



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SELECCION POR PRODUCCION DE SEMILLA
EN MEJORAMIENTO GENETICO DE TREBOL ROJO
(*Trifolium pratense L.*)

FACULTAD DE AGRONOMIA

por

DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

Santiago LUZARDO VILLAR
Marcelo PARODI BUSCHIAZZO

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

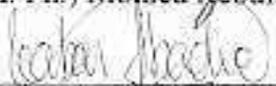
MONTEVIDEO
URUGUAY
1998

Tesis aprobada por:

Director:



Ing. Agr. (M. Ph.) Mónica Rebuffo



Ing. Agr. (Ph. D.) Tabaré Abadie



Ing. Agr. (M. Sc.) Francisco Formoso

Ing. Agr. (M. Sc.) Juan C. Millot

Fecha : _____

Autor: _____

Marcelo Parodi

Santiago Luzardo

AGRADECIMIENTOS.

A Mónica Rebuffo por su asesoramiento, información, orientación y corrección del trabajo.

A Tabaré Abadie por su continuo asesoramiento y orientación en este trabajo.

A Sergio Ceretta y Marcos Malosetti por su asesoramiento en el análisis estadístico.

A María José Cuitiño por su colaboración.

Al personal de la sección Forrajeras por la colaboración prestada en la etapa de campo.

A Graciela Vila y Alejandra Díaz por su ayuda prestada en la búsqueda de información bibliográfica.

A la Dirección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y de la Estación Experimental La Estanzuela, por permitir la realización de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IV-V
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
2.1. ASPECTOS GENERALES	2
2.2. DESCRIPCION DEL CULTIVO	3
2.3. RENDIMIENTO DE SEMILLA Y SUS COMPONENTES	4
2.4. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA	4
2.4.1. <u>Flores por cabezuela (tamaño de cabezuela)</u>	4
2.4.2. <u>Polinizadores</u>	5
2.4.3. <u>Largo de corola</u>	7
2.4.4. <u>Condiciones ambientales</u>	8
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	9
3.1. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO	9
3.2. ESTRUCTURA GENETICA DE LOS TRATAMIENTOS	10
3.3. CARACTERIZACION AGROCLIMATICA	11
3.4. DETERMINACIONES	12
3.4.1. <u>Rendimiento por parcela</u>	12
3.4.2. <u>Rendimiento por cabezuela</u>	12
3.4.3. <u>Precocidad de floración</u>	12
3.5. ANALISIS ESTADISTICO	12
4. <u>RESULTADOS</u>	14
4.1. PRECOCIDAD DE FLORACION	14
4.2. RENDIMIENTO POR PARCELA	16
4.3. RENDIMIENTO POR CABEZUELA	18
4.4. CORRELACIONES	20
4.5. ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	22
4.6. VARIANZAS ADITIVAS Y CORRELACIONES FENOTIPICAS Y ADITIVAS	23

5. <u>DISCUSION</u>	26
5.1. RENDIMIENTO POR PARCELA	26
5.2. RENDIMIENTO POR CABEZUELA	28
5.3. PRECOCIDAD DE FLORACION	28
5.4. ESTUDIO GENETICO DE LAS POBLACIONES 2 Y 3	29
6. <u>CONCLUSIONES</u>	31
7. <u>RESUMEN</u>	32
8. <u>SUMMARY</u>	34
9. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	35
10. <u>ANEXO</u>	38

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Heliofania relativa durante el periodo de floración y semillazón (diciembre 97- febrero 98) en comparación con la serie histórica	11
2. Precipitaciones durante el período de floración y semillazón en comparación con la serie histórica	11
3. Test de Wald para precocidad de floración	14
4. Precocidad de floración promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnet	14
5. Test de Wald para rendimiento por parcela	16
6. Rendimiento por parcela promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnet	16
7. Test de Wald para rendimiento por cabezuela	18
8. Rendimiento por cabezuela promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnet	18
9. Correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas para los 89 tratamientos	20
10. Asociación entre las variables e incidencia de los componentes en la varianza total	22
11. Varianzas aditivas para la población 2	24
12. Varianzas aditivas para la población 3	24
13. Correlaciones fenotípicas y genético-aditivas (en negrita) para la población 2	24
14. Correlaciones fenotípicas y genético-aditivas (en negrita) para la población 3	25

Figura N°

1. Precocidad de floración para las tres poblaciones (1: muy precoz, 5: muy tardío)	15
2. Rendimiento por parcela (en gramos) para las tres poblaciones	17
3. Rendimiento por cabezuela (en miligramos) para las tres poblaciones	19
4. Relación entre rendimiento por parcela (en gramos) y rendimiento por cabezuela (en miligramos) para cada población	20
5. Relación entre precocidad de floración y rendimiento por parcela (en gramos) para cada población	21
6. Relación entre precocidad de floración y rendimiento por cabezuela (en miligramos) para cada población	21
7. Análisis de componentes principales y distribución de las poblaciones ...	23

1. INTRODUCCION

El trébol rojo es una leguminosa perenne de vida corta, de clima templado, característica de regiones húmedas con temperaturas moderadas a frescas (Forde *et al.*, 1989). La especie se destaca por el vigor inicial de sus plántulas (Smith *et al.*, 1985), lo que le permite establecerse rápidamente y ofrecer muy buenos rendimientos desde el primer año de siembra. Este comportamiento compensa su vida corta y justifica su inclusión para mezclas en praderas permanentes, las cuales normalmente no son muy productivas en el primer año.

Uno de los principales problemas que presenta el trébol rojo es su escasa persistencia, determinada por un complejo de factores, entre los cuales podemos destacar virus, insectos y fundamentalmente enfermedades de raíz y corona. Esto determina que en nuestras condiciones se comporte como bianual.

En nuestro país, la variedad que se siembra es mayoritariamente Estanzuela 116. Dicha variedad pertenece al grupo de materiales de floración temprana. Es de porte semi-erecto, bianual y sin latencia invernal. Se destaca por su precocidad, producción total e invernal (García *et al.*, 1991). También han sido evaluados materiales de diversos orígenes, destacándose las variedades Redman, Kenland y Arlington de origen americano. En las evaluaciones realizadas en La Estanzuela, dichas variedades presentaron floración intermedia, buenos rendimientos y mayor persistencia que Estanzuela 116. También se caracterizan por poseer siempre cierto grado de reposo invernal, siendo claramente superadas por Estanzuela 116 en las tasas de crecimiento de esta estación.

Díaz (1995), analizando las tasas de crecimiento de lotus, trébol blanco, alfalfa y trébol rojo, observó que si bien éstas eran similares y bajas durante el otoño y el invierno del primer año, el trébol rojo y el trébol blanco presentaban valores mayores que lotus y alfalfa. A partir de mediados de agosto comienza un período de aumentos progresivos en la producción diaria de forraje, destacándose especialmente el trébol rojo y dentro de éste la variedad Estanzuela 116. Esta variedad alcanza una tasa máxima de crecimiento de 72 kg/ha/día de MS en noviembre del primer año, no siendo superada por ninguna otra leguminosa. Esto explica el mayor potencial de rendimiento de materia seca de esta especie en el primer año.

Teniendo en cuenta la productividad y el mayor aporte invernal de esta leguminosa, la inclusión de esta especie adquiere particular importancia en sistemas intensivos de producción. Tal es el caso de los sistemas lecheros, en donde la siembra de esta especie en mezcla con avena, resulta en importantes ofertas de forraje en el período invernal. También se caracteriza por adaptarse muy bien en siembras asociadas al poseer un alto grado de tolerancia a la sombra. Sin embargo, no es una leguminosa

atractiva para la producción de semilla, debido principalmente a la imposibilidad de los productores para lograr altos rendimientos de semilla por hectárea. Las bajas expectativas de rendimiento, son consecuencia del desconocimiento del manejo del cultivo, muy especialmente respecto de la población de polinizadores y de las condiciones climáticas variables y adversas durante el período reproductivo. A pesar de esto, se trata de una especie con muy buenas posibilidades de producción de semillas, ya que además de disponerse de variedades de muy buen potencial reproductivo, su alta respuesta al riego suplementario ofrece perspectivas muy interesantes para formar parte de rotaciones, con todas las ventajas que supone la inclusión de una leguminosa en dichos sistemas de producción (Carámbula, 1981).

El programa de mejoramiento de trébol rojo desarrollado en INIA tiene entre sus objetivos, obtener materiales más persistentes y con mayor producción de semillas, manteniendo un ciclo de producción de forraje similar al de Estanduela 116. Dentro de este marco, el objetivo de este trabajo es estudiar el potencial de mejoramiento genético en producción de semilla en las progenies de trébol rojo y evaluar la relación de algunos parámetros de selección indirectos asociados con esta característica.

2. REVISION

2.1 ASPECTOS GENERALES

En una encuesta realizada a productores semilleristas en 1989 (García *et al*, 1991) se estableció que el rendimiento de semilla promedio a nivel nacional para trébol rojo es de 119 kg/ha. Sin embargo, existe un amplio rango de rendimientos que van desde 45 kg/ha hasta un máximo de 225 kg/ha. Esto sugiere que con la tecnología disponible es posible aumentar sustancialmente los rendimientos, ya que están muy por debajo del potencial de la especie y de los niveles de rendimientos obtenidos en otros países.

En los Estados Unidos, más del 90% de la producción de semilla de trébol rojo se encuentra en las regiones húmedas del este y centro del país, donde los rendimientos promedios raramente alcanzan los 135 kg/ha. En contraste, los rendimientos de semilla promedian entre 335 y 560 kg/ha anualmente en las regiones áridas con riego de los estados de la Costa Pacífica (Rincker *et al*, 1977). Por otra parte, Guy *et al* (1988) en trabajos realizados en Suiza, para una serie de años (1977-1986) encontraron que los rendimientos promedios se ubicaban en el rango de 250 a 450 kg/ha y los máximos rendimientos se ubicaban en el rango de 450 a 900 kg/ha.

Stoddart (1960) en Gales identificó algunos factores como los responsables de los bajos rendimientos de semillas: 1) falta o insuficiencia de agentes polinizadores

durante la floración; 2) bajo número de inflorescencias por unidad de área; 3) condiciones ambientales desfavorables durante la polinización y maduración de las semillas. Por otro lado, Vavilov (1977) en Rusia, también determinó que los principales factores responsables de los bajos rendimientos son: falta de insectos polinizadores, bajas temperaturas y elevada humedad durante la floración y las fases de formación de semilla.

En Uruguay a partir de una encuesta realizada por el Proyecto Forrajeras de La Estanzuela, los productores semilleristas identificaron al manejo previo, número de colmenas y fecha de cierre como los principales factores limitantes en la producción de semilla de trébol rojo. En cuanto al problema del enmalezamiento, en los últimos años, ha tenido una incidencia importante la cúscuta. El 57% de los encuestados declaró tener problemas importantes de enmalezamiento, lo que parece estar asociado con reducciones en el rendimiento del orden del 5% (García *et al.*, 1991).

2.2 DESCRIPCION DEL CULTIVO

Las plantas de trébol rojo son pilosas, con un sistema radicular compuesto por una raíz principal pivotante y ramificada en una serie de raíces secundarias superficiales. La corona está ubicada sobre la superficie del suelo, a partir de la cual se producen tallos semi-erectos y ramificados con hojas muy pilosas y de formas variadas (Carámbula, 1977).

El tipo de crecimiento de esta especie es similar al de la alfalfa, por lo que el manejo que se recomienda presenta características muy semejantes. Luego de una defoliación, las plantas rebrotan de las yemas de la corona o desde los entrenudos basales de los tallos desarrollados. En los cultivares con latencia, las plantas pasan el invierno en forma de roseta, produciéndose el alargamiento de los tallos una vez llegada la primavera. De esta manera durante un período largo de su ciclo, todos los puntos de crecimiento se encuentran ubicados cerca del nivel del suelo (Carámbula, 1977).

Las fluctuaciones en la concentración de sustancias de reserva de las raíces del trébol rojo, siguen una evolución muy similar a las de alfalfa, aunque bajo manejos similares el trébol rojo siempre posee menores concentraciones de carbohidratos. En este sentido ocupa una posición intermedia entre la alfalfa y el lotus (Smith, 1962). Los niveles de reservas descienden en forma apreciable tanto durante el invierno como el verano, lo cual puede afectar notoriamente su productividad y persistencia. Este comportamiento del trébol rojo exige que sea manejado de tal forma que se les permita a las plantas recuperar sus reservas luego de cada período de pastoreo. En los citados períodos críticos, el trébol rojo deberá permanecer con áreas foliares adecuadas, con lo que se equilibrarán los gastos en metabolitos en invierno y se favorecerá además una mejor utilización del agua en verano. Como consecuencia, esta especie se adapta a un

manejo de pastoreo rotativo.

2.3 RENDIMIENTO DE SEMILLA Y SUS COMPONENTES

El rendimiento de semilla de las leguminosas, es el resultado de la interacción del número de inflorescencias por unidad de superficie, tamaño de la inflorescencia (número de flores/inflorescencia), porcentaje de fertilidad y peso de mil semillas. No obstante, es necesario saber que la importancia de los distintos componentes del rendimiento varía en las diferentes especies. Ello significa que el objetivo del manejo deberá favorecer en cada especie al componente más problemático y de mayor incidencia en la producción de semilla por hectárea (Carámbula, 1981).

Kising (1949) indicó que el primer requisito para un alto rendimiento de semillas en trébol rojo es tener un gran número de inflorescencias y considera como segundo requisito, la polinización por parte de los insectos. Sin embargo, Hawkins (1965) a partir de un ensayo de rendimientos de semilla con ocho variedades de trébol rojo, afirma que más importante que el número de cabezuelas por unidad de superficie es el número de semillas por cabezuela; además este factor está tan estrechamente correlacionado con el rendimiento por hectárea, que es el principal en determinar la producción de semilla por unidad de superficie.

El número de semillas por cabezuela está determinado por el número de flores/cabezuela (tamaño de la cabezuela) y del porcentaje de cuajado. Bird (1944) realizando una revisión sobre producción de semilla observó que existían diferencias entre los distintos autores. Entre ellos, Westgate *et al* (1915) bajo condiciones de chacra obtuvieron en promedio alrededor de 40 semillas por cabezuela. Similares resultados fueron obtenidos por Williams (1925) en Gales pero en condiciones de verano húmedo, desfavorable para la actividad de las abejas. Por su parte, Hollowell (1929) señaló que un promedio de 25 semillas por cabezuela se consideraba suficiente como para asegurar un aceptable rendimiento a nivel de chacra. Posteriormente, Wexelsen (1935) contó el número de semillas en una serie de cabezuelas y obtuvo un promedio de 52,5 semillas por cabezuela.

2.4 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA

2.4.1 Flores por cabezuela (tamaño de cabezuela)

El número de flores por cabezuela conjuntamente con el porcentaje de cuajado, son los componentes del rendimiento más importantes en esta especie. Bird (1944) en una revisión bibliográfica sobre el tema consultó diversos autores, entre ellos, Westgate *et al* (1915), Williams (1925) y Wexelsen (1940). Los primeros establecieron un rango

que iba de 35 a 150 flores por cabezuela. El segundo, se refirió en sus trabajos a un promedio de 105 flores por cabezuela; en tanto que el tercero obtuvo un rango de 70 a 150 flores por cabezuela.

Wilsie (1949) observó una correlación positiva entre la cantidad de semilla formada por cabezuela y el tamaño de ésta. Confirmando esta hipótesis, Startling et al (1950), trabajando con poblaciones segregantes derivadas de cruzamientos entre variedades de tubos de corola largo y corto, concluyeron que la única correlación significativa fue entre flores por cabezuela y porcentaje de cuajado, alcanzando un valor de $r=0,339$. También Hawkins (1965) trabajando con 8 variedades de trébol rojo, determinó una correlación positiva y significativa entre el tamaño de cabezuela y el número de semillas por cabezuela para el primer año, mientras que en el segundo año no fue significativa.

El número de flores por cabezuela es afectado por el manejo que se realice en relación a los cortes. En tal sentido, Seiffert y Skirde (1959) citados por Stoddart (1960), han demostrado que los cortes resultan en un aumento en el número de flores por cabezuela, pero que el máximo incremento observado es sólo del orden del 10% y en consecuencia, de baja significación en cuanto a la compensación en la reducción del número de cabezuelas.

2.4.2 Polinizadores

En relación a los polinizadores, la bibliografía es consistente en resaltar la importancia de éstos en la producción de semilla. Darwin citado por Startling et al (1950), ya en 1885 había demostrado que el cuajado en trébol rojo era dependiente de la polinización por insectos, y concluyó que los abejorros eran los mejores polinizadores. Por su parte, Hawkins (1961) observó una correlación negativa significativa entre el tamaño de la chacra y el número de semillas por cabezuela, lo que sugirió que la falta de polinización podría ser una causa del bajo nivel de cuajado. También Stapel y Pedersen (1935) en Dinamarca y varios otros autores citados por Hawkins (1961) relacionaron los bajos rendimientos de semilla en trébol rojo con la falta de insectos polinizadores.

Hawkins (1961) observó una correlación significativa entre el cuajado y número de polinizadores "positivos", entendiendo como tales aquellos que no "roban" el néctar a través de un orificio efectuado en la base de la corola. Sin embargo, en el tercer año de estudio, observó una correlación positiva significativa entre el porcentaje de cuajado y el número de polinizadores negativos. Esta correlación se explicaría debido a la perforación de orificios en los costados de los tubos de la corola, que dejarían al néctar accesible a las abejas melíferas, las cuales atraídas a la flor la estarían polinizando. Posteriormente este autor (1965) considera que, si bien las abejas pueden obtener polen del trébol rojo y en ocasiones pueden alcanzar el néctar, existe poca evidencia de que incrementen el rendimiento en esta especie.

Wexelsen (1935) citado por Bird (1944) señaló, que la eficiencia de las abejas melíferas como polinizador del trébol rojo era reducida, debido a sus hábitos de buscar las cabezuelas más viejas, algunas de las cuales eran en ese momento incapaces de ser fertilizadas. Por su parte, Butler *et al* (1956) consideran que las flores de trébol rojo no son atractivas para las abejas, debido a que el largo de su corola no permite que las abejas, al tener lengua corta, alcancen los nectarios. Sin embargo, varios autores citados por Butler *et al* (1956) han observado una correlación estrecha entre el número de abejas por unidad de área del cultivo y el consiguiente cuajado de semilla.

Varios investigadores han observado que el largo de la proboscis de las abejas puede no ser suficiente para lograr la polinización en trébol rojo. Al respecto, Martin (1938) citado por Startling *et al* (1950), comprobó que el largo de la proboscis del abejorro era de 11 mm, lo cual le permitiría extraer néctar de cualquier flor de trébol rojo. Por otra parte, el largo de la proboscis de las abejas fue de 6,5 mm. Este autor estimó que a esos 6,5 mm podría agregarse 1 mm para la distancia que las abejas introducen su cabeza dentro de la parte superior de la corola y además, 1 mm adicional debería sustraerse del largo de la corola debido al nivel alcanzado por el néctar en ésta. Esto permitiría a las abejas obtener el néctar solamente en flores con corolas de 8,5 mm o menos, lo cual posiciona a los tréboles rojos americanos fuera del alcance de las abejas.

A partir de los trabajos realizados sobre polinizadores en trébol rojo, es clara la importancia de los abejorros como agentes polinizadores en esta especie. Richmond (1932) y Plath (1934) citados por Startling *et al* (1950), observaron que los abejorros pueden encontrarse activos al amanecer y aún después del atardecer. En varios trabajos realizados por Wexelsen (1935), Dunham (1939) y otros autores citados por Bird (1944), se llegó a la conclusión de que los abejorros eran trabajadores más rápidos que las abejas.

En un estudio comparativo de la actividad de abejas y abejorros, Pammel y Kenoyer (1917) citados por Bird (1944) indicaron que, mientras que las abejas pueden ser tan eficientes como el abejorro en la polinización de trébol rojo durante veranos secos, ellas serían menos confiables en veranos frescos y húmedos.

Varios autores citados por Butler *et al* (1956), sostienen que mientras los abejorros con sus lenguas largas generalmente trabajan en forma consistente sobre el trébol rojo, las abejas están sujetas a fluctuaciones importantes, lo que se debe a su incapacidad para obtener néctar excepto cuando éste sea excepcionalmente abundante. Bird (1944) concluyó que para las condiciones de su experimento, el número de abejorros visitantes era un factor mucho más importante en el cuajado que el número de abejas visitantes o el número de flores por cabezuela. Por otra parte, Hawkins (1956) trabajando con tres tipos de polinizadores, abejorros de lengua larga, abejorros de lengua corta y abejas, estudió la relación entre ellos y el porcentaje de cuajado. Se observó una

correlación muy estrecha ($r=0,918$) entre el porcentaje de cuajado y los abejorros de lengua larga, mientras que el número de abejorros de lengua corta y de abejas melíferas no se relacionaron con el porcentaje de cuajado. Los abejorros de lengua corta y las abejas se encontraban presentes en gran número en algunos cultivos pero en la mayoría de ellos no resultaron de valor como polinizadores ya que obtenían néctar a través de orificios perforados en la base del tubo de la corola.

Butler *et al* (1956) consideran que para obtener un incremento en la polinización, es necesario aumentar ya sea la población disponible de abejorros de lengua larga o la frecuencia con que las abejas realizan visitas efectivas al cultivo. Este autor señala que aunque el trébol rojo es poco visitado por las abejas melíferas, no necesariamente puede asumirse, de que el mismo sea polinizado inadecuadamente. Aparte del efecto de la población existente de abejorros, los cultivos de trébol rojo que en general no atraen a las abejas, pueden convertirse en muy atractivos para ellas durante periodos de tiempo ocasionales y más cortos. Debido a que las flores que no han sido polinizadas, permanecen abiertas y capaces de ser polinizadas por unos cuantos días, tales periodos esporádicos de atracción pueden resultar suficientes para lograr un nivel satisfactorio de polinización. Los bajos rendimientos de semilla cosechada pueden deberse a muchos otros factores además de la falta de polinizadores.

2.4.3 Largo de corola

El largo de la corola ha sido considerado por varios autores, entre ellos Mac Vicar *et al* (1952), Hawkins (1965), como una de las principales características que afectan el rendimiento de semilla en trébol rojo. Se sugiere que cuando las corolas son más cortas, el néctar es de más fácil accesibilidad para las abejas, y por ende, éstas considerarían las flores de trébol rojo más atractivas. Sin embargo, Richmond (1932) en Colorado (Estados Unidos) citado por Startling *et al* (1950), concluyó que el grado de polinización del trébol rojo y el cuajado no estuvieron relacionados con el largo del tubo de la corola.

Wilsie y Gilbert (1940) compararon el rendimiento de semilla y el porcentaje de cuajado en variedades europeas y americanas. Los resultados indicaron que contrariamente a lo esperado, hubo una mayor actividad de abejas y mayor producción de semilla en las variedades americanas que en la variedad Zofka, a pesar de poseer ésta la corola más corta. Estos autores concluyeron que, para las condiciones del experimento, el largo del tubo de la corola no parece ser una característica de importancia en el cuajado. Ellos sugieren que posiblemente la abundancia de polen o la concentración de néctar podrían ser de mayor relevancia en determinar el atractivo de las variedades de trébol rojo para los polinizadores. En otro trabajo posterior realizado por estos mismos autores conjuntamente con Startling (1950), estudiaron la relación entre el largo del tubo de la corola y la producción de semillas en dos variedades de tubos de corola largos y en dos variedades de tubos de corola cortos. A pesar de existir

diferencias significativas en el promedio del largo de corola, la corola corta no pareció ofrecer ninguna ventaja en cuanto a producción de semilla. En poblaciones segregantes derivadas de cruzamientos entre variedades de tubos de corola largos y cortos, ni el número de semillas por cabezuela, ni el porcentaje de cuajado estuvo correlacionado significativamente con el largo del tubo de la corola. Por su parte, Damisch (1963) observó que cuanto más corto era el tubo de la corola, más bajo resultaba el porcentaje de semilla establecida. La causa básica del bajo establecimiento de semilla fue la baja fertilidad del ovario, concluyendo que el carácter corola corta puede ser considerado como un signo de fertilidad reducida. Contrariamente Hawkins (1965), a partir de un estudio realizado en ocho variedades de trébol rojo, concluyó que las variedades de tubo de corola largo presentaban un menor porcentaje de cuajado. También observó una correlación negativa entre el número de polinizadores y el largo de la corola. Este autor considera que el largo del tubo de la corola es una característica importante en determinar el porcentaje de semilla formada por cabezuela. A su vez el rendimiento por cabezuela sería el mejor indicador del rendimiento potencial de semilla por unidad de superficie.

Una de las estrategias a seguir para mejorar la polinización es la de seleccionar variedades por el largo del tubo de la corola; sin embargo, es probable que los intentos por lograr una variedad con tubos de corola más cortos estén acompañados de un deterioro de la persistencia y del vigor (Hawkins, 1965). Evidencia de esto habría sido aportada ya por Startling *et al* (1950) en donde determinaron una correlación de $r=0.83$ entre el peso promedio de planta y el largo del tubo de la corola. Esto indicaría que los genes para el largo del tubo de la corola podrían estar asociados a los genes para la expresión general del vigor.

Otra estrategia propuesta por Hawkins (1969) es la selección de variedades con mayor producción de néctar, de manera de que las abejas puedan acceder a él, y de este modo aumentar el rendimiento. Por último, Bond y Fyfe (1968) determinaron que existe un alto grado de heredabilidad para los siguientes caracteres: largo de la corola, nivel de néctar, visita de abejas y rendimiento de semilla por planta.

2.4.4 Condiciones ambientales

Asociado a las condiciones climáticas, diferentes autores han comprobado la existencia tanto de óvulos como de granos de polen defectuosos en trébol rojo (Bird, 1944). Westgate *et al* (1915), citados por Bird (1944) informaron que cuando los granos de polen eran colocados en agua, rompían casi instantáneamente y podían tener una pequeña polinización efectiva mientras las flores estuvieran húmedas por lluvia o por rocío. En relación a los óvulos, estos mismos autores observaron que la ocurrencia de infertilidad en éstos era bastante común, especialmente en la primer cosecha, y aparentemente estaría asociada a condiciones de humedad en el suelo y condiciones climáticas particulares. Sin embargo, Hollowell (1929) citado por Bird (1944), sostiene

que aunque pueden ocurrir óvulos infértiles, éstos probablemente no eran causados por condiciones de humedad.

Wexelsen (1940) citado por Bird (1944), observó polen anormal en sus ensayos de trébol rojo, aunque en baja proporción. Muy pocas de las 295 plantas que examinó presentaban menos del 80% de polen normal, por lo que no consideró que el pequeño porcentaje de polen anormal podría reducir significativamente la fertilidad del cultivo.

Vavilov (1977), ha establecido que las condiciones durante el período de formación de los tallos tienen una influencia decisiva sobre el rendimiento de semillas de las plantas de trébol rojo. Una humedad extrema durante este período lleva al vuelco, lo que causa disturbios en la actividad funcional del sistema vascular del tallo. Los resultados que obtuvo, conjuntamente con los de otros autores, permiten concluir que la mortalidad embrionaria resulta no solamente de la falta de polinizadores, de la baja temperatura, o de la alta humedad sino que también resulta de la falta de un adecuado suministro de nutrientes, lo que se debe probablemente a la interrupción de la actividad funcional del sistema vascular del tallo.

Sylven (1935) citado por Bird (1944), considera que las condiciones climáticas más favorables para el cuajado en trébol rojo son, días soleados combinados con una apropiada humedad atmosférica. Un período prolongado de calor con aire extremadamente seco durante el período de floración es perjudicial, ya que las pocas cabezuelas tienden a secarse sin llegar a formar semilla. Por otra parte, el bajo nivel de cuajado que se obtiene en períodos de lluvia fría está condicionado por la falta de insectos polinizadores.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Este trabajo se realizó en la Estación Experimental "Alberto Boerger" (INIA, La Estanzuela), Colonia, Uruguay. El experimento se sembró el 11 de julio de 1997, en invernáculo sobre almácigas en donde cada tratamiento estaba conformado por 48 plantas. El trasplante a campo se realizó el 24 de setiembre, en cuadrículas con 16 plantas distanciadas 0,30 metros entre ellas y una separación entre parcelas de 0,80 metros. El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos (9 bloques con 10 tratamientos cada uno) con 3 repeticiones, compuesto por 86 progenies y 4 testigos. Es necesario aclarar que uno de los tratamientos no se trasplantó por carecer de plantas suficientes, por lo que finalmente se trabajó con 85 progenies.

En cuanto al enmalezamiento, el control del mismo se realizó en forma manual y se hizo un corte de limpieza a los 30 días del transplante. Para asegurar la presencia de polinizadores se colocó una colmena a 20 metros del ensayo. La cosecha se realizó desde el 30 de enero al 16 de febrero de 1998. La misma se efectuó con hoz a aproximadamente 5 centímetros de altura. Para la trilla se utilizó una trilladora experimental de bandas tipo Vogel. Posteriormente se procedió a la limpieza de la semilla mediante zarandas y ventilación.

3.2 ESTRUCTURA GENETICA DE LOS TRATAMIENTOS

Los materiales utilizados en el experimento provienen de varios ciclos de selección, a partir de los cultivares americanos: Redman, Kenland, Kenstar, la variedad chilena Quiñequel y la variedad nacional Estanzuela 116. A partir del tercer y cuarto ciclo de selección a campo, se continuó solamente con materiales derivados de Estanzuela 116, Redman y Kenland. En todos los ciclos de selección a campo, hubo polinización abierta por lo que la semilla que se cosechó fue probablemente el resultado de entrecruzamientos entre los materiales anteriormente mencionados.

En 1995 se efectuó una primer inoculación en invernáculo con fusarium en 17 progenies mezcla de Estanzuela 116 y variedades americanas. Se seleccionaron las mejores plantas por comportamiento sanitario y se cosechó su semilla, originando de esta manera la población 1. En 1996 se realizó una segunda inoculación con fusarium y se seleccionaron plantas por resistencia al mismo. Las plantas seleccionadas se separaron en tres grupos (poblaciones) según el origen genético de los mismos, permitiendo de esta manera el entrecruzamiento de cada población en aislamiento en carpas diferentes. Posteriormente, de 55 plantas de la población 1 (originaria de Estanzuela 116, Kenland y Redman) se seleccionaron las 14 plantas de mayor producción de semilla. En el caso de la población 2 originaria de las variedades Redman y Kenland, de 140 plantas integrantes de la misma, se seleccionaron las 29 plantas de mayor rendimiento de semilla. Lo propio se hizo con la población 3 originaria de Estanzuela 116, que incluyó 139 plantas y se seleccionaron las 42 plantas que rindieron más semilla. La semilla cosechada de las tres poblaciones, se sembró en julio de 1997 en invernáculo, realizándose el transplante a campo en setiembre. En el campo hubo polinización abierta de las plantas en donde finalmente se cosechó su semilla.

A continuación se presenta un esquema simplificado de la estructura genética de los tratamientos:

- **Población 1:** tratamiento 1 al 14.
materiales originales: Estanzuela 116, Redman y Kenland.

- **Población 2:** tratamiento 15 al 43.
materiales originales: Kenland y Redman.
- **Población 3:** tratamiento 44 al 85.
materiales originales: Estanzuela 116.
- **Testigos:** tratamientos 86 y 88: Estanzuela 116
tratamientos 87 y 89: INIA Mizar.

3.3 CARACTERIZACION AGROCLIMATICA

Dada las condiciones particulares en que se desarrolló el periodo de floración y semillazón (diciembre, enero, febrero) del experimento y considerando que pudieron afectarlo, es importante tener en cuenta los siguientes datos climáticos:

Cuadro 1: Heliofanía relativa durante el periodo de floración y semillazón (diciembre 97 -febrero 98) en comparación con la serie histórica (1965-1998).

MES	heliofanía relativa (en %)	heliofanía relativa serie histórica (1965-1998) (en %)
diciembre	52,3	65,3
enero	64,9	68,2
febrero	52,1	67,1

Cuadro 2: Precipitaciones durante el periodo de floración y semillazón en comparación con la serie histórica (1965-1998).

PERIODO	precipitaciones año 97/98 (en mm)	Precipitaciones serie histórica (1965-1998) (en mm)
diciembre - enero - febrero	387,4	310,4

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 Rendimiento por parcela

La cosecha se realizó en función de la precocidad de floración de los tratamientos, cuando las parcelas presentaban una alta proporción de cabezuelas maduras y secas. En aquellas parcelas en las que había cabezuelas caídas como consecuencia del corte con hoz, éstas se recolectaron para asegurar una cosecha total y de esta forma obtener el rendimiento máximo.

3.4.2 Rendimiento por cabezuela

En el mismo momento en que se cosechó, se muestrearon 40 cabezuelas al azar de cada tratamiento para determinar el rendimiento por cabezuela.

3.4.3 Precocidad de floración

Se estableció una escala de floración a partir de la apreciación visual de las parcelas que se realizó el 26 de diciembre de 1997. En dicha escala, se les asignó un número del 1 al 5 a las parcelas según el estado de desarrollo reproductivo en que se encontraban.

- 1- Muy precoz
- 2- Precoz
- 3- Intermedio
- 4- Tardío
- 5- Muy tardío

3.5 ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico se realizó a través del programa SAS (Statistical Analysis System, 1985) utilizando un modelo mixto con REML (Residual Maximum Likelihood) para estimación de los componentes de la varianza. Para comparar la eficiencia de este modelo con respecto al de bloques completos al azar se utilizó la metodología propuesta por Steel y Torrie (1980). Las eficiencias fueron de 11,6 % para rendimiento por parcela, 7,32 % para rendimiento por cabezuela y de 4,23 % para precocidad de floración.

Los parámetros estadísticos de este trabajo fueron obtenidos utilizando los componentes de varianza estimados a partir del test de Wald. Esto se debió a que el diseño experimental utilizado, en donde las medias corresponden a valores corregidos por REML, no permitió realizar un análisis de varianza convencional. El test de Wald es

análogo al análisis de varianza, pudiendo a través de éste determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Este test consiste en una prueba de significancia del coeficiente de regresión, estando basado sobre la propiedad normal asintótica de la máxima verosimilitud estimada. A los efectos de comparar la media de cada población para cada variable con la media de los testigos, se utilizó la prueba Dunnet para número desigual de repeticiones recomendada por Steel y Torrie (1980). Además, se estimaron las correlaciones fenotípicas entre el rendimiento por parcela, rendimiento por cabeza y precocidad de floración utilizando las medias de cada tratamiento para cada variable.

También se realizó un análisis de componentes principales que constituye un método de ordenación, con el fin de utilizar simultáneamente la información de las tres variables. La principal función del análisis de componentes principales es explicar la varianza con una combinación lineal de las variables originales, en donde los sucesivos componentes principales están calculados de manera de que no estén correlacionados y generalmente la mayor parte de la variación puede ser explicada por los primeros componentes (Cossa et al. 1995). Este tipo de análisis permite ordenar los tratamientos en un espacio de dimensiones reducidas, posibilitando obtener una representación geométrica de los patrones de variación de las poblaciones. Se graficaron los tratamientos en función de dos componentes principales, identificando a los tratamientos con símbolos distintos según la población a la que pertenecían. Las variables también se representaron en el mismo par de ejes como vectores. Con este análisis, se logra realizar un estudio simultáneo de las relaciones entre los tratamientos y entre los tratamientos y las variables.

Para las poblaciones 2 y 3 se estimaron las varianzas aditivas de cada variable y sus errores estándares para determinar su significancia (Comstock y Moll, 1963). Las varianzas aditivas fueron estimadas a partir de los componentes de varianza y teniendo en cuenta que la estructura de las poblaciones permite considerar los tratamientos como medios hermanos (Falconer, 1996). A partir de los componentes de la varianza se estimaron las correlaciones genético aditivas.

4. RESULTADOS

4.1 PRECOCIDAD DE FLORACION

En todos los tratamientos se determinó la precocidad de floración a partir de una escala por apreciación visual de las parcelas (item 3.4.3). El test de Wald indica que existieron diferencias significativas entre los tratamientos para esta característica ($P < 0,001$, cuadro 3).

Cuadro 3: Test de Wald para precocidad de floración.

Término fijo	Wald estadístico	G.L.	F.	P.
Repetición	15	2	7,5	< 0,001
Tratamientos	418,4	88	4,75	< 0,001

El cuadro 4, permite observar que promedialmente la floración de la población 2 fue significativamente más tardía respecto a los testigos ($P < 0,05$). Por su parte, las poblaciones 1 y 3 tendieron a floraciones más tempranas que los testigos, aunque las diferencias no fueron significativas. Es de remarcar que la población 1, a pesar de estar conformada por plantas de diferentes orígenes, demostró ser en promedio levemente más precoz que la población 3 que es originaria de Estanzuela 116.

Cuadro 4: Precocidad de floración promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnet.

Poblaciones	Precocidad de floración
Población 1	2,515
Población 2	3,989 *
Población 3	2,686
Testigos	2,910

* significativo al nivel 5 %.

Como lo muestra el anexo 1, se puede observar que los materiales de origen americano integrantes de la población 2, presentaron floraciones más tardías. En la figura 1 se observa que los materiales de dicha población se ubicaron por encima del valor 3 (intermedia) en la escala de floración, con excepción del tratamiento 41 que

demonstró ser muy precoz. El 55 % de los tratamientos de la población 2 estuvo por encima del valor 4 (tardío) en la escala de floración, nivel que no superaron ninguna de las otras dos poblaciones.

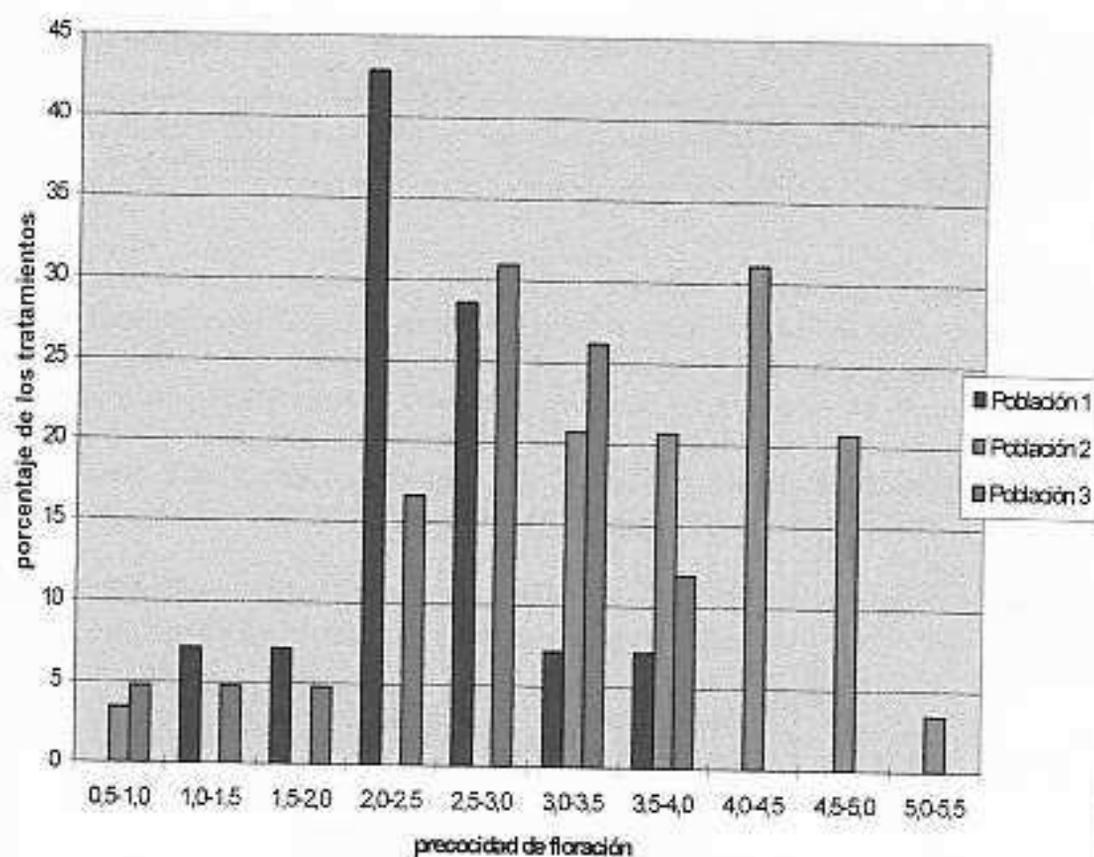


Figura 1: Precocidad de floración para las tres poblaciones (1: muy precoz, 5: muy tardío).

4.2 RENDIMIENTO POR PARCELA

Al igual que para precocidad de floración, para rendimiento por parcela se puede afirmar a partir del Test de Wald, que también existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,001$, cuadro 5).

Cuadro 5: Test de Wald para rendimiento por parcela.

Término fijo	Wald Estadístico	G.L.	F.	P.
Repetición	29,8	2	14,9	< 0,001
Tratamientos	258,9	88	2,94	< 0,001

Como muestra el anexo 2, los menores rendimientos por parcela los presentaron aquellos materiales de origen americano, pertenecientes a la población 2, con excepción del tratamiento 36 que fue el único que mostró rendimientos superiores a 50 gramos. Esto se confirma también en el cuadro 6, en donde el promedio de dicha población es similar al de los testigos e inferior al de las otras dos poblaciones. Continuando con el análisis del cuadro 6, las poblaciones 1 y 3 rindieron significativamente más que los testigos, superándolos en un 56 % y en un 40 % respectivamente.

Cuadro 6: Rendimiento por parcela promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnett.

Poblaciones	Rend./parcela (gramos)
Población 1	41,48 *
Población 2	26,39
Población 3	37,26 *
Testigos	26,59

* significativo al nivel 5 %.

En la figura 2, se puede observar que el rendimiento por parcela del 96,5 % de los tratamientos de la población 2 fue inferior a 40 gramos. En contraposición, las poblaciones 1 y 3 no presentaron rendimientos inferiores a 25 gramos y 20 gramos respectivamente. Por otro lado, el tratamiento de mayor rendimiento de la población 2 rindió entre 50 a 55 gramos, mientras que para las poblaciones 1 y 3 los máximos rendimientos superaron los 55 gramos.

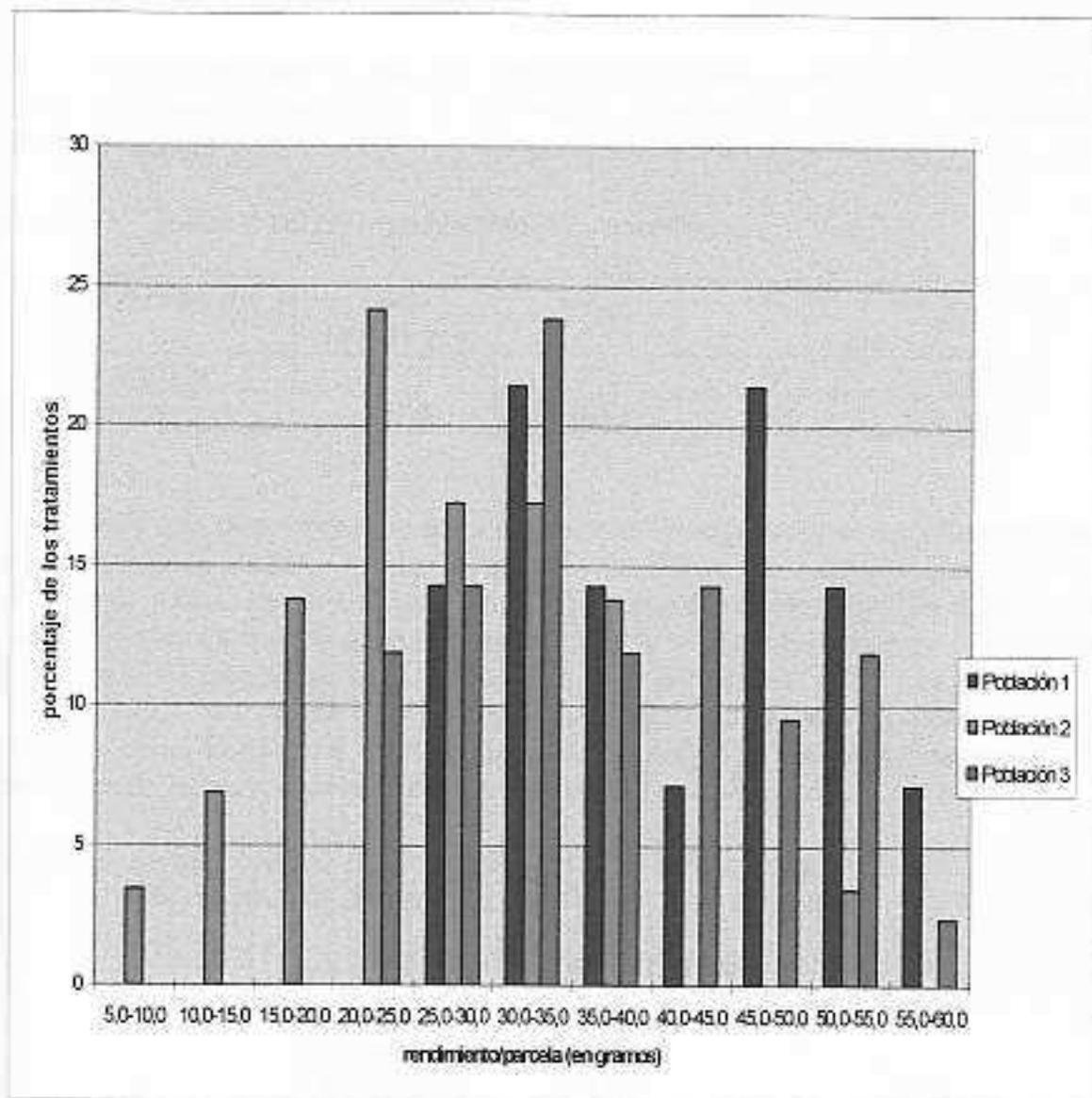


Figura 2: Rendimiento por parcela (en gramos) para las tres poblaciones.

4.3 RENDIMIENTO POR CABEZUELA

Al igual que para las otras dos características estudiadas anteriormente, el test de Wald determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,001$, cuadro 7).

Cuadro 7: Test de Wald para rendimiento por cabezuela.

Término fijo	Wald Estadístico	G.L.	F.	P.
Repetición	19	2	8	< 0,001
Tratamiento	269,8	88	3,06	< 0,001

Para esta característica, a pesar de que existieron diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 7), no se encontraron diferencias significativas entre los promedios poblacionales y el promedio de los testigos (cuadro 8). Sin embargo, se puede observar que la población 1 rindió un 29,7 % más que los testigos y la población 2 casi un 27 % menos que éstos. Comparando las poblaciones entre sí, la población 1 rindió un 77,3 % más que la población 2 y un 20,9 % más que la población 3. No obstante, como lo indica el anexo 3, los tratamientos 78, 47 y 49 pertenecientes a la población 3, fueron los que presentaron los mayores rendimientos.

Cuadro 8: Rendimiento por cabezuela promedio por población en comparación con el promedio de los testigos mediante el test de Dunnet.

Poblaciones	Rend./cabezuela (miligramos)
Población 1	44,32
Población 2	24,99
Población 3	36,65
Testigos	34,17

En el anexo 3, se puede observar también que en general los rendimientos por cabezuela más bajos los presentaron los tratamientos de la población 2, en tanto que los más altos pertenecieron a la población 3, llegando dos de sus tratamientos a rendimientos superiores a 70 miligramos. Como se observa en la figura 3, el 50 % de los materiales de la población 2 rindió entre 20 y 30 miligramos y además, un 27,5 % de los mismos presentó rendimientos inferiores a 20 miligramos. En la población 3, sólo el 2,4% de los tratamientos tuvo rendimientos inferiores a 20 miligramos.

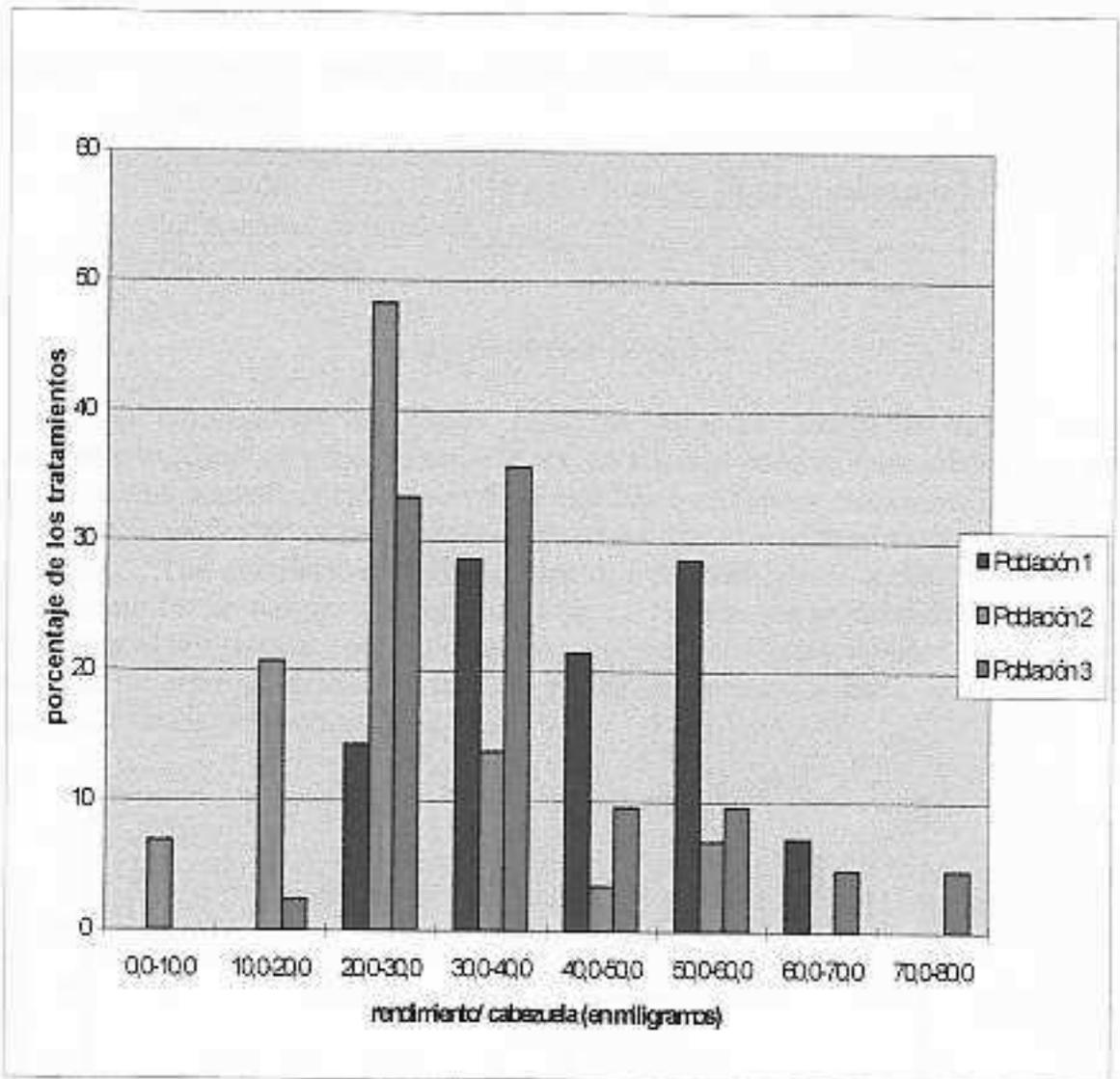


Figura 3: Rendimiento por cabeza (en miligramos) para las tres poblaciones.

4.4 CORRELACIONES

Cuadro 9: Correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas para los 89 tratamientos.

Variable	Rend. / parcela	Rend. / cabeza
Precocidad de floración	-0,67*	-0,56*
Rend. / parcela	-----	0,72*

* significativo al nivel 5 %.

Las correlaciones calculadas para las variables estudiadas fueron todas significativas (cuadro 9), destacándose la alta correlación positiva entre rendimiento por parcela y rendimiento por cabeza. Esta asociación se aprecia claramente en la figura 4, donde se graficaron estas variables para todos los tratamientos discriminados por población. Las correlaciones entre precocidad de floración y ambas variables de rendimiento fueron negativas, lo que indica que a medida que se atrasa la floración los rendimientos por parcela y por cabeza van decreciendo (figura 5 y 6). La correlación más baja fue entre precocidad de floración y rendimiento por cabeza, observándose la dispersión de los tratamientos en la figura 6.

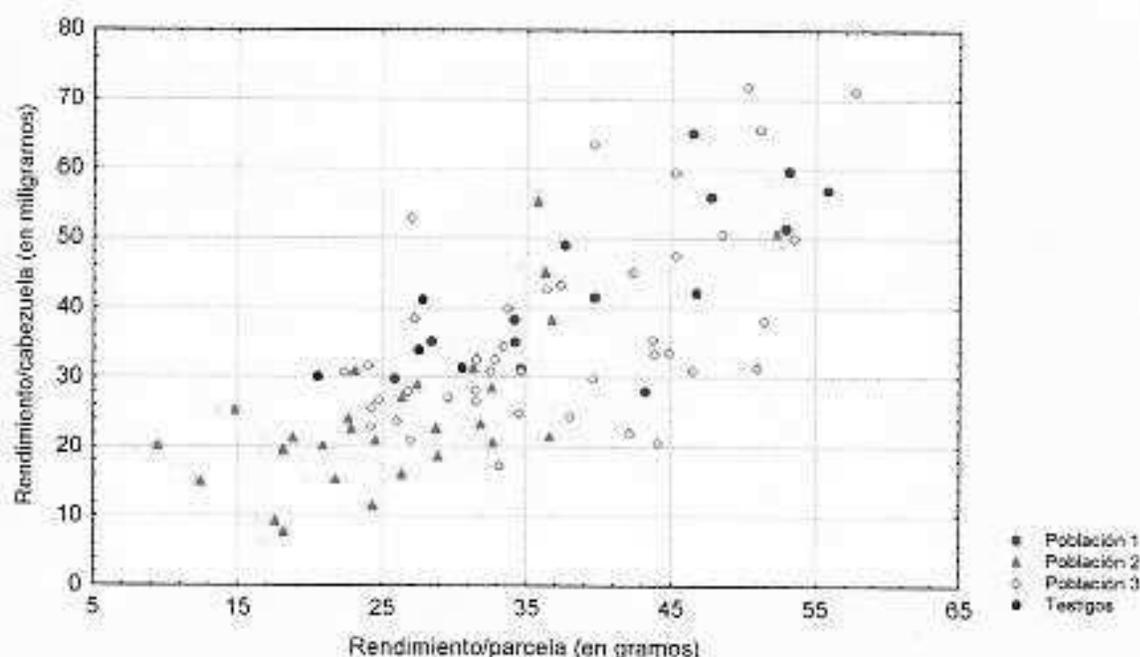


Figura 4: Relación entre rendimiento por parcela (en gramos) y rendimiento por cabeza (en miligramos) para cada población.

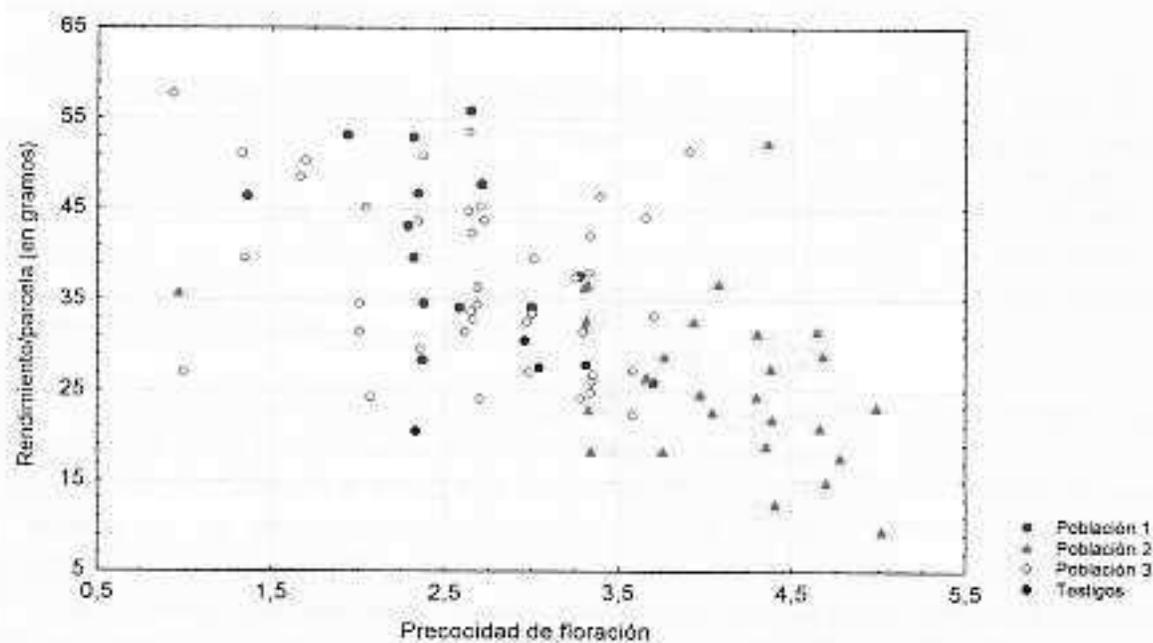


Figura 5: Relación entre precocidad de floración y rendimiento por parcela (en gramos) para cada población.

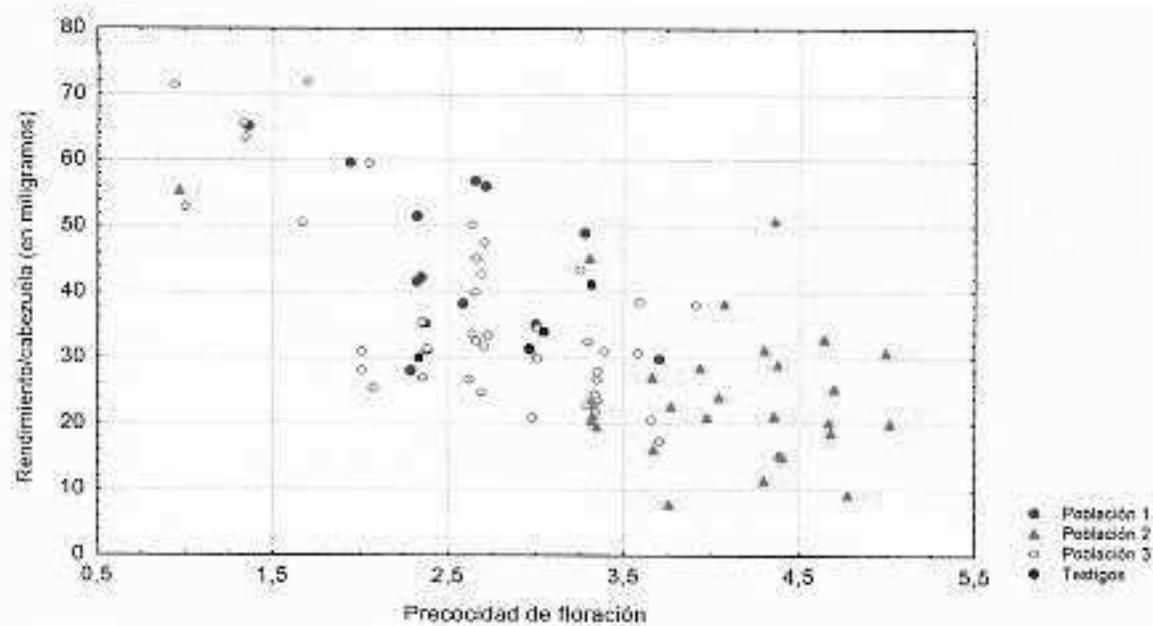


Figura 6: Relación entre precocidad de floración y rendimiento por cabezuela (en miligramos) para cada población.

4.5 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Al realizarse el análisis de componentes principales (cuadro 10 y figura 7), se observó que dentro del componente principal 1 la precocidad de floración se asoció negativamente con las otras dos variables. Esto significa que aquellos materiales con floraciones más tardías, presentaron menores rendimientos de semilla. Por otro lado, el rendimiento por parcela y el rendimiento por cabezuela tuvieron un alto grado de asociación positiva, que se traduce en la importancia de este último como indicador indirecto del rendimiento por unidad de superficie.

Analizando los componentes principales, se puede apreciar que el componente 1 explica el 76 % de la varianza total mientras que el componente 2 explica solo el 14,8 % (cuadro 10). En relación al estudio de las poblaciones, con este tipo de análisis se puede confirmar lo ya observado anteriormente. En la figura 7 se observa que salvo excepciones, los tratamientos de la población 2 fueron los de menor rendimiento tanto por parcela como por cabezuela. También esta población fue la de floración más tardía. En contraposición, las poblaciones 1 y 3 presentaron mayores rendimientos y fueron más precoces.

Cuadro 10: Asociación entre las variables e incidencia de los componentes en la varianza total.

VARIABLE	Componente principal 1	Componente principal 2
Precocidad de floración	-0,844489	-0,509244
Rend/parcela	0,866305	-0,426839
Rend/cabezuela	0,914622	-0,065905
Eigenvalues	2,300178	0,445865
% total de la varianza	0,766726	0,148622

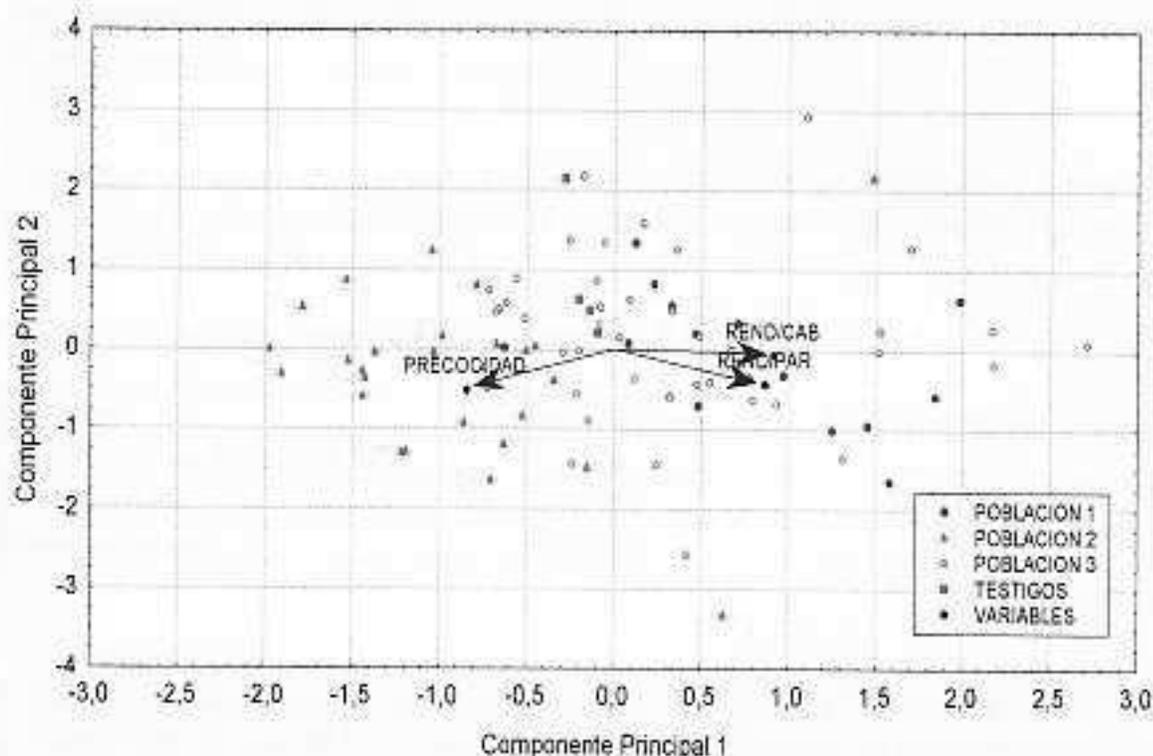


Figura 7: Análisis de componentes principales y distribución de las poblaciones.

4.6 VARIANZAS ADITIVAS Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS Y ADITIVAS

El tamaño de las poblaciones 2 y 3 permitió realizar un estudio más profundo de éstas. El mismo consistió en determinar las varianzas genético-aditivas y las correlaciones fenotípicas y aditivas existentes entre las tres variables estudiadas. Asimismo, se estimó el desvío de la varianza aditiva para verificar su significancia a partir de la metodología propuesta por Comstock y Moll (1963).

La varianza aditiva de la variable precocidad de floración fue significativa para la población 2 (cuadro 11), ya que cumple con la regla de ser al menos el doble de su desvío (Comstock y Moll, 1963). Sin embargo, esto no fue así para las variables rendimiento por parcela ni rendimiento por cabezuela, siendo en estos casos no significativas.

Cuadro 11: Varianzas aditivas para la población 2.

Carácter	Varianza aditiva	Desvío varianza aditiva
Precocidad de floración	1,826	0,906
Rend/parcela	122,800	123,293
Rend/cabezuela	204,933	189,106

Las varianzas aditivas de las variables rendimiento por cabezuela y precocidad de floración fueron significativas para la población 3 (cuadro 12), mientras que no fue así para rendimiento por parcela.

Cuadro 12: Varianzas aditivas para la población 3.

Carácter	Varianza aditiva	Desvío varianza aditiva
Precocidad de floración	1,500	0,717
Rend/parcela	221,200	117,710
Rend/cabezuela	516,266	241,101

Para finalizar con el estudio genético de las poblaciones 2 y 3, se calcularon las correlaciones fenotípicas y genético-aditivas de las mismas (cuadro 13 y 14). Sin embargo, para el caso de las correlaciones genético-aditivas no se pudo estimar el nivel de significancia.

En el cuadro 13, hay que destacar la alta correlación genético-aditiva estimada entre el rendimiento por parcela y el rendimiento por cabezuela para la población 2. También para esta población, todas las correlaciones fenotípicas fueron significativas.

Cuadro 13: Correlaciones fenotípicas y genético aditivas (en negrita) para la población 2

Variable	Precocidad de floración	Rend/parcela	Rend/cabezuela
Precocidad de floración	-----	-0,40*	-0,38*
Rend/parcela	-0,26	-----	0,70*
Rend/cabezuela	-0,43	0,89	-----

* significativo al nivel 5%.

En el cuadro 14, se observa una muy alta correlación genético-aditiva entre el rendimiento por cabezuela y precocidad de floración para la población 3. A pesar de esto, si bien la correlación fenotípica entre estas dos variables fue significativa, no llegó a ser de gran magnitud. Por otro lado, todas las variables presentaron correlaciones fenotípicas significativas.

Cuadro 14: Correlaciones fenotípicas y genético aditivas (en negrita) para la población 3

Variable	Precocidad de floración	Rend/parcela	Rend/cabezuela
Precocidad de floración	-----	-0,70*	-0,32*
Rend/parcela	-0,30	-----	0,58*
Rend/cabezuela	-0,97	0,56	-----

* significativo al nivel 5 %.

5. DISCUSION

5.1 RENDIMIENTO POR PARCELA

Del análisis de los rendimientos promedios por parcela calculados para cada población, se destacan las poblaciones 1 y 3 que presentaron rendimientos significativamente superiores a los testigos, mientras que la población 2 presentó un rendimiento muy similar al de éstos. Los rendimientos que alcanzaron las poblaciones, si bien no fueron bajos en relación a los testigos, se entiende que no llegaron a los rendimientos potenciales. Esta hipótesis se basa en que las condiciones climáticas particulares durante el periodo de floración y semillazón, pudieron disminuir la performance reproductiva de las plantas. Las precipitaciones durante dicho periodo fueron superiores a las de la serie histórica (1965-1998). Estas superaron en un 24.8 % a las precipitaciones promedio de la serie histórica, por lo que esto pudo entre otras cosas incidir negativamente sobre la visita que hicieran las abejas a las flores, y consecuentemente afectar la producción de semilla. A su vez, las condiciones de baja heliofania relativa y altas precipitaciones, pudieron haber favorecido el desarrollo vegetativo de las plantas en detrimento del desarrollo reproductivo. Por otra parte, las abundantes precipitaciones pudieron afectar, como la indica Wexelsen (1934) citado por Bird (1944), al grano de polen produciéndose el rompimiento de éste con la consiguiente reducción en la formación de embriones, lo que disminuiría el porcentaje de cuajado.

Hawkins (1965), estudiando los componentes del rendimiento, concluyó que el número de semillas por cabezuela es más importante que el número de cabezuelas. El rendimiento total de semilla ha sido evaluado indirectamente a través del número de semillas por cabezuela, debido a que estos dos parámetros se encuentran altamente correlacionados; además este parámetro es de más fácil medición que la producción de semilla por unidad de superficie. En este sentido, Hawkins (1965) determinó una correlación significativa de $r=0,7016$ entre rendimiento de semilla y número de semillas por cabezuela. Por su parte, Mandl (1972) también estableció una alta correlación significativa de $r=0,8424$ entre estos dos parámetros. En relación al número de semillas por cabezuela, Hollowell (1929) citado por Bird (1944) indicó que para asegurar un aceptable rendimiento a nivel de chacra era necesario obtener en promedio un mínimo de 25 semillas por cabezuela. Sin embargo, otros autores han establecido un mayor número de semillas por cabezuela para justificar un rendimiento de chacra aceptable. Westgate *et al* (1915) citados por Bird (1944), obtuvieron un promedio de aproximadamente 40 semillas por cabezuela bajo condiciones de chacra, mientras que Wexelsen (1935) citado por este mismo autor, obtuvo un promedio de 52,5 semillas por cabezuela.

A los efectos de realizar una comparación de los resultados experimentales de este trabajo con los registrados en la bibliografía se estimó el número de semillas por cabezuela, como el cociente entre el rendimiento por cabezuela y el peso de mil semillas. Para este cálculo se consideró un peso promedio de mil semillas de 2,06 gramos. El número de semillas por cabezuela calculado fue de 21 semillas para la población 1, 12 semillas para la población 2 y 18 semillas para la población 3. Como se puede observar, el número de semillas por cabezuela fue inferior al manejado por la bibliografía, probablemente debido a las condiciones climáticas particulares que se desarrollaron durante el período de floración y semillazón. Las excesivas precipitaciones pudieron afectar la población de abejas, incidiendo negativamente sobre el cuajado. Otros factores que pudieron haber incidido en el bajo número de semillas observado en las tres poblaciones serían, la posibilidad de corolas demasiado largas que impedirían la polinización y también la escasa atracción de las flores para las abejas. Sin embargo, cuando consideramos los tratamientos individualmente, observamos que existe un amplio rango en el número de semillas por cabezuela. Aquellos tratamientos de menor rendimiento por cabezuela tendrían aproximadamente entre 4 y 5 semillas, mientras que el cálculo arrojó entre 30 y 35 semillas por cabezuela para los tratamientos de mayor rendimiento. Estos últimos valores coincidirían con los manejados por Hollowell (1929) y Westgate (1915) citados por Bird (1944), para obtener un buen rendimiento a nivel de chacra.

Trabajando con ocho variedades de trébol rojo, Hawkins (1965) estudió los componentes del rendimiento y estableció una correlación significativa de $r=-0,6671$ entre el rendimiento de semilla y el número de cabezuelas por unidad de superficie. Este resultado indica que las variedades de mayor rendimiento presentan menor número de cabezuelas por unidad de superficie. En este mismo trabajo, también determinó una correlación significativa de $r=0,7443$ entre el rendimiento de semilla y el peso de mil semillas.

Mandl (1972) trabajando con siete materiales de trébol rojo, concluyó que el mayor rendimiento por unidad de superficie lo presentaban la variedad Estanduela 116 y la mezcla de Estanduela 116 y Kenland. Además determinó que el mayor rendimiento de Estanduela 116 estaría explicado principalmente, por su mayor número de semillas por cabezuela y por su mayor peso de mil semillas. Estos componentes del rendimiento, explicarían probablemente la mayor producción de semilla de las progenies originarias de Estanduela 116.

Los menores rendimientos por cabezuela y por parcela que presentaron los materiales originarios de variedades americanas podrían deberse, como lo indica Martin (1938) citado por Startling (1950), a que presentarían flores con corolas largas que imposibilitarían a las abejas obtener néctar. Esta característica, afectaría negativamente

la polinización influyendo directamente en el rendimiento.

5.2 RENDIMIENTO POR CABEZUELA

Las evaluaciones realizadas indican que los tres mayores rendimientos por cabezuela los presentaron materiales originarios de Estandzuela 116 (población 3). Sin embargo a nivel poblacional, la población 1 fue la de mayor rendimiento promedio superando a los testigos en un 29,7 %. Por otro lado, la población 2 rindió un 27 % menos que los testigos. No obstante, a pesar de que existieron diferencias apreciables entre las poblaciones y los testigos, no llegaron a ser significativas. Esto indicaría que se trata de una variable aleatoria que presenta un amplio rango de rendimientos.

El rendimiento por cabezuela está determinado por el número de flores por cabezuela y el porcentaje de formación de semilla. En este trabajo, si bien se midió el rendimiento por cabezuela, no se estudiaron ninguno de estos dos parámetros. Realizar un trabajo más detallado que determine el número de flores por cabezuela y el porcentaje de cuajado sería importante para poder así establecer a que se deben las diferencias entre las variedades y las progenies.

En relación a la bibliografía, Hawkins (1965) estudió la correlación entre el número de semillas por cabezuela y el número de flores por cabezuela para ocho variedades inglesas. Para uno de los años, estableció una correlación significativa de $r=0,8269$, pero al año siguiente la correlación fue no significativa y de tan sólo $r=0,4692$. En este trabajo, este autor también observó una correlación significativa de $r=-0,9575$ entre número de semillas por cabezuela y número de cabezuelas por unidad de superficie. Por su parte, Mandl (1972) en un trabajo con siete variedades entre ellas Estandzuela 116, obtuvo una correlación significativa de $r=0,8874$ entre el número de flores por cabezuela y el porcentaje de formación de semilla. Además, estos dos componentes presentaron altas correlaciones positivas con el número de semillas por cabezuela, que a su vez presentó una correlación significativa de $r=0,8424$ con el rendimiento total de semilla. De acuerdo con las observaciones realizadas por Mandl (1972), se puede interpretar que el mayor rendimiento por cabezuela de los materiales originarios de Estandzuela 116, estaría dado por un mayor número de flores por cabezuela y por un mayor porcentaje de formación de semilla.

5.3 PRECOCIDAD DE FLORACION

La precocidad de floración fue evaluada por apreciación visual de las parcelas, debido a que constituye una de las características asociadas al rendimiento de semilla.

Los promedios poblacionales indican que no existieron diferencias significativas entre las poblaciones y los testigos, salvo para la población 2 que fue significativamente más tardía.

La correlación fenotípica calculada entre precocidad de floración y rendimiento de semilla por parcela fue negativa y significativa (cuadro 9), indicando que cuanto más tardías las floraciones, menor producción de semilla. Esto coincide con lo observado por Taylor *et al* (1966), en donde las plantas de floraciones más tempranas fueron las de mayor rendimiento de semilla, debido a que presentaban un mayor número de cabezuelas.

La varianza aditiva calculada para esta característica fue significativa. La correlación aditiva entre rendimiento por parcela y precocidad de floración fue negativa, indicando que cuanto más tardía la floración menor rendimiento de semilla.

5.4 ESTUDIO GENÉTICO DE LAS POBLACIONES 2 Y 3

En las poblaciones 2 y 3, se determinaron las varianzas aditivas (cuadro 11 y 12) para las distintas variables estudiadas. Para la población 2, se observó que sólo la varianza de la variable precocidad de floración fue significativa. En cuanto a las correlaciones, en esta población, se destaca la alta correlación genético-aditiva existente entre el rendimiento por parcela y el rendimiento por cabezuela ($r=0.89$, cuadro 13). Esto sugiere que a través de la selección por altos rendimientos por cabezuela, se obtendrán también altos rendimientos por parcela. Sin embargo, esto no asegura que en la progenie se obtenga un alto rendimiento por unidad de superficie al seleccionar por rendimiento por cabezuela, debido a que la varianza aditiva de esta última no fue significativa (cuadro 11).

En la población 3, las varianzas aditivas fueron significativas para precocidad de floración y rendimiento por cabezuela. Para poder estimar la heredabilidad tanto de estas variables, como de la variable precocidad de floración de la población 2, sería necesario realizar un estudio genético más profundo sobre los demás componentes de la varianza genética. Además de una varianza significativa, en la población 3, se obtuvo una alta correlación genético-aditiva entre rendimiento por parcela y rendimiento por cabezuela ($r=0.56$, cuadro 14), que permitiría estimar el rendimiento por unidad de superficie a través de la selección indirecta por rendimiento por cabezuela, siendo éste último de fácil medición y practicidad. Para esta población, también se determinó una muy alta correlación genético-aditiva negativa entre el rendimiento por cabezuela y precocidad de floración ($r=-0.97$). A pesar de esto, si bien la correlación fenotípica entre estas dos variables fue significativa, no llegó a ser de gran magnitud. Una de las

explicaciones de la gran diferencia entre las correlaciones sería una posible sobreestimación de la correlación genético-aditiva, por el hecho de haberse realizado un solo experimento (para una única localidad y un solo año). Otra explicación podría ser la existencia de una correlación ambiental de signo contrario al de la correlación genético-aditiva, lo que determinaría que las fuentes de variación genética y ambiental afecten a los caracteres a través de mecanismos fisiológicos diferentes (Falconer, 1996).

Por último, hay que tener en cuenta que este trabajo fue realizado en una sola localidad y para un único año, el cual como ya fue mencionado presentó condiciones particulares. Además, hay que considerar que las variables estudiadas pueden ser muy afectadas por el ambiente. A pesar de esto, los resultados que se obtuvieron fueron congruentes, marcando claras diferencias entre las poblaciones. Esto permite entonces, continuar con el programa de mejoramiento y seleccionar de los materiales evaluados aquellos con mayor producción de semilla, conservando en todo momento las características agronómicas deseadas.

6. CONCLUSIONES

Los materiales de origen americano tuvieron floraciones significativamente más tardías que los testigos. Por su parte, las poblaciones 1 y 3 no difirieron significativamente de éstos.

Los rendimientos de semilla por parcela que alcanzaron las poblaciones, si bien no fueron bajos en relación a los testigos, se entiende que no llegaron a los rendimientos potenciales. Esto se debió principalmente a las condiciones climáticas desfavorables que ocurrieron para la producción de semilla. Las poblaciones 1 y 3 rindieron significativamente más que los testigos, superando a los mismos en un 56 % y 40 % respectivamente. En el caso de la población 2, el rendimiento fue prácticamente el mismo que los testigos.

Analizando el rendimiento por cabezuela, ninguna población difirió significativamente de los testigos a pesar de rendir la población 1 un 29,7 % más y la población 2 un 27 % menos que éstos. Esto indicaría que se trata de una variable aleatoria que presenta un amplio rango de rendimientos. A pesar de no existir diferencias significativas entre los promedios poblacionales, si hubo una gran variabilidad de rendimientos entre tratamientos que determinó diferencias significativas entre ellos.

Las correlaciones fenotípicas entre las variables estudiadas para los 89 tratamientos fueron todas significativas, siendo negativas entre las variables de rendimiento y precocidad de floración y positiva entre rendimiento por parcela y rendimiento por cabezuela.

Las varianzas genético-aditivas calculadas fueron significativas para las variables precocidad de floración y rendimiento por cabezuela en la población 3, en tanto que sólo la primera fue significativa para la población 2. La significancia de las varianzas aditivas indicaría que se trata de características heredables, aunque sería deseable tener estimadores más precisos de heredabilidad. Además, la correlación genético-aditiva entre rendimiento por parcela y rendimiento por cabezuela fue positiva y alta para ambas poblaciones. A partir de estos resultados se puede concluir que para ambas poblaciones, el rendimiento por cabezuela considerando como tal el número de semillas por cabezuela, sería un buen indicador indirecto del rendimiento por unidad de superficie.

7. RESUMEN

El trébol rojo es la leguminosa de mayor aporte de forraje durante el invierno en Uruguay. A pesar de esto, desde el punto de vista reproductivo presenta serios problemas para la producción de semilla. El objetivo de este trabajo es estudiar el potencial de mejoramiento genético en producción de semilla en las progenies de trébol rojo y evaluar la relación de algunos parámetros de selección indirectos asociados con esta característica.

El trabajo se realizó en 89 tratamientos agrupados en: 14 progenies originarias de Estanzuela 116, Kenland y Redman (población 1); 29 progenies originarias de Redman y Kenland (población 2); 42 progenies originarias de Estanzuela 116 (población 3) y 4 testigos (INIA Mizar, Estanzuela 116). Estos materiales provenían de varios ciclos de selección por rendimiento de forraje y semilla. Además, se seleccionó por resistencia a fusarium realizándose dos ciclos de selección sobre los materiales de la población 1 y un ciclo de selección en las poblaciones 2 y 3. Se determinó la precocidad de floración, el rendimiento por parcela y el rendimiento por cabezuela.

Los resultados indican que los materiales de origen americano presentaron una floración más tardía que los testigos. Por otra parte, las poblaciones 1 y 3 no difirieron significativamente de éstos.

Los niveles de rendimiento promedios por parcela alcanzados fueron de 41.48, 26.39, 37.26 y 26.59 gramos para las poblaciones 1, 2, 3 y los testigos respectivamente. Las poblaciones 1 y 3 rindieron significativamente más que los testigos, superando a los mismos en un 56 % y en un 40 % respectivamente. En el caso de la población 2, el rendimiento fue prácticamente el mismo que los testigos. Los rendimientos de las distintas poblaciones, si bien no fueron inferiores a los testigos, se estima que pudieron haber sido mayores de no haberse dado condiciones climáticas desfavorables para la producción de semilla.

Para la variable rendimiento por cabezuela, los rendimientos promedios obtenidos fueron de 44.32, 24.99, 36.65 y 34.17 miligramos para las poblaciones 1, 2, 3 y testigos respectivamente. Ninguna de las poblaciones difirió significativamente de los testigos, a pesar de que la población 1 rindió un 29,7 % más y la población 2 rindió un 27 % menos que éstos. Sin embargo, hubo un amplio rango de rendimientos entre tratamientos que determinó diferencias significativas entre ellos.

Un estudio genético más profundo se realizó en las poblaciones 2 y 3. Las varianzas genético-aditivas calculadas fueron significativas para las variables precocidad de floración y rendimiento por cabezuela en la población 3, en tanto que sólo la primera fue significativa para la población 2. La significancia de las varianzas aditivas indicaría que las características serían heredables, aunque sería descabido tener estimadores más precisos de heredabilidad. Además, la correlación genético-aditiva entre rendimiento por parcela y rendimiento por cabezuela fue positiva y alta para ambas poblaciones. Estos resultados permiten concluir que para la población 3 el rendimiento por cabezuela, considerando como tal al número de semillas por cabezuela, sería un buen indicador indirecto del rendimiento por unidad de superficie.

8. SUMMARY

Red clover is the legume with the highest forage yield under Uruguayan winter conditions. Nevertheless, from a reproductive point of view, it presents severe limitations for seed production. The purpose of this work is to study the potential for genetic improvement of seed production in progenies of red clover from the Breeding Program of La Estanzuela, and to evaluate the relationship of some indirect selection parameters associated with seed production.

The study covered 89 treatments grouped in: 14 progenies descending from Estanzuela 116, Kenland and Redman (population 1); 29 progenies descending from Redman and Kenland (population 2); 42 progenies descending from Estanzuela 116 (population 3) and 4 checks (INIA Mizar, Estanzuela 116). These materials came from several cycles of selection for forage and seed yield. In addition, selection for resistance to *Fusarium* was practiced, population 1 being subject to two cycles of selection and populations 2 and 3 to one cycle of selection. From this study, we determined the following characteristics: blooming precocity, yield per plot, and yield per head.

The results has shown that the american materials bloomed later than the checks. On the other hand, populations 1 and 3 did not differ from the checks significantly.

The levels of average yield per plot obtained were of 41.48, 26.39, 37.26, and 26.59 grams for populations 1, 2, 3 and checks, respectively. Populations 1 and 3 had yields significantly higher than the checks varieties, superating them by 56% and 40% respectively. In the case of population 2, the yield was similar to the check varieties. It is estimated that under more favorable weather conditions the yields of the different populations, could have been higher.

The average yields per head obtained were 44.32, 24.99, 36.65, and 34.17 milligrams for populations 1, 2, 3, and checks, respectively. None of the populations differed significantly from the checks, even though population 1 and 2 yielded 29.7% more and 27% less than the checks varieties respectively. However, there was a wide range of yields between treatments which determined significant differences between them.

A more detailed genetic study was done on populations 2 and 3. The calculated genetic-additive variances were significant for the variables blooming precocity and yield per head in population 3, while only the former was significant for population 2. The significance of the variables for these populations would indicate that these characteristics are inheritable. Furthermore, the genetic-additive correlation between yield per plot and yield per head was positive and high for both populations. These results allow us to conclude that the yield per head, considering as such the number of seeds per head, would be a good indirect indicator of the yield for population 3.

9. BIBLIOGRAFIA.

1. BIRD, J.N. 1944. Seed setting in red clover. *Journal of the American Society of Agronomy* 36(4): 346-357.
2. BOND, D.A. and FYFE, J.L. 1968. Corolla tube length and nectar height of F₁ red clover plants (*Trifolium pratense*) and their seed yield following honey-bee pollination. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 70(1): 5-10.
3. BUTLER, C.G.; FREE, J.B. and SIMPSON, J. 1956. Some problems of red clover seed pollination. *Annals of Applied Biology* 44(4): 664-669.
4. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464p.
5. _____. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur. 518 p.
6. COMSTOCK, R.E. and MOLL, R.H. 1963. Genotype environment interactions. **In** *Statistical genetics and plant breeding*. Ed. W.D.Hanson and H.F.Robinson. Washington, D.C., National Academy of Sciences. National Research Council. Publication no. 982.
7. CROSSA, J.; DeLACY, I.H. and TABA, S. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. **In** *Core collections of plant genetic resources*. Ed. T. Hodgkin, A.H.D. Brown, T.J.L. van Hintum, E.A.V. Morales. p. 77-89. New York, Wiley .
8. DAMISCH, W. 1963. Effect of biological factors on seed setting in red clover. *Biol. Zbl.* 82(3): 303-341.
Tomado de: *Herbage Abstracts* 34(1):37, 1964.
9. DIAZ, J.E. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 103 p.
10. FALCONER, D.S. and MACKAY, T.F. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4. ed. Harlow, Longman. 464 p.

11. FORDE, M. B.; HAY, M.J.M. and BROCK, J.L. 1989. Development and growth characteristics of temperate perennial legumes. **In** Persistence of forage legumes. Ed. G.C. Marten, A.G. Matches, R.F. Barnes, R.W. Brougham, R.J. Clements and G.W. Sheath. Madison, ASA. p. 91-109.
12. GARCIA J.; REBUFFO, M.; FORMOSO, F. y ASTOR, D. 1991. Producción de semillas forrajeras, tecnologías en uso. Montevideo, INIA. 40 p.
13. GUY, R. and GILLIAND, H. 1988. The production of red clover seed in the French-speaking part of Switzerland. *Revue Suisse d'Agriculture* 20: 5-9.
14. HAWKINS, R.P. 1956. A preliminary survey of red clover seed production. *Annals of Applied Biology* 44(4): 657-664.
15. _____. 1961. Observations on the pollination of red clover by bees, I. the yield of *Biology* 49(1):55-65.
16. _____. 1965. Factors affecting the yield of seed produced by different varieties of red clover. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 65(2): 245-253.
17. _____. 1969. Length of tongue in a honey bee in relation to the pollination of red clover. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 73(3): 489-493.
18. KISING, W. 1949. Untersuchungen über den Rotkleesamenbau unter besonderer Berücksichtigung des Ansatzes. [Seed production of red clover with particular reference to seed setting]. *J. Landw.* 91: 65-119.

Tomado de: *Herbage Abstracts* 20(3): 145. 1950
19. Mac VICAR, R.M.; BRAUN, E.; GIBSON, D. R. and JAMIESON, C. A. 1952. Studies in red clover seed production. *Scientific Agriculture* 32(2): 67-80.
20. MANDL, F. 1972. Estudio de algunos aspectos que afectan la producción de semilla en trébol rojo (*Trifolium pratense* L.). Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uru., Facultad de Agronomía. 45 p.
21. RINCKER C. M.; DEAN, J. G.; GARRISON, C. S.; MAY, R. G. 1977. Influence of environment and clipping on the seed-yield potential of three red clover cultivars. *Crop Science* 17: 58-60.

22. SMITH, D. 1962. Carbohydrate root reserves in alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil under several management schedules. *Crop Science* 2:75-78.
23. SMITH, R.R.; TAYLOR, N.L. and BOWLEY, S.R. 1985. Red clover. **In** *Clover science and technology*. Ed. N.L. Taylor. Madison, ASA. p. 458-468.
24. STARTLING, T. M.; WILSIE, C. P. and GILBERT, N. W. 1950. Corolla tube length studies in red clover. *Agronomy Journal* 42(1): 1-8.
25. STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics; a biometrical approach. 2. ed. New York, Mac Graw-Hill. 633 p.
26. STODDART, J.L. 1960. Factors affecting seed production of late-flowering red clover. Welsh Plant Breeding Station. Report. p. 94-98.
27. TAYLOR, N.L.; DADE, E. and GARRISON, C. S. 1966. Factors involved in seed production of red clover clones and their polycross progenies at two diverse locations. *Crop Science* 6: 535-538.
28. VAVILOV, P.P.; KABYSH, V.A.; PUTNIKOV, L.I. and ORLOVA, V.S. 1977. Factors responsible for the low seed productivity of red clover and ways to increase it. *Soviet Agricultural Science* 10:7-9.
29. WILSIE, C.P. and GILBERT, N.W. 1940. Preliminary results on seed setting in red clover strains. *Journal of the American Society of Agronomy* 32(3): 231-234.
30. WILSIE, C.P. 1949. Producing alfalfa and red clover seed in Iowa. *Agronomy Journal* 41(12):545-550.

10. ANEXO

ANEXO 1: Tratamientos en orden decreciente de precocidad de floración
(1 muy precoz, 5 muy tardío).

Tratamiento	Población	Precocidad de floración
49	3	0,934
41	2	0,965
44	3	0,995
47	3	1,327
64	3	1,341
4	1	1,357
76	3	1,665
78	3	1,697
1	1	1,935
56	3	2,008
58	3	2,008
81	3	2,045
52	3	2,072
6	1	2,286
5	1	2,317
12	1	2,317
86	Testigo	2,331
8	1	2,34
46	3	2,345
74	3	2,351
14	1	2,368
82	3	2,373
7	1	2,375
9	1	2,58
73	3	2,615
60	3	2,632
80	3	2,633
2	1	2,647
50	3	2,649
72	3	2,655
84	3	2,656
66	3	2,684
61	3	2,686
45	3	2,702
57	3	2,702
11	1	2,711
53	3	2,721
87	Testigo	2,959
48	3	2,969
79	3	2,981
3	1	2,998
51	3	3,004
67	3	3,009
89	Testigo	3,041
77	3	3,251
13	1	3,276
75	3	3,284

Tratamiento	Población	Precocidad de floración
71	3	3,295
29	2	3,302
32	2	3,302
88	Testigo	3,31
31	2	3,315
21	2	3,325
20	2	3,326
69	3	3,33
55	3	3,339
40	2	3,344
59	3	3,345
68	3	3,349
70	3	3,35
62	3	3,39
85	3	3,58
65	3	3,585
63	3	3,656
24	2	3,658
33	2	3,669
10	2	3,702
54	3	3,704
22	2	3,758
15	2	3,766
83	3	3,905
23	2	3,933
28	2	3,968
39	2	4,041
19	2	4,072
43	2	4,298
38	2	4,303
17	2	4,355
36	2	4,359
35	2	4,376
27	2	4,384
16	2	4,403
30	2	4,641
25	2	4,644
42	2	4,677
18	2	4,699
37	2	4,778
34	2	4,987
26	2	5,015
Promedio		3,094
DMS (5%)		1,182

ANEXO 2: Tratamientos en orden decreciente de rendimiento por parcela (en gramos).

Tratamiento	Población	Rend./parcela (gramos)
49	3	57,72
2	1	55,85
80	3	53,54
1	1	53,14
5	1	52,96
36	2	52,32
83	3	51,45
47	3	51,16
82	3	50,95
78	3	50,31
76	3	48,55
11	1	47,79
8	1	46,73
4	1	46,5
62	3	46,49
57	3	45,33
81	3	45,25
60	3	44,84
63	3	44,08
53	3	43,83
46	3	43,75
6	1	43,19
72	3	42,34
55	3	42,09
12	1	39,66
64	3	39,61
67	3	39,6
69	3	38
13	1	37,64
77	3	37,38
19	2	36,75
21	2	36,61
61	3	36,42
29	2	36,31
41	2	35,77
7	1	34,64
58	3	34,64
66	3	34,46
3	1	34,18
9	1	34,13
50	3	33,69
51	3	33,43
54	3	33,14
84	3	32,78
31	2	32,7
23	2	32,58
48	3	32,51

Tratamiento	Población	Rend./parcela (gramos)
32	2	31,83
30	2	31,51
71	3	31,47
73	3	31,47
56	3	31,42
38	2	31,31
87	Testigo	30,53
74	3	29,55
42	2	28,87
15	2	28,75
14	1	28,38
88	Testigo	27,77
89	Testigo	27,51
35	2	27,43
65	3	27,23
44	2	27,01
79	3	26,97
70	3	26,79
33	2	26,38
24	2	26,35
68	3	25,97
10	1	25,86
59	3	24,76
28	2	24,54
43	2	24,33
52	3	24,24
75	3	24,22
45	3	24,02
34	2	23,08
20	2	22,86
39	2	22,64
85	3	22,35
27	2	21,8
25	2	20,92
86	Testigo	20,55
17	2	18,84
22	2	18,21
40	2	18,19
37	2	17,64
18	2	14,82
16	2	12,44
26	2	9,47
Promedio		33,90
DMS (5%)		17

ANEXO 3: Tratamientos en orden decreciente de rendimiento por cabezuela (en miligramos).

Tratamiento	Población	Rend./cab. (miligramos)
78	3	71,94
49	3	71,43
47	3	65,74
4	1	65,24
64	3	63,56
1	1	59,75
81	3	59,54
2	1	56,99
11	1	56,11
41	2	55,36
44	3	52,98
5	1	51,49
36	2	50,85
76	3	50,65
80	3	50,12
13	1	49
57	3	47,59
72	3	45,18
29	2	45,14
77	3	43,33
61	3	42,74
8	1	42,25
12	1	41,63
88	Testigo	41,19
50	3	39,98
65	3	38,54
9	1	38,36
19	2	38,31
83	3	38,14
46	3	35,52
14	1	35,24
3	1	35,18
51	3	34,46
89	Testigo	34,00
60	3	33,67
53	3	33,46
30	2	32,94
84	3	32,59
71	3	32,56
45	3	31,7
82	3	31,47
87	Testigo	31,41
38	2	31,3
7	1	31,24
62	3	31,04
58	3	30,99
48	3	30,89

Tratamiento	Población	Rend./cab. (miligramos)
34	2	30,88
85	3	30,8
86	Testigo	30,09
67	3	29,93
10	1	29,86
35	2	28,96
23	2	28,49
56	3	28,2
6	1	28,08
70	3	27,97
24	2	27,08
74	3	27,08
59	3	26,75
73	3	26,66
52	3	25,57
18	2	25,33
66	3	24,81
69	3	24,4
39	2	24,01
68	3	23,7
32	2	23,22
75	3	22,88
20	2	22,71
15	2	22,69
55	3	22,02
21	2	21,45
17	2	21,25
28	2	20,97
79	3	20,9
63	3	20,57
31	2	20,53
25	2	20,21
26	2	20,13
40	2	19,57
42	2	18,6
54	3	17,3
33	2	16,04
27	2	15,28
16	2	14,94
43	2	11,47
37	2	9,27
22	2	7,74
Promedio		33,94
DMS (5%)		21,96

ANEXO 4: Valores del test de Dunnett para comparar cada población con los testigos.

	Población 1	Población 2	Población 3
Precocidad de floración	0,573	0,539	0,528
Rend./parcela	8,242	7,754	7,607
Rend/cabezuela	10,645	10,014	9,825