Sin embargo no se encontró para ambas variables diferencias en el número de inflorescencias/estolón.

Cuadro 11. Número de estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón al momento de la cosecha.

					ANOVA		
	Riego	Secano	F1	F2	Riego	Fósforo	R x F
Nº estolones/m² a cosecha	241	267	240	267	NS	NS	NS
Nº cabezuelas totales/m²	775	834	794	812	NS	NS	NS
Nº cabezuelas/estolón	3.37	3.15	3.41	3.12	NS	NS	NS

e. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

Como muestra el cuadro 12 la biomasa a la cosecha fue incrementada significativamente por el riego, pero no por el nivel de fósforo. En todos los casos el bulk de cabezuelas se mantuvo siempre por encima del forraje.

Por otra parte el riego disminuyó un 33% las pérdidas de semilla a la cosecha, las cuales no variaron con el nivel de fósforo. Esto se explica por la mayor cantidad de biomasa acumulada (36%) en los tratamientos regados, la cual fue acompañada por un incremento en la densidad del forraje.

Cuadro 12. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha, altura del bulk de cabezuelas y forraje y densidad del forraje.

					ANOVA		
	Riego Secano		F1	F2	Riego	Fósforo	R x F
Biomasa (MS tt./ha)	3.0	2.2	2.7	2.5	*	NS	NS
Altura forraje (cm)	17.7	17.5	18.0	17.2	NS	NS	*
Altura cabezuela (cm)	20.4	19.7	20.5	19.6	NS	NS	NS
Pérdidas semilla (kg/ha)	14.7	22.0	17.7	18.9	**	NS	NS
Densidad forraje(kg/ha/cm)	169	125	150	145			

C. DISCUSION.

1. Primera Cosecha.

La menor producción de inflorescencias con el atraso de la fecha de cierre puede explicarse tanto por la menor duración de la floración así como por la remoción de las cabezuelas formadas al comienzo de la estación reproductiva. Clifford (1986a) observó una reducción del 51% en las inflorescencias totales producidas con el atraso de la fecha de cierre, sugiriendo que dicho efecto no sería atribuible a algún cambio biológico impuesto en la habilidad de la planta, sino que con el cierre tardío son removidas las cabezuelas que emergen primero.

La fecha de cierre puede afectar el desarrollo del canopy a través de la variación en la densidad de estolones y el crecimiento potencial de los mismos. Siendo que la floración es una función intrínseca al desarrollo del canopy, debería existir una relación entre la densidad de estolones al cierre y el número de inflorescencias formadas (Clifford 1986a, 1987). Sin embargo las variables experimentales (riego, cierre, fósforo) no produjeron variaciones significativas en el número de estolones al cierre, por lo tanto las diferencias apreciadas posteriormente en el número de inflorescencias no se deberían a distinta población de estolones.

Contrariamente a lo observado por Clifford (1986a) para el cultivar "Kopu", no se encontraron diferencias en la máxima tasa de emergencia de cabezuelas entre las fechas de cierre. Por consiguiente, como la tasa de emergencia de cabezuelas depende de la tasa de iniciación floral y emergencia foliar (Thomas, 1987), se podría sugerir que las condiciones (temperatura y fotoperíodo) que determinaron la manifestación de las mismas no difirieron sustancialmente entre fechas de cierre. También puede estar involucrado el hecho de que como el cultivar utilizado en este estudio es de tipo ladino, presenta mayor capacidad para iniciar inflorescencias entrado el verano (Thomas, 1980).

Independientemente de la fecha de cierre, el riego aumentó la producción de inflorescencias siendo este efecto particularmente marcado en el cierre tardío. En el mismo se incrementó sustancialmente la emergencia de cabezuelas en el pico de floración. Esto tiene un efecto positivo sobre el rendimiento, debido a que el número de cabezuelas maduras a la cosecha esta estrechamente asociado a la tasa de aparición de cabezuelas durante el mes de plena floración (Clifford, 1980).

La menor producción de inflorescencias en los tratamientos bajo secano estuvo asociada a un mayor número de estolones con un menor número de inflorescencias/estolón. Esto indicaría que el déficit hídrico pudo haber enlentecido la tasa de emergencia floral (Thomas, 1980) o promovido, a expensas del crecimiento reproductivo, un mayor número de estolones (Danyach-Deschamps et.al.1988) los cuales

se desarrollaron insuficientemente como para producir inflorescencias. Estos efectos se magnificaron con el atraso en la fecha de cierre. Contrariamente, el riego presentó menor número de estolones con un mayor número de cabezuelas/estolón. Siendo que las hojas son los principales sitios de percepción del fotoperíodo, frecuentemente se ha observado que mucho sombreado afecta negativamente la iniciación floral (Thomas, 1987). A pesar de esto, se pudo apreciar que la gran acumulación de biomasa originada en los tratamientos bajo riego y cierre temprano no sólo no afectó negativamente la expresión floral, sino que fue el tratamiento que produjo mayor número de inflorescencias totales (746 cabezuelas/m²) y cabezuelas/estolón (3.12 cabezuelas/estolón). Resultados similares fueron obtenidos por Clifford (1986a) quien sugiere que el riego en cierres tempranos del cultivar "Kopu" permitió una mayor utilización del potencial de iniciación floral.

Al igual que lo observado por Clifford (1986a), el riego más que la fecha de cierre determinó el momento de la cosecha.

El efecto de la variable Riego en el rendimiento de semilla varió en función de la fecha de cierre. En el cierre temprano los tratamientos regados presentaron un rendimiento de semilla levemente menor que bajo seco, debido principalmente a un menor rendimiento/cabezuela. Aunque en dichos tratamientos se formaron 30% más inflorescencias durante la floración, el número de cabezuelas maduras a cosecha fue sólo 10% mayor. Esto podría explicarse por dos razones: en primer lugar el cierre temprano promovió una floración más extendida determinando que menos cabezuelas maduraran en un momento dado. En segundo lugar, la mayor acumulación de biomasa favorecida por la combinación del riego y el cierre temprano, pueden haber ocasionado pérdidas por descomposición y pre-germinado de las cabezuelas formadas al comienzo de la floración.

Por otro lado, esa mayor acumulación de biomasa junto con un incremento sustancial en la densidad del forraje (18%) y el hecho de que el bulk de cabezuelas estuvo inmerso dentro del forraje disminuyeron marcadamente el rendimiento/cabezuela (21%). Varios factores pueden estar involucrados en esta reducción del rendimiento individual de las cabezuelas. La reducción de las intensidades lumínicas dentro del canopy (Brougham, 1958) determina que las inflorescencias que emergen en un exceso de biomasa permanezcan durante muchos días en estas condiciones, pudiendo originar reducción en el número de flores/cabezuela, óvulos fértiles y mayor aborto de semillas (Pasumarty et.al.1990). Además, las cabezuelas dentro del forraje tienen menos chances de ser adecuadamente polinizadas. Asimismo, la mayor competencia generada por el alto número de cabezuelas y el desarrollo vegetativo también pueden haber contribuido al menor rendimiento/cabezuela.

En el cierre tardío el riego aumentó 35% el rendimiento de semilla, debido principalmente a un mayor número de cabezuelas maduras. La combinación del riego con el cierre tardío favoreció una alta y concentrada emergencia de inflorescencias y evitó, a

diferencia del cierre temprano, una excesiva acumulación de biomasa permitiendo obtener un alto número de cabezuelas maduras a cosecha. Por otro lado bajo secano el cierre tardío determinó que el momento de plena floración coincidiera con condiciones de mayor estrés hídrico lo que limitó el crecimiento vegetativo y por consiguiente la emergencia de inflorescencias. Sin embargo no se observaron diferencias en el rendimiento/cabezuela bajo riego y secano.

2. Segunda Cosecha.

Al igual que para la primer cosecha las curvas de floración indican el efecto positivo del riego en aumentar el número de inflorescencias polinizables. A pesar de que la magnitud del efecto del riego en la emergencia total de cabezuelas fue muy similar para ambas floraciones (30%), el máximo número de inflorescencias emergidas durante el pico de floración fue marcadamente superior en la segunda cosecha (160 vs. 250 cabezuelas/m² para la primera y segunda cosecha respectivamente). Además en contraste con la primer cosecha el riego aumentó el pico de floración, lo que coincide con los resultados obtenidos por Clifford (1986a).

A diferencia de la primer cosecha, el riego no tuvo efecto sobre el número de nudos reproductivos/estolón, no existiendo diferencias en el número de cabezuelas/estolón a la cosecha. Esto reflejaría que el déficit hídrico no fue tal como para afectar negativamente el desarrollo de los estolones y por consiguiente la expresión floral.

Si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el mayor nivel de fósforo aumentó ligeramente el rendimiento de semilla a través de un incremento en el número de inflorescencias producidas. Esta mayor producción de cabezuelas fue acompañada por un aumento en el número de estolones (11%) a cosecha con similar número de cabezuelas/estolón, lo que sugiere que el mayor nivel de fósforo permitió hacer un mejor uso del "espacio reproductivo". A diferencia de lo que cita la literatura, la combinación del riego con el mayor nivel de fósforo no solo no afectó negativamente el rendimiento de semilla sino que dicho tratamiento fue el que obtuvo mayor rendimiento (300 kg./ha). Según Clifford (1985a), el incremento en los niveles de fósforo por encima de 7 ppm (P-Olsen) disminuye los rendimientos de semilla debido a un exceso de crecimiento vegetativo. Sugiere, además, que la mayor disponibilidad hídrica facilita la absorción de fósforo magnificando dicho efecto. En nuestro caso el período previo a la segunda cosecha transcurre en un período del año de altas temperaturas que tienden a limitar el crecimiento vegetativo del cultivo.

El aumento del rendimiento de semilla por el efecto del riego se debió al mayor rendimiento/cabezuela (32%), siendo similar el número de cabezuelas maduras a la cosecha. La variación en el rendimiento/cabezuela esta íntimamente asociada a las condiciones ambientales prevalentes durante el desarrollo de las mismas. Observando el balance hídrico (Figura 13) vemos que en el pico de floración (20 de Enero-4 de Febrero) el agua disponible bajo secano estuvo cercana al 40% de la capacidad de campo, mientras que en los tratamientos regados llegó al 60%. Esto puede haber limitado la fertilización o promovido el aborto prematuro en las cabezuelas que florecieron en ese período, determinando así un menor rendimiento/cabezuela.

Sería relevante analizar el efecto global del nivel de fósforo en la producción de semilla. Clifford (1987) sugiere que incrementos en la disponibilidad de fósforo promueven un exceso de biomasa con la consecuente disminución en el rendimiento de semilla. Sin embargo el aumento de la biomasa promovido por el mayor nivel de fósforo en la primer cosecha no afectó el rendimiento de semilla. Por otra parte, el mismo autor (1989) señala que bajo deficiencia severa de fósforo el agregado de dicho nutriente incrementó marcadamente la densidad de inflorescencias. De manera que la menor producción de inflorescencias en la segunda cosecha asociado al menor nivel de fósforo sugeriría que dicho nivel de fósforo puede haber sido limitante.

IV. EXPERIMENTO B: EFECTO DEL RIEGO Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA.

A. MATERIALES Y METODOS.

1. Generalidades.

A igual que el Experimento A, el Experimento B se realizó en INIA “La Estanzuela”, con el mismo cultivar y en idénticas condiciones de suelo fecha de cierre y manejo. Los datos climáticos durante este período se pueden observar en el Anexo 1.

2. Variables estudiadas.

Se estudió el efecto de la densidad de siembra y el riego sobre el rendimiento de semilla y sus componentes. El experimento fue manejado con un cierre temprano (17 de Octubre) y un nivel de 10-12 ppm de P_2O_5 en el suelo, ambas similares a los tratamientos C1 y F1 del experimento A.

a. Riego.

El manejo realizado para esta variable, incluyendo los niveles de agua en el suelo como la metodología y criterio utilizados para el riego, fue igual que en el Experimento A.

b. Densidad de siembra.

Se evaluaron 3 densidades contrastantes: 1,5 kg./ha, 3 kg./ha y 6 kg./ha, siendo las dos primeras distribuidas a 30 cm de entrefila y a 15 cm la última (Anexo 10). La densidad de 3 kg/ha a 30 cm es equivalente a la utilizada en el experimento A. La siembra fue realizada en el mes de Abril con sembradora de precisión.

3. Diseño del experimento y análisis estadístico.

Tanto las características del diseño del experimento como la metodología de análisis estadístico fueron similares a las utilizadas en el Experimento A. Mientras que la variable riego fue asignada a parcelas principales, los tratamientos correspondientes a la densidad de siembra fueron asignados a subparcelas.

4. Determinaciones.

Globalmente, el conjunto de determinaciones llevadas a cabo en el Experimento B fueron iguales a las realizadas en el Experimento A, con excepción del muestreo de las cabezuelas individuales y posterior determinación de los componentes del rendimiento, lo cual no se realizó. Por otra parte a los 60 días post-siembra se determinó el porcentaje de implantación.

En el Anexo 2 se puede observar el cronograma actividades realizadas a lo largo del experimento y en los Anexos 11,12 y 13 se detallan los datos correspondientes a las determinaciones con su respectivo análisis estadístico.

Cuadro 13. Muestra de datos.

	Densidad (kg/ha)					ATONA		
	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	Algo	Medio	B.J.D
Nº de cabezuelas cubetas	704	641	571	525	501	*	1100	109

Gráfico de puntos agregados en la figura 3. La referencia en el eje Y es el número de cabezuelas de siembra a la hora de sembrar. El eje X muestra el tiempo en días.



Figura 3. Número de cabezuelas de siembra a lo largo del tiempo para el porcentaje de implantación.

B. RESULTADOS.

1. Primera Cosecha.

Al igual que en el Experimento A, la primera cosecha se realizó el 29 de diciembre en los tratamientos bajo seco, mientras que en los tratamientos bajo riego ésta fue el 6 de Enero. La fecha de cierre para este experimento coincidió con el cierre temprano del experimento A (17 de Octubre).

a. Curva de floración.

La variación semanal en la emergencia de inflorescencias se presentan en las figuras 7 y 8, mientras que en el cuadro 13 se muestra el total acumulado de los sucesivos conteos. El riego aumentó significativamente el número de inflorescencias polinizables totales (29%), las que a su vez estuvieron en relación inversa con la densidad de siembra.

Cuadro 13. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m².

	Densidad (kg/ha)			Riego		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0	Secano	Riego	Densidad	R x D	
Nº inflorescencias totales	708	645	571	725	561	*	** (65)	NS

() LSD(5%)

Como se puede apreciar en la figura 7, la diferencia en la producción de inflorescencias entre las densidades de siembra alta y baja fue consistente a lo largo de toda la floración.

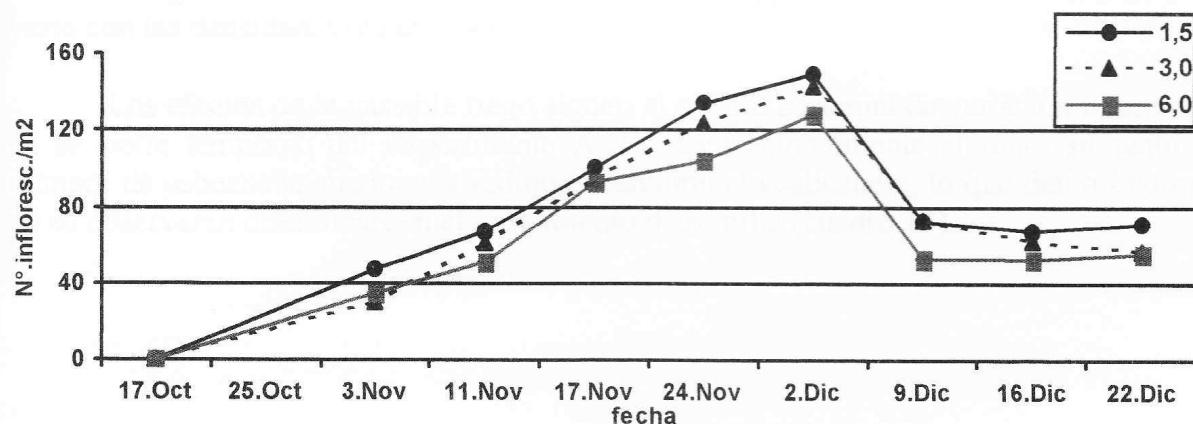
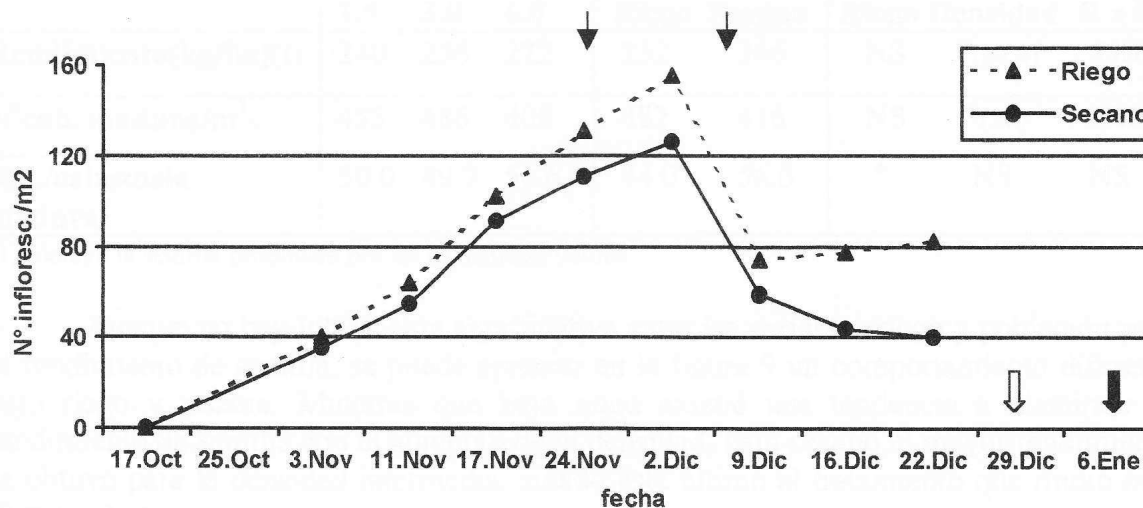


Figura 7. Número de inflorescencias polinizables/m² para las tres densidades de siembra y para el promedio de riego y seco.

A su vez, durante toda la floración la emergencia de inflorescencias fue mayor en los tratamientos bajo riego, acentuándose dicha diferencia hacia el pico de floración (figura 8).



(↓) - Riego; Cosecha tratamientos Secano - ↓ - Cosecha tratamientos regados - ↓ -

Figura 8. Número de inflorescencias polinizables/m² para riego y secano.

b. Rendimiento de semilla y componentes.

El rendimiento de semilla varió significativamente con la densidad de siembra, siendo mayor para 3 kg./ha, intermedio para 1,5 kg./ha y menor para 6 kg./ha. Igual variación registró el número de cabezuelas maduras/m², pero el rendimiento/cabezuela no varió con las densidades (cuadro 14).

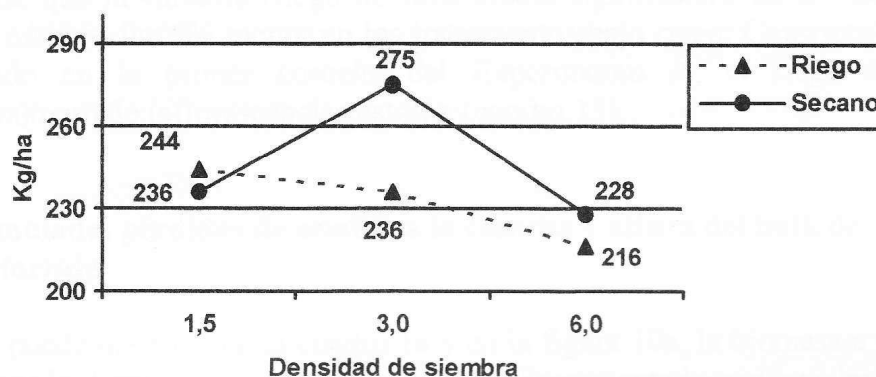
Los efectos de la variable riego siguen el mismo esquema de variación observado en el cierre temprano del Experimento A. Es decir, globalmente el riego aumentó el número de cabezuelas maduras y redujo el rendimiento/cabezuela, lo que determinó que no se observaran diferencias en el rendimiento de semilla (cuadro 14).

Cuadro 14. Rendimiento de semilla y componentes.

	Densidad (kg/ha)					ANOVA		
	1.5	3.0	6.0	Riego	Secano	Riego	Densidad	R x D
Rendimiento(kg/ha)(1)	240	256	222	232	246	NS	*(25.2)	NS
N°cab. madura/m²	453	486	408	482	416	NS	*(56)	NS
Mg./cabezuela madura	50.0	49.7	50.6	44.0	56.0	*	NS	NS

(1) Incluye la semilla producida por las cabezuelas verdes.

Aunque no hay interacción significativa entre las variables riego y población para el rendimiento de semilla, se puede apreciar en la figura 9 un comportamiento diferente bajo riego y secano. Mientras que bajo riego existió una tendencia a disminuir el rendimiento de semilla con el aumento de la densidad, bajo secano el mayor rendimiento se obtuvo para la densidad intermedia, siendo éste último el tratamiento que rindió más (275 kg./ha).

**Figura 9.** Rendimiento (kg/ha) de semilla.

c. Número de estolones

Las densidades de siembra originaron diferencias proporcionales en el número de plantas establecidas (cuadro 15). El menor número de plantas permitió un mayor crecimiento de las mismas, determinando que al momento del cierre y cosecha no existieran diferencias significativas en el número de estolones. Esto pone de manifiesto la

capacidad de compensación del trébol blanco para ocupar espacios libres. Sin embargo se observó una leve tendencia a mayor número de estolones con el aumento en la densidad de siembra. Estos datos concuerdan con Clifford (1985b), Marshall et.al. (1988) los cuales observaron un aumento en el número de estolones/m² a medida que se aumentaba la densidad de siembra. La mayor densidad de siembra determinó una mayor competencia entre estolones, limitando la expresión floral lo que se manifestó a través del menor número de cabezuelas/estolón.

Cuadro 15. Número de plantas, estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón.

	Densidad (kg/ha)			Riego Secano		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0			Riego	Densidad	RxD
Nº plantas/m ² (1)	29.9	64.3	124.7					
Nº estolones /m ² cierre	186	202	210	(2)		NS(21)		
Nº estolones /m ² cosecha	252	270	274	252	278	NS	NS	NS
Nº cabezuelas totales/m ²	668	717	600	746	578	**	*(76)	NS
Nº cabezuelas/estolón	2.70	2.76	2.23	3.01	2.11	**	*(0.39)	NS

(1) Cuento a los 60 días post-siembra.

(2) El riego no había sido iniciado al momento del cierre.

A pesar de que la variable Riego no tuvo efecto significativo en el número de estolones, dicho número fue 9% menor en los tratamientos bajo riego. Consistentemente con lo observado en la primer cosecha del Experimento A, el riego aumentó notoriamente el número de inflorescencias/estolón (cuadro 15).

d. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

Como se puede observar en el cuadro 16 y en la figura 10a, la biomasa a cosecha no fue afectada por la densidad de siembra, pero si fue incrementada sustancialmente por el riego (54%). Por otra parte no se encontró ninguna relación entre la biomasa y las pérdidas de semilla, las cuales no variaron con el riego pero si mostraron una tendencia a incrementarse con el aumento en la densidad (figura 10b). Aunque no existió interacción entre ambas variables, las pérdidas de semilla en los tratamientos de baja e intermedia densidad fueron similares para riego y secano, siendo significativamente mayores bajo riego en la alta densidad (anexo 14).

La altura del bulk de forraje y cabezuelas no fue afectada por la densidad de siembra, pero si aumentó en un 51 y 21% respectivamente en los tratamientos bajo riego (cuadro 16). En los tratamientos regados el bulk de cabezuelas estuvo casi dentro del forraje, mientras que bajo secano estuvo claramente por encima del mismo, un efecto similar al observado en el cierre temprano del Experimento A.

Cuadro 16. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

	Densidad (kg/ha)			Riego		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0	Secano	Riego	Densidad	RxD	
Biomasa (MS tt./ha)	3.9	3.9	3.8	4.7	3.0	***	NS	NS
Pérdidas semilla (kg/ha)	7.7	9.6	14.1	12.1	8.7	NS	NS(5.2)	NS
Altura forraje (cm)	25.0	24.5	27.0	30.8	20.8	***	NS	NS
Altura cabezuela (cm)	26.0	26.0	27.0	29.0	24.3	**	NS	NS

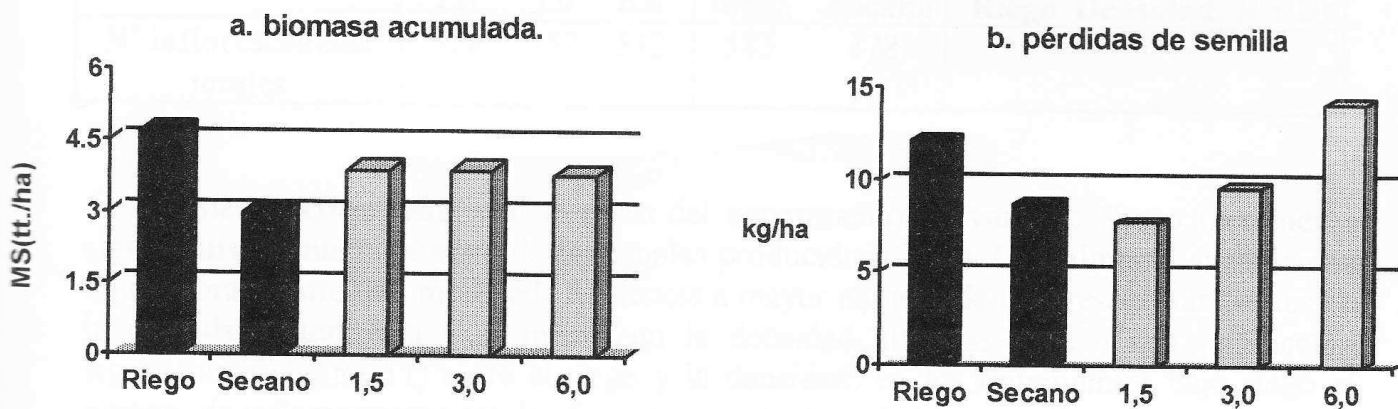


Figura 10. Biomasa (MS tt/ha) acumulada y pérdidas de semilla (kg/ha) a la cosecha, para riego, secano y las tres densidades de siembra.

2. Segunda Cosecha.

Inmediatamente después de la primer cosecha todos los tratamientos fueron emparejados con rotativa (5 cm de altura), y manejados sin cortes hasta la segunda cosecha (26 de febrero bajo secano y 3 de Marzo bajo riego).

a. Curva de floración.

En el cuadro 17 se muestra el número total de inflorescencias acumuladas en los sucesivos conteos.

Cuadro 17. Número de inflorescencias polinizables acumuladas/m².

	Densidad (kg/ha)			Riego		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0	Secano	Riego	Riego	Densidad	R x D
Nº inflorescencias totales	529	552	512	583	478	**	*(31)	*

Siendo consistente con el resto del experimento, la variable Riego incrementó significativamente el número de cabezuelas producidas (22%). Globalmente, la densidad de siembra mostró una moderada tendencia a mayor número de inflorescencias totales en la densidad intermedia y el menor en la densidad alta. Se detectó una interacción significativa (figura 11) entre el riego y la densidad: en los tratamientos bajo riego el número de inflorescencias totales fue mayor en la densidad intermedia, mientras que bajo secano tendió a disminuir con el aumento de la densidad.

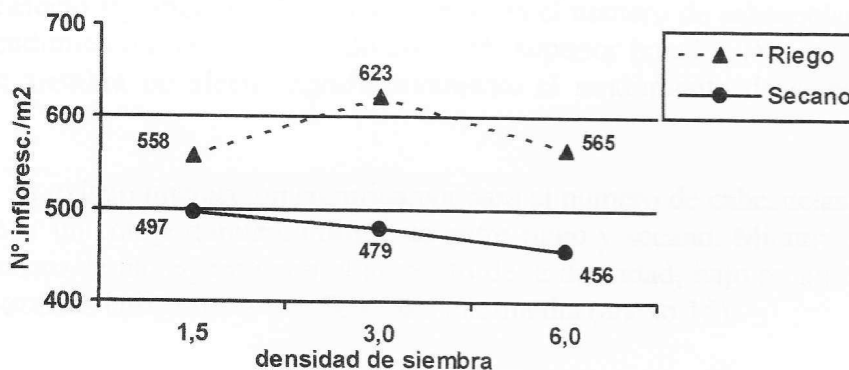
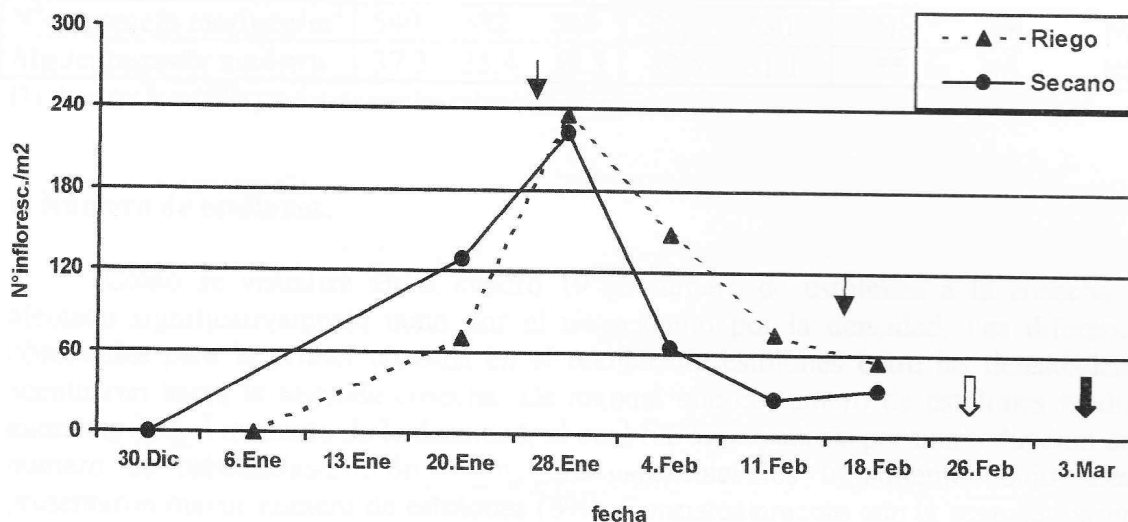


Figura 11. Número de inflorescencias polinizables totales/m² (LSD(5%)=43).

En la figura 12 se presenta la variación semanal en el número de inflorescencias polinizables para riego y secano. El riego aumentó claramente la producción de inflorescencias, siendo este efecto muy marcado después del pico de floración y coincidente con uno de los dos riegos efectuados previo a la cosecha.



Riego (↓); Cosecha tratamientos secano - ↓ - y cosecha tratamientos riego - ↓

Figura 12. Número de inflorescencias polinizables/m² para riego y secano.

b. Rendimiento de semilla y componentes.

El rendimiento de semilla fue 28% mayor en los tratamientos regados, no encontrándose efecto significativo de dicha variable en el número de cabezuelas maduras pero si en el rendimiento/cabezuela, siendo éste 37% superior (cuadro 18). Por otra parte la densidad de siembra no afectó significativamente el rendimiento de semilla ni los componentes.

Si bien no existió interacción significativa para el número de cabezuelas maduras, se puede apreciar un comportamiento diferente entre riego y secano. Mientras que bajo riego dicho número se incrementó con el aumento de la densidad, bajo secano el mayor número de cabezuelas coincidió con la densidad intermedia (anexo 15).

Cuadro 18. Rendimiento de semilla y componentes.

	Densidad (kg/ha)			Riego Secano		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0			Riego	Densidad	R x D
Rendimiento(kg/ha) (1)	228	229	234	259	202	*	NS	NS
N°cabezuela madura/m²	540	582	549	535	580	NS	NS	NS
Mg./cabezuela madura	37.2	35.4	38.8	42.5	31.1	**	NS	NS

(1) Incluye la semilla producida por las cabezuelas verdes.

c. Número de estolones.

Como se visualiza en el cuadro 19 el número de estolones a la cosecha fue afectado significativamente tanto por el riego como por la densidad. Las diferencias observadas para la primer cosecha en el número de estolones entre las densidades se acentuaron hacia la segunda cosecha. De manera que el número de estolones tendió a aumentar con el aumento de la densidad, el cual fue acompañado por una reducción en el número de cabezuelas/estolón. Como era esperable, los tratamientos bajo secano presentaron mayor número de estolones (8%). Consistentemente con la segunda cosecha del experimento A no existió una clara diferencia en el número de cabezuelas/estolón entre riego y secano.

Cuadro 19. Número de estolones, cabezuelas totales y cabezuelas/estolón al momento de la cosecha.

	Densidad (kg/ha)			Riego Secano		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0			Riego	Densidad	R x D
N° estolones/m² cosecha	249	264	287	256	277	*	*(27)	NS
N° cabezuelas totales/m²	781	793	759	763	793	NS	NS	NS
N° cabezuelas/estolón	3.15	3.00	2.68	2.99	2.90	NS	** (0.307)	NS

d. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

El efecto del riego y la densidad de siembra sobre la biomasa acumulada a cosecha presentó un comportamiento similar al observado en la primer cosecha. Por consiguiente, la biomasa no varió con la población pero si se incrementó (36%) con el riego (cuadro 20).

Cuadro 20. Biomasa acumulada, pérdidas de semilla a la cosecha y altura del bulk de cabezuelas y forraje.

	Densidad (kg/ha)			Riego		ANOVA		
	1.5	3.0	6.0	Secano	Riego	Densidad	R x D	
Biomasa (tt./ha)	2.6	2.8	2.8	3.1	2.3	**	NS	NS
Pérdidas semilla (kg/ha)	19.5	21.5	27.5	19.0	27.0	NS	NS	NS
Altura forraje (cm)	17.4	18.8	18.4	18.3	18.0	NS	NS	NS
Altura cabezuela (cm)	20.6	21.3	20.6	20.8	20.8	NS	NS	NS

Aunque las pérdidas de semilla no variaron significativamente con el riego y la densidad, se puede observar (cuadro 20) un incremento de las mismas en la mayor densidad y bajo secano.

Por otra parte, tanto la altura del bulk de forraje como la de las cabezuelas no fue afectada por ninguna de las variables. Además se puede observar, a diferencia de la primer cosecha, que el bulk de cabezuelas se mantuvo por encima del forraje en todos los tratamientos.

C. DISCUSION.

1. Primera Cosecha.

Se observó una relación inversa entre la densidad de siembra y el número de inflorescencias producidas. Debido a la poca habilidad del trébol blanco para mantener un sostenido crecimiento en altura, la disponibilidad de espacios que favorezcan un crecimiento vegetativo ininterrumpido, es un elemento clave para permitir la “expresión de los estolones” (Clifford 1987). Por lo tanto para una adecuada expresión floral, el manejo de la densidad de siembra o de la distancia entre filas son factores importantes a considerar (Clifford 1977, 1980). Las mayores densidades de siembra presentaron una tendencia a un mayor número de estolones tanto al cierre como a la cosecha, lo que determinó una mayor competencia que probablemente haya limitado el crecimiento vegetativo y así la expresión floral. Por consiguiente una mayor proporción de estolones insuficientemente desarrollados crecen y compiten por espacio con los estolones reproductivos. Esta situación fue agravada en los tratamientos con 6 kg./ha por la menor distancia entre filas (15 cm), lo que se pudo observar a través del menor número de inflorescencias/estolón.

El rendimiento de semilla fue superior en los tratamientos con 3 kg./ha, intermedio para 1.5 kg./ha y menor para 6 kg./ha. La variación en el mismo estuvo asociada exclusivamente a diferencias en el número de cabezuelas maduras, no existiendo variación en el rendimiento/cabezuela. El mayor rendimiento de semilla en la densidad intermedia estuvo asociado a un mejor balance entre el número de estolones y el número de cabezuelas/estolón. Estos datos son consistentes con los obtenidos por Clifford (1985b), el cual observó un mayor número de inflorescencias y rendimiento de semilla para 3 kg/ha en comparación a 1.5 y 6 kg/ha. El mismo señala que mientras que en la mayor densidad se generó una gran competencia debido a un alto número de estolones, en la menor densidad el crecimiento de la planta no logró utilizar todo el espacio disponible.

Los efectos de la variable Riego siguen las mismas tendencias observadas en el cierre temprano del experimento A. Es decir, independientemente de la densidad de siembra, el riego aumentó el número de cabezuelas maduras y redujo el rendimiento/cabezuela, determinando que no existieran diferencias en el rendimiento de semilla. Globalmente el riego aumentó la producción de biomasa y determinó que el bulk de cabezuelas se encontrara inmerso en la masa de forraje lo que disminuyó marcadamente el rendimiento/cabezuela.

2. Segunda Cosecha.

A pesar de la capacidad que tiene la planta de trébol blanco para ocupar los espacios vacíos, las diferencias en el número de estolones causadas por las densidades de siembra se mantuvieron inalteradas en la segunda cosecha, reflejándose en diferencias en la producción de inflorescencias. Se observó cierta tendencia a mayor número de cabezuelas emergidas en la densidad intermedia, la cual no se mantuvo a la cosecha. Esto, sumado al hecho de que no se observó variación en el rendimiento/cabezuela, determinó que no existieran diferencias en el rendimiento de semilla.

El efecto del riego presentó un comportamiento claramente similar al obtenido en la segunda cosecha del experimento A, incrementando el rendimiento de semilla (28%) por un marcado aumento del rendimiento/cabezuela (35%).

Globalizando, la variable Densidad de Siembra afectó principalmente el crecimiento y desarrollo de los estolones, lo que claramente se reflejó en las inflorescencias producidas y en menor medida en el rendimiento de semilla. Consistentemente con los resultados obtenidos por Clifford (1985b), la siembra con 3 kg./ha y 30 cm. de distancia entre hileras fue la opción más adecuada. Esta logró en ambas cosechas el mejor balance entre el crecimiento y expresión de los estolones.

V. DISCUSION GENERAL.

A. TIPO DE CULTIVAR.

El uso del trébol blanco en el Uruguay se basa principalmente en cultivares de hoja media a grande, siendo "Zapicán" el más ampliamente utilizado. El mismo presenta una floración temprana y abundante con un alto potencial de producción de semilla. Sin embargo, debido a su latitud de origen, cesa la iniciación floral en respuesta a las condiciones cálidas del verano, limitando así la capacidad de florecer durante dicha estación (Thomas, 1980). Por este motivo la posibilidad de una segunda cosecha económica en este tipo de trébol no es factible.

El material experimental utilizado en este estudio, de tipo ladino y con énfasis especial en la floración durante su selección (García, 1997), presentó un patrón de floración más tardío y extendido durante el verano, permitiendo la realización de dos cosechas de magnitud similar, totalizando unos 500 kg/ha de semilla.

B. DENSIDAD DE SIEMBRA.

Los resultados encontrados en este experimento son coincidentes con la información obtenida por varios autores (Zaleski, 1963; Clifford, 1985b; Perepravo et.al.1988), que indica que el incremento en la densidad de siembra se asocia con una disminución del rendimiento de semilla. Si bien las diferencias observadas en este trabajo no fueron de gran magnitud, los resultados sugieren que 3 kg/ha a 30 cm de entrefila sería la mejor alternativa, similar a la recomendada para Nueva Zelanda.

El efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de semilla estuvo exclusivamente relacionado con la producción de inflorescencias, no habiendo afectado el rendimiento/cabezuela.

C. NIVEL DE FOSFORO.

Los niveles de fósforo en el suelo de este experimento (10,8 y 22,6 ppm de P_2O_5 , Bray I) no produjeron efectos apreciables sobre el rendimiento de semilla en la primer cosecha, aún cuando el alto nivel de fósforo produjo un aumento significativo de la biomasa a la cosecha. En la segunda cosecha, en cambio, aún cuando las diferencias no fueron significativas, se observó una tendencia a aumentar los rendimientos de semilla en el nivel alto de fósforo, sin haberse producido aumentos concomitantes en la biomasa. Los efectos observados no permiten clarificar el rol de este factor, el cual además debe estar influido por el efecto año.

D. EPOCA DE CIERRE.

De acuerdo a las características de floración del trébol blanco “Zapicán”, la época normal de cierre es a fines de Agosto a primera quincena de Setiembre. Sin embargo, la línea experimental utilizada en este experimento, al presentar requerimientos fotoperiódicos más largos inicia la floración a mediados del mes de Octubre. Además, los cultivares de tipo ladino presentan un elevado potencial de producción de materia seca con altas tasas de crecimiento durante la primavera. Por lo tanto, la combinación de ambos factores (floración más tardía y alto potencial de producción de forraje) determina la necesidad de cierres más tardíos con respecto al “Zapicán”, evitando así acumulaciones excesivas de biomasa.

Las dos fechas de cierre utilizadas en este estudio (17 de Octubre y 10 de noviembre) presentaron una fuerte interacción con el contenido hídrico del suelo. En secano existió una clara ventaja en la producción de semilla en el cierre temprano, mientras que bajo riego el cierre tardío permitió obtener los máximos rendimientos en la primer cosecha (310 kg/ha, cuadro 21).

E. RIEGO.

Tal como se puede apreciar en los datos del anexo 1, las precipitaciones mensuales ocurridas durante el período experimental fueron en general similares o inferiores al promedio, con excepción del mes de Diciembre que fue claramente más húmedo. Si bien la precipitación anual y del período Setiembre-Febrero fue muy similar a la del promedio histórico, la variabilidad de las precipitaciones causó situaciones de estrés hídrico claramente evidentes en el campo. Estas estuvieron localizadas (figura 13) desde mediados de Noviembre a mediados de Diciembre, y luego a fin de Enero y Febrero. Los riegos en estos períodos permitieron crear condiciones diferenciales de humedad en el suelo que se reflejaron en los rendimientos de semilla.

El efecto positivo del riego sobre el rendimiento de semilla fue consistente para ambas cosechas de ambos experimentos (cuadro 21). El mismo fue claramente notorio en la primer cosecha de los tratamientos con el cierre tardío, en los cuales el rendimiento de semilla fue incrementado en un 35%. Se visualiza además, que la respuesta al riego fue más marcada en la segunda cosecha. Esto es lógico debido a que tanto la floración, como la fertilización y posterior llenado se desarrollaron durante los meses más cálidos.

Cuadro 21. Rendimiento de semilla (kg/ha) global y en ambas cosechas para los experimentos A y B.

Experimento A		1 ^a Cosecha		2 ^a Cosecha		Global	
			%		%		%
Riego	Cierre1	244	93	280	133	524	111
	Cierre2	310	118			590	125
Secano	Cierre1	262	100	210	100	472	100
	Cierre2	229	87			439	93
Experimento B		1 ^a Cosecha		2 ^a Cosecha		Global	
			%		%		%
Riego		232	94	259	128	491	109
Secano		246	100	202	100	448	100

Considerando los dos experimentos en conjunto, es claro que el riego afectó los componentes del rendimiento de semilla en forma diferente según el período considerado. Mientras que en la primer cosecha aumentó el número de cabezuelas, en la segunda cosecha incrementó el rendimiento/cabezuela (cuadro 22).

Cuadro 22. Efecto de la variable Riego sobre los componentes del rendimiento

N ^o cabezuelas/m ²	1 ^a Cosecha	2 ^a Cosecha
Cierre 1	+	0
Cierre 2	+	0
Mg./cabezuela		
Cierre 1	-	+
Cierre 2	0	+

+ efecto positivo del riego - efecto negativo del riego.
0 no hay efecto del riego.

Como ya fue mencionado el nivel hídrico en el suelo necesario para maximizar la producción de semilla debe ser inferior al requerido para lograr un óptimo crecimiento vegetativo (Lay, 1980; Clifford, 1986a). En función de esto, Clifford (1986a) sugiere que

el nivel de humedad debería mantenerse entorno al 25% del agua disponible en los primeros 20 cm de suelo.

Sin embargo, como se observa en la figura 13, el nivel promedio del agua disponible manejado en este experimento en los tratamientos bajo riego fue de un 61%. Por lo tanto se deriva que el nivel óptimo de humedad para maximizar el rendimiento de semilla, con este cultivar y bajo estas condiciones edáficas y ambientales, debe superar aquel mencionado por Clifford. Esto se observa del hecho de que el nivel de agua en los tratamientos bajo secano estuvo en promedio en un 54% y aún en estas condiciones existió respuesta positiva al riego. La discrepancia en relación a lo sugerido por Clifford es razonable si consideramos que dichos ensayos fueron realizados en Lincoln, Nueva Zelanda, bajo condiciones de temperatura (13° en promedio para el período Diciembre-Febrero) sensiblemente inferiores a las de Uruguay (Anexo 1).

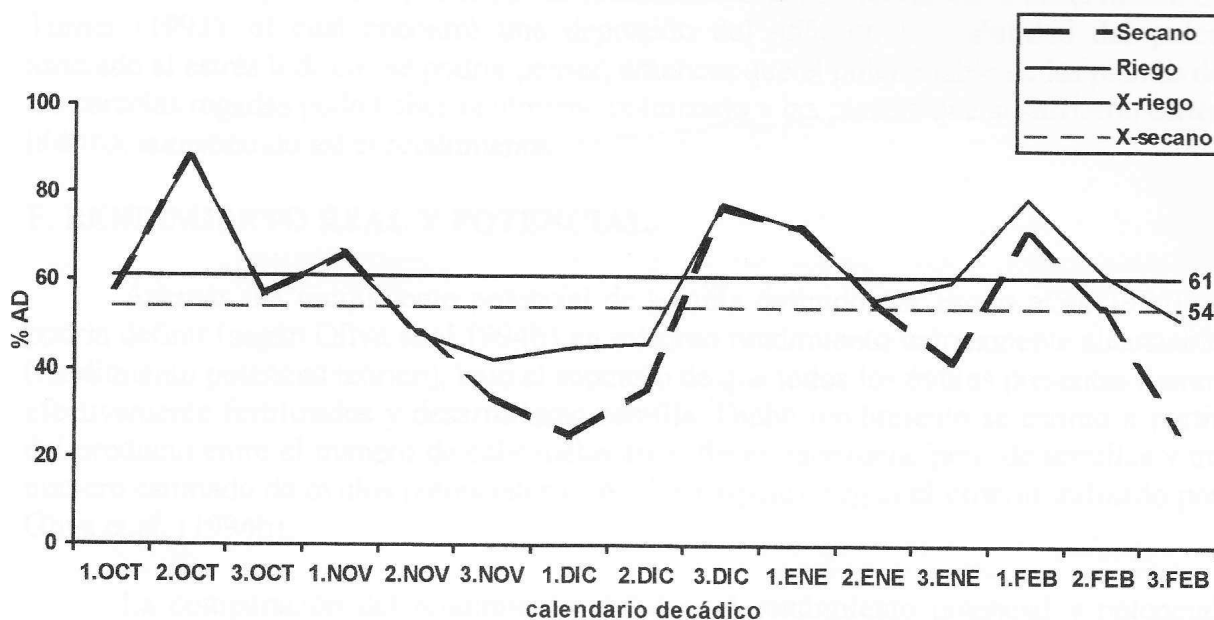


Figura 13. Balance hídrico decádico, como % de Agua Disponible en el suelo (AD) para el período de Octubre 97-Febrero 98.

Por otra parte, Oliva et.al.(1994b) en Oregon (EEUU) con el cultivar "Osceola", obtuvo el mayor rendimiento de semilla aplicando un único riego (hasta capacidad de campo) cuando el nivel de agua disponible había disminuido a un 32%. En estas condiciones encontró que el nivel de humedad óptimo para maximizar dicho rendimiento estuvo en promedio claramente por encima del 50% del agua disponible.

De estos resultados se desprende que el nivel de agua disponible necesario para maximizar el rendimiento de semilla depende de la interrelación de un conjunto de factores tales como características edáficas (textura y profundidad), ambientales (temperatura y evapotranspiración) así como características del cultivar (latitud de origen y morfofisiología). Por lo tanto los elementos a considerar para determinar el nivel óptimo de agua en el suelo deberían tener en cuenta estos factores, los cuales claramente varían de una región a otra, dificultando así la generalización de un único criterio.

Es interesante destacar que una diferencia del 7% del agua disponible entre los tratamientos con riego y secano fue suficiente para incrementar, en el caso de los tratamientos con el cierre tardío, un 25% el rendimiento de semilla.

Las diferencias en el rendimiento de semilla entre los tratamientos bajo riego y secano en este experimento pueden estar subestimadas si consideramos la observación de Turner (1993), el cual encontró una depresión del 45% en la viabilidad del polen asociado al estrés hídrico. Se podría pensar, entonces que el polen viable de las plantas de las parcelas regadas pudo haber fácilmente polinizado a las plantas que sí sufrieron estrés hídrico, aumentando así el rendimiento.

F. RENDIMIENTO REAL Y POTENCIAL.

Además del rendimiento potencial de semilla definido por Evans et.al.(1986) se podría definir (según Oliva et.al.1994b) un máximo rendimiento teóricamente alcanzable (rendimiento potencial teórico), bajo el supuesto de que todos los óvulos presentes fueran efectivamente fertilizados y desarrollaran semilla. Dicho rendimiento se estimó a partir del producto entre el número de cabezuelas/área, flores/cabezuela, peso de semillas y un número estimado de óvulos potenciales (7 óvulos/carpelo), según el criterio utilizado por Oliva et.al. (1994b).

La comparación del rendimiento real con el rendimiento potencial y potencial teórico puede darnos una aproximación, para este cultivar en particular, de la brecha existente entre los rendimientos obtenidos y los teóricamente alcanzables. El rendimiento de semilla expresado como porcentaje del rendimiento potencial teórico varió entre 24 y 28% para el rendimiento potencial y entre 10 y 18% para el rendimiento real (anexo 16). Estos valores son más bajos que los citados por Lorenzetti (1981), siendo 50% la relación rendimiento potencial/potencial teórico y 35% para rendimiento real/potencial teórico, pero bastante semejantes a los obtenidos por Oliva et al. (1994b); 25-46% y 11-22% respectivamente. Las variaciones genéticas para los componentes del rendimiento existentes entre los cultivares de trébol blanco (Evans et.al.1986; Van Bochstaele et.al.1988, citado por Oliva, 1994b), pueden explicar las diferencias observadas siendo el

cultivar utilizado en este estudio diferente al utilizado por Lorenzetti, pero muy similar al utilizado por Oliva.

Habría que considerar que no sólo el número de lugares potenciales para formar semilla es enorme en comparación con los rendimientos reales, sino que además la materia seca transferida a la semilla es una fracción muy pequeña en el total de la materia seca producida (Lorenzetti, 1981). La relación observada entre el rendimiento de semilla y la biomasa total producida (Índice de Cosecha) varió entre 4.8 y 11% (anexo 17), coincidiendo con la variación de 3.2 a 10.7% encontrada por Oliva et.al. (1994b).

G. INTERRELACIONES ENTRE COMPONENTES.

Comúnmente se asume que el componente más correlacionado con el rendimiento de semilla es el número de cabezuelas/área (Clifford, 1979; Thomas, 1981; Evans et.al.1986; Danyach-Deschamps et.al.1988). En este experimento se constató que mientras que en la primer cosecha el componente que más se correlacionó con el rendimiento de semilla fue el número de cabezuelas/área, en la segunda cosecha fue el rendimiento/cabezuela (cuadro 23). Dado un alto número de cabezuelas/área la producción de semilla puede ser fuertemente influenciada por el número de flores/cabezuela (Clifford, 1979) y/o semillas/flor (Mohamed, 1981, citado por Thomas, 1987). Por lo tanto el mayor número de cabezuelas maduras obtenido en la segunda cosecha (33%) en comparación con la primera, podría explicar el alto peso relativo del rendimiento/cabezuela.

Cuadro 23. Correlaciones entre rendimiento de semilla con sus componentes y entre la biomasa con las pérdidas de semilla a la cosecha.

	Primera cosecha		Segunda cosecha	
	Rendimiento	Biomasa	Rendimiento	Biomasa
Nº cabezuelas maduras/m ²	0.72**	-	0.50**	-
Rendimiento/cabezuela	0.63**	-	0.85**	-
Nº semillas/cabezuela	0.48**	-	0.82**	-
Peso-1000 semillas	NS	-	NS	-
Pérdidas de semilla	-	-0.58**	-	-0.57*

La pérdida excesiva de semillas es un aspecto de fundamental importancia debiendo constituir una preocupación permanente por parte del productor. Dichas pérdidas deben ser reducidas al mínimo tanto en circunstancias previas a la cosecha como durante dicho proceso y en todas las etapas de secado, limpieza y acondicionamiento. Carámbula (1981) sugiere que si bien en condiciones climáticas ideales pueden ocurrir

pérdidas que oscilan entre 15-25%, debido al mal tiempo reinante previó a la cosecha estas pueden alcanzar a un 30-40%, demostrando así la seriedad del problema.

Particularmente en el caso del trébol blanco son de gran importancia las pérdidas de semilla durante la cosecha. Las principales causas que determinan dichas pérdidas comprenden aspectos relacionados con la desuniformidad de maduración y altura de cabezuelas, así como con un excesivo ó escaso volumen de materia verde lo que se vincula con las prácticas de corte y recolección del forraje y posterior trilla.

La metodología de cosecha utilizada en este ensayo permitió evaluar únicamente las pérdidas asociadas al corte y más específicamente a las cabezuelas que por estar debajo de la altura de corte de la pastera no fueron levantadas. En el cuadro 23 y figura 14 se puede observar que existió una relación inversa entre la biomasa acumulada a la cosecha y las pérdidas de semilla. Parecería que cuando la biomasa se reduce por debajo de las 3 tt./ha de materia seca, las pérdidas se incrementan sustancialmente. Por lo tanto, habría que tener presente que ciertas prácticas de manejo tales como la fertilización fosfatada, la fecha de cierre y el riego estarán indirectamente relacionadas con dichas pérdidas a través del efecto que ejercen sobre el volumen de materia verde acumulada.

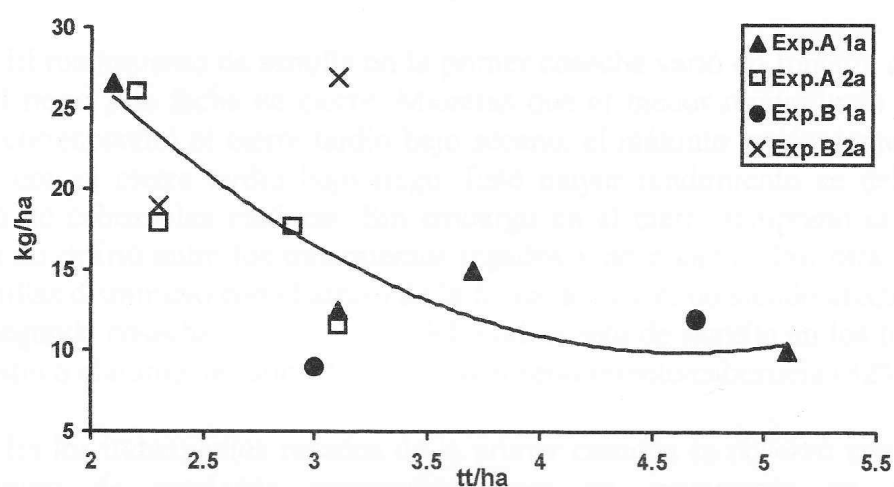


Figura 14. Relación entre biomasa (tt/ha) y pérdidas de semilla (kg/ha) a la cosecha.

VI. CONCLUSIONES

Este estudio ha reafirmado la importancia que tienen el manejo de variables tales como la densidad de siembra, nivel de fósforo, fecha de cierre y riego, como elementos claves para la obtención de altos rendimientos de semilla en trébol blanco. Paralelamente, permitió comprobar que con materiales de tipo ladino de las características de la línea experimental utilizada, es posible realizar dos cosechas económicas de magnitud similar. Los rendimientos promedios obtenidos fueron de 250 y 240 kg/ha para la primera y segunda cosecha respectivamente.

Tanto el riego como el cierre temprano incrementaron la producción de inflorescencias. Independientemente del riego, el atraso en la fecha de cierre concentró la floración. Si bien la emergencia total de cabezuelas fue similar para ambas cosechas, el máximo número de inflorescencias polinizables durante el pico de floración fue marcadamente superior en la segunda cosecha (160 y 250 cabezuelas/m²/semana para la primera y segunda cosecha respectivamente). Esto enfatiza la potencialidad de material para producir inflorescencias durante el período estival.

El rendimiento de semilla en la primer cosecha varió en función de la interacción entre el riego y la fecha de cierre. Mientras que el menor rendimiento de semilla (229 kg/ha) correspondió al cierre tardío bajo secano, el máximo rendimiento (310 kg/ha) se obtuvo con el cierre tardío bajo riego. Este mayor rendimiento se debió a un mayor número de cabezuelas maduras. Sin embargo en el cierre temprano el rendimiento de semilla no difirió entre los tratamientos regados y no regados. Por otra parte el peso de las semillas disminuyó con el atraso de la fecha de cierre, no siendo afectada por el riego. En la segunda cosecha el incremento del rendimiento de semilla en los tratamientos bajo riego estuvo claramente asociado a un mayor rendimiento/cabezuela (32%).

En los tratamientos regados de la primer cosecha se observó una disminución en el número de estolones acompañada por un incremento en el número de cabezuelas/estolón, no encontrándose diferencias para la segunda cosecha.

El efecto global del fósforo fue el de menor magnitud de todas las variables estudiadas y difirió entre ambas cosechas. Si bien el fósforo en la primer cosecha incrementó la biomasa acumulada, no afectó la producción de inflorescencias. Sin embargo en la segunda cosecha el mayor nivel de fósforo aumentó la emergencia de cabezuelas, observándose una leve tendencia al incremento en el rendimiento de semilla.

Como respuesta general a la variable densidad de siembra se pudo observar, en primer lugar, una tendencia a disminuir la producción de inflorescencias y el rendimiento de semilla en la mayor densidad de siembra (6 kg/ha). En segundo lugar se constató que la siembra a 3 kg/ha y 30 cm de entrefila fue la opción más adecuada, logrando la mejor combinación entre el número de estolones y el número de cabezuelas/estolón.

En ambos experimentos y en las dos cosechas, el riego tuvo un efecto positivo sobre la producción de semilla, a través de un aumento del número de cabezuelas en la primer cosecha y del rendimiento/cabezuela en la segunda cosecha. El nivel de agua manejado durante el experimento en los tratamientos bajo riego fue en promedio 61% del agua disponible.

La importancia relativa de los diferentes componentes sobre el rendimiento de semilla también varió para cada cosecha en particular. En la primer cosecha el número de cabezuelas maduras fue el componente más correlacionado con el rendimiento de semilla, mientras que para la segunda cosecha lo fue el rendimiento/cabezuela, explicado este por el número de semillas/inflorescencia.

Se encontró una relación inversa entre la biomasa acumulada y la cantidad de semilla no recogida luego del corte.

VII. RESUMEN.

En otoño de 1997 se instalaron dos ensayos en INIA “La Estanzuela” (32° 20’ S) con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes prácticas de manejo sobre la producción de semilla de una línea experimental de trébol blanco de tipo ladino. Se realizaron dos cosechas, una a fines de Diciembre de 1997 y la otra a principio de Marzo de 1998, con rendimientos promedio de 250 y 240 kg/ha, respectivamente. En el Experimento A se estudió el efecto de dos niveles de fósforo en el suelo (10 y 20 ppm de P₂O₅, Bray I), dos fechas de cierre (mediados de Octubre y mediados de Noviembre) y dos niveles hídricos (riego y secano) sobre la floración y el rendimiento de semilla. Los tratamientos bajo riego mantuvieron en promedio el nivel de agua disponible en los primeros 20 cm del suelo en un 61%. El riego tuvo efectos positivos aumentando el número de cabezuelas en la primer cosecha y el rendimiento/cabezuela en la segunda. En la primer cosecha, el riego presentó una fuerte interacción con la fecha de cierre: el menor rendimiento (229 kg/ha) correspondió al cierre tardío en secano, mientras que el máximo rendimiento (310 kg/ha) se obtuvo con el cierre tardío bajo riego. En la segunda cosecha el riego incrementó los rendimientos en un 33%. Los niveles de fósforo no afectaron los rendimientos de semilla. En el experimento B se evaluó el efecto de tres densidades de siembra (1.5 kg/ha – 30cm, 3.0 kg/ha– 30cm y 6.0 kg/ha– 15cm) y dos niveles hídricos similares a los del Experimento A. En la primer cosecha, la densidad alta estuvo asociado con una menor producción de cabezuelas y menores rendimientos de semilla, mientras que no hubo diferencias en la segunda cosecha. Los resultados sugieren que 3.0 kg/ha a 30 cm es la densidad más adecuada. La respuesta al riego en este ensayo fue similar a la del Experimento A.

VIII. SUMMARY.

In the autumn of 1997 two sets of experiments were established in INIA "La Estanzuela" (32° 20' S) aiming to evaluate the effect of different management practices on seed production of a new Ladino white clover experimental line. Two harvests were carried out, the first one on December 1997 and the second one on March 1998, yielding on average 250 and 240 kg/ha respectively. In Experiment A was studied the effect of two soil phosphorus's levels (10 and 20 ppm P₂O₅, Bray I), two closing dates (mid October and mid November) and two soil water status (irrigated and nonirrigated control) on flowering and seed yield. In the irrigated treatments, soil moisture available within the top 20-cm soil surface was maintained on average at 61%. In first harvest, irrigation increased the number of ripe heads/m², while in the second one, it increased yield/inflorescence. A strong interaction between irrigation and closing date was observed during first harvest: while the lowest seed yield (229 kg/ha) corresponded to nonirrigated crops closed in mid November, the highest seed yield (310 kg/ha) was achieved in the irrigated crops closed by mid November. Irrigation increased seed yield by 33% during second harvest. Soil phosphorus's level did not affect seed yield. In Experiment B, the effect of three sowing rates (1.5 kg/ha-30 cm, 3.0 kg/ha- 30 cm and 6.0 kg/ha- 15 cm) and two soil water status similar to Experiment A, were evaluated. During first harvest, the highest sowing rate was associated with low inflorescence production and low seed yield, while no differences were found in second harvest. This study suggests that 3 kg/ha- 30 cm is the most adequate sowing rate. Irrigation response in this Experiment was similar to that observed in Experiment A.

IX. BIBLIOGRAFIA.

1. ANDRADE, J.L.R. ; NABINGER, C. and PAIM, N.R. 1990. Efeitos de épocas de diferimento e frequências de corte na produção de forragem de sementes da cultivar "Guaiba S1" de trevo-branco. Campo Grande, Brazil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira vol. 25: 9, 1275-1282.
2. ANDRADE, J.L.R. ; NABINGER, C. and PAIM, N.R. 1990. Determination of closing date and cutting frequency for seed production of white clover cultivar "Jacui S2". Campo Grande, Brazil, Pesquisa Agropecuaria Brasileira vol. 25: 11, 1577-1584.
3. CARAMBULA, M. 1981. Producción de semilla de plantas forrajeras. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo, Uruguay pp : 518.
4. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
5. CHIACONE, B. y MUSANTE, R.E. 1986. Efecto del régimen hídrico sobre la producción de especies forrajeras: I. Producción de semilla de dos variedades de trébol blanco bajo dos regímenes hídricos. II. Producción de forraje de dos mezclas forrajeras bajo riego, seco. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 176pp.
6. CLIFFORD, P.T.P. 1977. Cultural methods for "Grasslands Pitau" white clover seed crops. New Zealand Journal of Experimental Agriculture vol. 5: 147-149.
7. CLIFFORD, P.T.P. 1979. Effect of closing date on potential seed yields from "Grassland Huia" and "Grassland Pitau" white clovers. New Zealand Journal of Experimental Agriculture vol. 7: 303-306.
8. CLIFFORD, P.T.P. 1980. Research in white clover seed production. Palmerston North, New Zealand, Herbage seed production. New Zealand Grassland Association Grassland Research and Practice Series nº 1: 64-67.
9. CLIFFORD, P.T.P. 1985a. Effect of leaf area on white clover seed production. Palmerston North, New Zealand, Producing Herbage Seeds, New Zealand Grassland Research. and Practices Series nº 2, Grassland Association: 25-31.
10. CLIFFORD, P.T.P. 1985b. Effect of cultural practice on potential seed yield components of "Grassland Huia" and "Grassland Pitau" white clover. Lincoln,

- New Zealand, *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* vol. 13: 301 – 306.
11. CLIFFORD, P.T.P. and McCARTIN S.J.M. 1985c. Effects of pre-harvest treatment and mower and header types on seed loss and hard seed content at mowing, recovery and separation when harvesting a white clover seed crop. *New Zealand, New Zealand Journal of Experimental Agriculture* vol. 13: 307–316.
 12. CLIFFORD, P.T.P. 1986a. Effect of closing date and irrigation on seed yield (and some of its components) of “Grassland Kopu” white clover. Lincoln, New Zealand, *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* vol. 14: 271-277.
 13. CLIFFORD, P.T.P. 1986b. Interaction between leaf and seed production in white clover (*Trifolium repens* L.). Lincoln, New Zealand, *Journal of Applied Seed Production* vol. 4: 37-43.
 14. CLIFFORD, P.T.P. 1987. Producing high seed yields from high forage producing white clover cultivars. *Journal of Applied Seed Production* vol. 5: 1-9.
 15. CLIFFORD, P.T.P. and ROLSTON M.P. 1989. Mineral nutrient requirements for white clover seed production. DSIR Grasslands, Christchurch, New Zealand, *Journal of Applied Seed Production* vol. 8: 54-58
 16. DANYACH-DESCHAMPS, M. and WERY, J. 1988. Effect of drought stress and mineral nitrogen supply on growth and seed yield of white clover in Mediterranean conditions. Montpellier, France, *Journal of Applied Seed Production* vol. 6: 14-19.
 17. DESSUREAUX, L. 1951. Ovule formation as a factor influencing seed setting of Ladino white clover. Ottawa, Canada, *Scientific Agriculture* vol. 31: 373-382.
 18. DIAZ LAGO, J.E. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 103pp.
 19. EVANS, D.R. ; WILLIAMS, T.A. and ELLIS DAVIES W. 1986. Potential seed yield of white clover varieties. Aberystwyth, U.K, *Grass and Forage Science* vol. 41: 221-227.
 20. FORMOSO, F. y ALLEGRI, M. 1980. Producción de forraje, semillas y persistencia de cinco cultivares y dos procedencias de trébol blanco (*Trifolium repens*) en la zona Noreste del Uruguay. *Investigaciones Agronómicas* n° 1: 3-6.

21. GARCIA, J.A. 1996. Variedades de trébol blanco. Colonia, Uruguay. Serie Técnica nº 70, INIA "La Estanzuela" pp. 1-12.
22. GARCIA, J.A. 1997. Selection for herbage yield and flowering in Ladino white clover. XIII International Grassland Congress, Canada.
23. HAGAN, R.M. ; PETERSON, M.L. ; UPCHURCH, R.P. and JONES, L.G. 1957. Relationships of soil moisture stress to different aspects of growth in Ladino clover. Proc. Soil Sciences. Society of America. vol. 21: 360-365.
24. HART, A.L. 1987. Physiology. In: Baker, M.J. and Williams, W.M. eds. White clover. Wallingford, UK, CAB International. pp. 126-140.
25. HOLLINGTON, P.A. ; MARSHALL, A.H. and HIDES, D.H. 1993. The effect of row spacing and cover-crop on stolon development and the seed yield seed of white clover cultivars of contrasting leaf size. Aberystwyth, UK; Grass and Forage Science vol. 48: 1-10.
26. HYDE, E. O. C. ; ALLISON McLEAVEY, M. and HARRIS, G.S. 1959. Seed development in Ryegrass, and in Red and White clover. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Journal of Agricultural Research vol. 2: 947-952.
27. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS (XVIII, 1996, Canada). Selection for Herbage yield and flowering in Ladino white clover. Garcia J.A. pp.: 4.23- 4.24
28. LAUDE, H.M. ; STANFORD, E.H. and ENLOE, J.A. 1959. Photoperiod, temperature, and competitive ability as factors affecting the seed production of selected clones of Ladino clover. California, USA, Agronomy Journal vol.50: 223-225.
29. LAY, J.K. 1980. White clover seed production with irrigation. Herbage Seed Production., New Zealand Grassland Association, Bulletin: 64-67.
30. MARSHALL, A.H ; JAMES, I.R. and HIDES, D.H. 1985a. The effect of spring application of grass-suppressing herbicides on the clover content and seed yield components of white clover in grass/white clover swards. Aberystwyth, UK, Journal of Applied Seed Production vol. 4: 1-4.

31. MARSHALL, A.H and HIDES, D.H. 1985b. Effect of growth regulators on seed yield components of white clover. Aberystwyth, UK, Journal of Applied Seed Production vol. 4: 5-7.
32. MARSHALL, A.H and HIDES, D.H. 1987. Modification of stolon growth and development of white clover (*Trifolium repens* L.) by growth regulators, and its influences on flower production. Aberystwyth, UK, Journal of Applied Seed Production vol. 5: 18-25.
33. MARSHALL, A.H and JAMES, I.R. 1988. Effect of plant density on stolon growth and development of contrasting white clover (*Trifolium repens*) varieties and its influence on the components of seed yield. Aberystwyth, UK, Grass and Forage Science vol. 43: 313-318
34. MARSHALL, A.H 1994. Seasonal variation in the seed yield components of white clover (*Trifolium repens*). Aberystwyth, UK, Plant Varieties and Seeds vol. 7: 97-105.
35. MENDENHALL, W. ; SCHEAFFER, R.L. y WACKERLY, D.D. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. México, D.F., Grupo Editorial Iberoamérica pp: 527-566.
36. OLIVA, R.N. ; STEINER, J.J and YOUNG, W.C. 1994a. Seed physiology, production and technology. White clover seed production: I. Crop water requirements and irrigation timing. Oregon, USA, Crop Science vol. 34: 762-767.
37. OLIVA, R.N. ; STEINER, J.J and YOUNG, W.C. 1994b. White clover seed production: II. Soil and plant water status on yield and yield components. Oregon, USA, Crop Science vol. 34: 768-774.
38. PASUMARTY, S.V. and THOMAS, R.G. 1990. Effect of canopy structure and light intensity on seed production in white clover. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Grassland Association vol. 52: 107-110.
39. PASUMARTY, S.V. ; HIGUCHI, S. and MURATA, T. 1995. Environmental influences on seed yield components of white clover. Morioka, Japan, Journal of Applied seed production vol. 13: 25-31.
40. PEREPRAVO, N.I. and ZOLOTAREV, V.N. 1988. Seed yield of white clover according to density of standing crop. Lugovaya, USSR, Soviet Agricultural Science n° 11: 25-28.

41. BRUCE-SMITH (1989). FAO design K*B*P trials in the mid-altitude zone of Yunnan Province, Southern China.. Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice-France : 103-104.
42. LORENZETTI, F (1981). Relationship between dry matter and seed yield in leguminous forage plants. In: Breeding high yielding forage varieties combined with high seed yield. Report of meeting in Merel-Beke-Gent, Belgium, 57-70.
43. FORMOSO, F. (1995) Producción de semillas de especies forrajeras. En: Seminario técnico: Producción y manejo de pasturas, INIA Tacuarembó, Uruguay: 85-92
44. THOMAS, R.G.1961. The influence of environment on seed production capacity in white clover (*Trifolium repens* L.) I. Controlled environment studies. Palmerston North, New Zealand, Australian Journal of Agricultural Research vol. 12: 227-238.
45. THOMAS, R.G.1980. Growth of white clover plant in relation to seed production. Palmerston North, New Zealand, Herbage Seed Production., New Zealand Grassland Association, Bulletin: 56-63.
46. THOMAS, R.G.1981a. Effect of defoliation on flower initiation in white clover in summer. Palmerston North, New Zealand, Grass and Forage Science vol. 36: 121-125.
47. THOMAS, R.G.1981b. The influence of environment on seed production capacity in white clover (*Trifolium repens* L.). II. Responses to the natural environment. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Journal of Agricultural Research vol. 24: 359-364.
48. THOMAS, R.G.1982. A comparison of the effects of environment on inflorescence initiation in nine lines of *Trifolium repens* L. New Zealand Journal of Botany vol. 20: 151-162.
49. THOMAS, R.G.1987a. The structure of the mature plant. In Baker, M.J. and Williams, W.M. eds. White clover. Wallingford, UK, CAB International. pp. 1-30.
50. THOMAS, R.G.1987b. Vegetative growth and development. In Baker, M.J. and Williams, W.M. eds. White clover. Wallingford, UK, CAB International. pp. 32-49.

50. THOMAS, R.G. 1987b. Vegetative growth and development. In Baker, M.J. and Williams, W.M. eds. White clover. Wallingford, UK, CAB International. pp. 32-49.
51. THOMAS, R.G. 1987c. Reproductive development. In Baker, M.J. and Williams, W.M. eds. White clover. Wallingford, UK, CAB International. pp. 63-124.
52. THOMAS, R.G. 1991 Maximising seed production potential in white clover: factors influencing seed set per floret. Palmerston North, New Zealand, Agronomy Society of New Zealand Special Publication n° 11, Grassland Research and Practice Series n° 6: 41-44.
53. TURNER, L.B. 1993. The effect of water stress on floral characters, pollination and seed set in white clover (*Trifolium repens* L.). Aberystwyth, UK, Journal of Experimental Botany vol. 44, n° 262: 1155-1160.
54. WRIGTH, N.Q. 1980 White clover seed production without irrigation. Herbage Seed Production., New Zealand Grassland Association, Bulletin: 68-69
55. ZALESKI, A. 1961. White clover investigations: I. Effect of seed rate and cutting treatments on flower formation and seed yield. Journal of Agricultural Science vol. 57: 199-212.
56. ZALESKI, A. 1964. Effect of density of plant population, photoperiod, temperature and light intensity on inflorescence formation in white clover. Cambridge, UK, Journal of the British Grassland Society vol. 19: 237-247.

IX. ANEXO.

Anexo 1. Precipitaciones (mm), temperatura media y temperatura máxima (°C), valores mensuales durante el experimento y promedios históricos.

Año	Mes	Precipitaciones		Temp. media del aire		Temp. máxima del aire		
		Real	Promedio	Real	Promedio	Real	Promedio	
1997	4	61.9	86.6	18.0	16.8	24.0	22.0	
	5	79.7	82.4	15.5	13.7	20.8	18.6	
	6	84.5	71.9	10.9	10.5	14.8	15.0	
	7	46.0	71.9	12.1	10.2	16.6	14.7	
	8	86.2	74.0	13.1	11.4	17.9	16.4	
	9	46.6	80.8	12.7	13.1	17.6	18.3	
	10	114.8	110.3	15.9	15.8	20.7	21.1	
	11	72.0	114.1	18.4	18.7	23.5	24.1	
	12	226.5	102.0	19.8	21.6	25.0	27.5	
	1998	1	87.3	95.2	21.3	23.0	26.7	28.9
		2	74.0	113.2	20.3	22.0	25.0	27.6
		3	137.8	117.3	19.2	20.2	24.3	25.8
mm. acumulados Set./Feb		621.0	616.0					
mm. totales anuales		1117.0	1120.0					

Anexo 2. Cronograma de las actividades realizadas durante el experimento.

23/04/97	Siembra en línea.
30/04/97	Fertilización con fósforo (superfosfato simple) en cobertura.
05/05/97	Riego de todo el ensayo (7 mm).
04/06/97	Aplicación de herbicida (Preside: 400 cm ³ /ha).
26/06/97	Conteo de plántulas (determinación del % de implantación).
22/08/97	Aplicación de herbicida (Preside: 400 cm ³ /ha).
26/08/97	Corte con pastera de todo el ensayo.
27/08/97	Aplicación de herbicida (Verdict: 1 l/ha).
11/09/97	Corte con pastera de todo el ensayo y desmalezado manual.
18/09/97	Riego de todo el ensayo (15 mm).
26/09/97	Corte con pastera de todo el ensayo y desmalezado manual.
27/09/97	Riego de todo el ensayo (7 mm).
17/10/97	Fecha de cierre temprano. Corte con pastera de todo el ensayo.
30/10/97	Corte con pastera de los tratamientos con cierre tardío.
03/11/97	Conteo de estolones en los tratamientos con cierre temprano.
10/11/97	Fecha de cierre tardío y corte con pastera de los mismos.
14/11/97	Desmalezado manual en los tratamientos con cierre tardío.
24/11/97	Riego (15 mm). Conteo de estolones en los tratamientos con cierre tardío.
05/12/97	Riego (30 mm).
29-30/12/97	Cosecha para los tratamientos bajo secano.
5-6-7/12/97	Cosecha para los tratamientos bajo riego.
26/01/98	Riego (30 mm).
12/02/98	Aplicación de insecticida (Lorsban, 1 l/ha) para controlar Epinotia Aporema.
17/02/98	Riego (30 mm).
26/02/98	Cosecha para los tratamientos bajo secano.
03/03/98	Cosecha para los tratamientos bajo riego.

Anexo 3. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 1^a Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS			PRIMERA COSECHA					
Riego	Cierre	Fósforo	N°inf. polinizables Totales/m²	Rend. (kg/ha)	N°cab. Maduras /m²	Rend (mg)/cab. Maduras	N°cab. Verdes/m²	Pérdidas (kg/ha) semilla
Riego	C1	F1	753	236	514	42.2	298	9.0
	C1	F2	740	253	466	47.5	312	11.0
	C2	F1	633	313	512	56.7	273	19.0
	C2	F2	641	308	496	55.4	283	11.0
Secano	C1	F1	542	275	457	57.2	164	10.0
	C1	F2	609	249	419	57.1	173	14.0
	C2	F1	512	229	388	54.3	176	26.0
	C2	F2	512	230	370	58.1	169	27.0
Media			618.1	261.7	453	53.6	231	15.8
CV %			10.4	20.1	13.8	11.2	16.2	46.3
ANOVA								
CME	gl.							
Riego	1		176042.6**	8158.8	62191.0***	31.0*	117748***	320.0
Error(a)	3		79923.9	5659.7	9370.4	4.0	1367.1	193.6
Cierre	1		59123.0***	2202.4	4199.0	21.0**	1081.8	733.4***
Fósforo	1		2070.4	81.6	7296.3	3.0	295.2	0.005
R X C	1		4155.3	19574.2**	10627.7	29.0***	1824.1	190.1*
R X F	1		2572.1	656.6	34.7	0.56	231.6	61.6
C X F	1		1028.0	10.5	1392.0	0.44	175.7	73.2
Error (b)	19		4132.5	2763.3	3929.6	4.0	1392.3	53.7

Anexo 4. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 1^a Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS								
Riego	Cierre	Fósforo	Peso(g) 1000 semillas	N° Estolones cierre	N° estolones cosecha	Biomasa (tt./ha)	Altura (cm) forraje	Altura (cm) cabezuela
Riego	C1	F1	0.605	210	244	5.0	29	28
	C1	F2	0.617	214	265	5.2	32	31
	C2	F1	0.605	220	265	3.3	26	27
	C2	F2	0.588	208	275	4.1	29	30
Secano	C1	F1	0.621	202	297	2.8	20	24
	C1	F2	0.621	213	280	3.3	23	27
	C2	F1	0.590	202	290	1.9	14	16
	C2	F2	0.565	219	356	2.2	17	17
Media			0.602	211.2	284	3.5	23.8	25.1
CV %			4.12	9.6	11.8	15.9	7.4	8.1
ANOVA								
CME	gl.							
Riego	1		0.00004	138.8	15303.9*	26665.1**	892.5**	521.0**
Error(a)	3		0.00011	1135.5	1994.1	997.7	32.2	34.3
Cierre	1		0.007***	47.2	4997.2**	114720.1***	175.8***	200.0***
Fósforo	1		0.00067	216.9	3242.8	1611.9**	52.5***	45.1***
R X C	1		0.002	3.8	702.7	349.0	26.3***	112.5***
R X F	1		0.00037	651.6	162.9	49.9	0.28	1.1
C X F	1		0.001	47.2	2507.0	38.8	0.03	1.1
Error(b)	19		0.001	407.5	1115.8	308.5	3.07	4.2

Anexo 5. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 2^a Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS		SEGUNDA COSECHA					
Riego	Fósforo	N°inf. polinizables Totales/m ²	Rendimiento (kg/ha)	N°cab. Maduras /m ²	Rend(mg) /cab. Maduras	N°cab. Verdes /m ²	Pérdidas (kg/ha) semilla
Riego	F1	603	266	548	41.2	200	14.4
	F2	655	300	614	44.4	189	14.9
Secano	F1	458	210	626	32.6	214	21.0
	F2	504	210	630	32.2	190	22.9
Media		555.5	247	604.8	38.0	198.3	18.3
CV %		6.8	16.5	13.6	11.7	40.5	39.6
ANOVA							
CME	gl.						
Riego	1	175347.6***	4379.9**	17698.6	1.0**	532.3	427.8**
Error(a)	3	2540.6	283.2	7550.7	0.0475	3426.2	105.0
Fósforo	1	19300.8***	311.5	9736.3	0.0170	2361.9	11.8
R X F	1	87.0	308.0	7550.0	0.03	329.9	3.5
Error(b)	19	1418.9	166.5	6750.0	0.0224	6440.2	52.9

Anexo 6. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 2^a Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS						
Riego	Fósforo	Peso(g)-1000 semillas	Altura (cm) cabezuela	Altura (cm) forraje	Biomasa (tt./ha)	N° estolones cosecha
Riego	F1	0.551	21	18.7	3.1	224
	F2	0.559	20	16.7	2.8	257
Secano	F1	0.563	20	17.3	2.3	257
	F2	0.564	19.4	17.6	2.2	277
Media		0.560	20.1	17.6	2.6	254
CV %		3.8	9.5	9.6	18.7	18.9
ANOVA						
CME	gl.					
Riego	1	0.000592**	4.5	0.5	4345.7*	5567.9
Error(a)	3	0.000054	2.1	2.9	547.9	1411.9
Fósforo	1	0.000210	6.1	6.1	298.7	5567.9
R X F	1	0.000110	0.5	10.1*	56.8	312.3
Error(b)	19	0.000540	3.7	2.8	237.8	2296.1

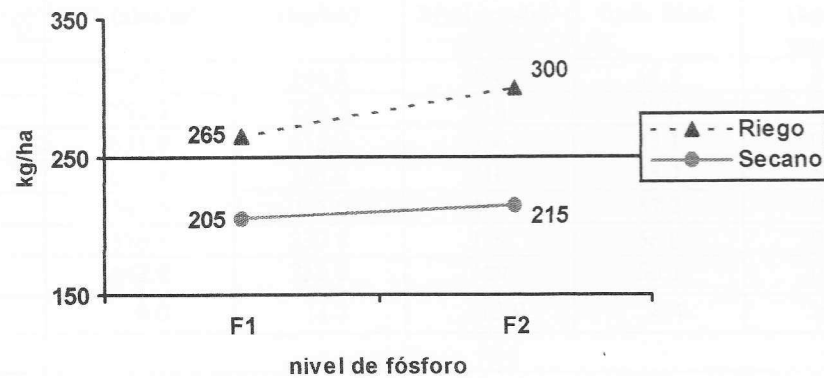
Anexo 7. Rendimiento Potencial: promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 1ª Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS		PRIMERA COSECHA					
Riego	Cierre	Nº cabezuela madura /m ²	Rend(mg) / cab. madura	Nº Flores/ cabezuela	Nº Semillas / flor	Peso(g)- 1000 Semillas	Rend. (kg/ha) potencial
Riego	C1	514	69.0	74.5	1.63	0.54	362
	C2	512	75.0	79.5	1.85	0.53	387
Secano	C1	457	93.0	96.0	1.89	0.52	427
	C2	388	92.0	96.3	1.94	0.49	358
Media		467.9	82.0	86.6	1.83	0.52	384
CV %		16.1	17.5	8.5	13.22	5.30	30.1
ANOVA							
CME	gl.						
Riego	1	32670.6**	2.0**	1463.1***	0.12	0.004**	1207.6
Error bloque	3	2111.6	0.22	20.1	0.01	0.001	3641.2
Cierre	1	5220.1	0.04	27.6	0.07	0.002	1914.1
R X C	1	4455.6	0.06	22.6	0.03	0.00004	8789.1
Error residual	9	5660.0	0.25	54.1	0.06	0.001	13344.8

Anexo 8. Rendimiento Potencial: promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 2ª Cosecha del Experimento A.

TRATAMIENTOS		SEGUNDA COSECHA					
Riego		Nºcabezuela madura /m ²	Rend(mg)/ cabezuela madura	Nº Flores/ cabezuela	Nº Semillas/ flor	Peso(g)- 1000 Semillas	Rend. (kg/ha) potencial
Riego		548.4	80	86.2	1.8	0.55	453.2
Secano		626.1	80	93.5	1.7	0.51	501.0
Media		587.2	80	89.9	1.75	0.53	477.4
CV %		14.5	18	9.9	13.2	5.8	20.2
ANOVA							
CME	gl.						
Riego	1	24180.2*	0.03	210.2	0.035	0.005**	9312.2
Error bloque	3	12976.5	0.09	18.4	0.025	0.001	13721.4
Error residual	9	7291.3	0.26	79.5	0.053	0.001	9279.2

Anexo 9. Rendimiento (kg/ha) de semilla para riego, seco, bajo (F1) y alto (F2) nivel de fósforo.



Anexo 10. Número de semillas /m lineal y /m² para las diferentes densidades de siembra.

Densidad (kg/ha)	Distancia entrefila (m)	Semilla /m de surco	Semillas/m ²
1,5	0,30	75	250
3,0	0,30	150	500
6,0	0,15	150	1000

Anexo 11. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 1ª Cosecha del Experimento B.

TRATAMIENTOS		PRIMERA COSECHA				
Riego	Densidad (kg/ha)	Nº inf. poliniz. Totales/m ²	Rendimiento (kg/ha)	Nº cab. Maduras/m ²	Rend(mg) /cab. Mad	Pérdidas (kg/ha) semilla
Riego	1.5	790.1	244.0	496	44.8	8.5
	3.0	753.3	236.2	514	42.2	9.4
	6.0	631.8	216.3	436	45.1	18.4
Secano	1.5	630.4	235.9	410	55.3	6.8
	3.0	541.5	275.0	457	57.2	9.6
	6.0	516.5	227.6	379	56.0	9.6
Media		643.9	239.2	449	50.1	10.4
CV %		8.0	11.8	13.9	8.4	56.2
ANOVA						
CME	gl.					
Riego	1	157897.0*	1176.1	26651.7	88.0*	70.7
Error(a)	3	15844.5	9394.5	12267.6	10.0	113.1
Densidad	2	37104.0***	2275.8*	12424.9*	0.18	86.4
R X D	2	4665.9	1105.6	566.8	1.0	45.0
Error(b)	12	2663.4	797.1	3894.0	2.0	34.3

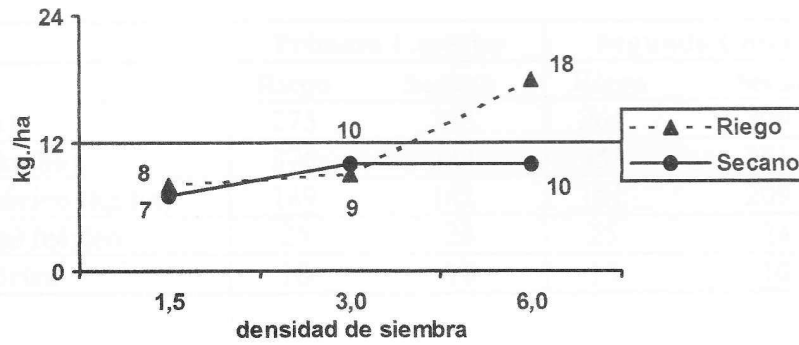
Anexo 12. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para 1ª Cosecha del Experimento B.

TRATAMIENTOS						
Riego	Densidad (kg/ha)	Nº estolones cierre	Nº estolones cosecha	Biomasa (tt./ha)	Altura (cm) forraje	Altura (cm) cabezuela
Riego	1.5	181.9	243.7	4.7	31.2	30.0
	3.0	210.4	243.7	5.0	29.2	28.2
	6.0	213.1	268.7	4.3	31.7	29.0
Secano	1.5	190.9	259.6	3.0	19.5	23.5
	3.0	202.0	297.1	2.8	20.5	24.2
	6.0	206.2	279.1	3.3	22.5	25.0
Media		200.7	265.3	3.8	25.8	26.7
CV %		11.6	12.4	13.8	8.7	10.5
ANOVA						
CME	gl.					
Riego	1	26.0	4249.5	16144.2***	590.0***	140.2**
Error(a)	3	1148.5	2857.1	348.7	9.0	12.9
Densidad	2	1259.3	1142.6	15.3	11.2	1.2
R X D	2	186.0	1096.3	609.3	5.2	4.2
Error(b)	12	541.8	1087.3	283.7	5.1	7.8

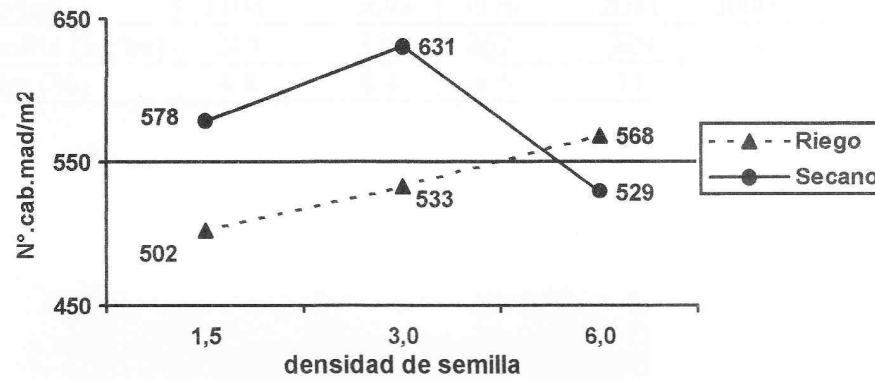
Anexo 13. Promedios por tratamiento y Análisis de Varianza para y 2ª Cosecha del Experimento B.

TRATAMIENTOS		SEGUNDA COSECHA				
Riego	Densidad (kg/ha)	Nº inf. poliniz. Totales/m²	Rendimiento (kg/ha)	Nº cab. Maduras/m²	Rend(mg) /cab. Mad	Pérdidas (kg/ha) semilla
Riego	1.5	559.6	257.2	502.6	42	14.8
	3.0	624.0	249.6	533.2	39	17.6
	6.0	566.0	269.3	568.6	42	23.7
Secano	1.5	497.8	198.1	578.3	32	24.0
	3.0	480.4	208.4	631.1	32	24.6
	6.0	456.8	198.3	529.7	36	30.7
Media		530.9	230.1	557.2	37	22.6
CV %		6.5	16.6	12.2	9.6	39.1
ANOVA						
CME	gl.					
Riego	1	62229.6**	1958.1*	12093.3	0.27**	358.8
Error(a)	3	4210.2	227.1	12631.4	0.01	88.8
Densidad	2	3327.9*	8.5	3863.9	0.019	134.9
R X D	2	3387.7*	44.9	10773.6	0.007	3.4
Error(b)	12	1176.2	146.0	4614.1	0.01	77.8
TRATAMIENTOS						
Riego	Densidad (kg/ha)	Nº estolones cosecha	Biomasa (tt./ha)	Altura(cm) forraje	Altura(cm) cabezuela	
Riego	1.5	234.7	2.94	17.0	20.0	
	3.0	256.2	3.26	20.0	22.0	
	6.0	277.7	3.23	18.0	20.5	
Secano	1.5	263.1	2.32	17.7	21.2	
	3.0	272.1	2.31	17.5	20.5	
	6.0	295.7	2.33	18.7	20.7	
Media		266.6	2.73	18.2	20.8	
CV %		11.5	13.7	10.4	9.5	
ANOVA						
CME	gl.					
Riego	1	2602.7*	4126.8**	0.67	0.00	
Error(a)	3	291.8	407.9	11.22	9.33	
Densidad	2	2898.6*	64.6	4.04	1.04	
R X D	2	89.6	66.0	7.04	3.87	
Error(b)	12	942.3	140.5	3.54	3.96	

Anexo 14. Pérdidas de semilla (kg/ha) a la cosecha para riego, secano y las tres densidades de siembra.



Anexo 15. Número de cabezuelas maduras para riego, secano y las tres densidades de siembra.



Anexo 16. Rendimiento potencial teórico, potencial, real y relaciones entre rendimiento potencial y real con el potencial teórico.

	Primera Cosecha		Segunda Cosecha	
	Riego	Secano	Riego	Secano
Rend. Real (kg/ha)	275	252	264	209
Rend. Potencial (kg/ha)	375	393	453	501
Rend.Potencial teórico (kg/ha)	149	142	181	209
Potencial/Potencial teórico	25	28	25	24
Real/Potencial teórico	18	18	15	10

Anexo 17. Rendimiento de semilla, biomasa e índice de cosecha para la primera y segunda cosecha.

	Primera Cosecha				Segunda Cosecha	
	Riego		Secano		Riego	Secano
	C1	C2	C1	C2		
Biomasa (MS kg/ha)	5104	3698	3070	2081	3000	2200
Rendimiento semilla (kg/ha)	244	310	262	229	284	210
Indice de Cosecha (%)	4.8	8.4	8.5	11	9.5	9.5