

EFFECTO DE DENSIDAD DE POBLACION EN LA
PRODUCCION DE SEMILLA DE ALFALFA

(Medicago sativa L.)

JUAN ADOLFO GARCIA MURILLO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN LA ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

Julio de 1987

**Efecto de Densidad de Población en la Producción de Semilla de
Alfalfa (Medicago sativa L.)**

Juan Adolfo García Murillo

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

**Maestro en Ciencias
En la Especialidad de Fitomejoramiento**

**Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"**



BIBLIOTECA



**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"**

Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila

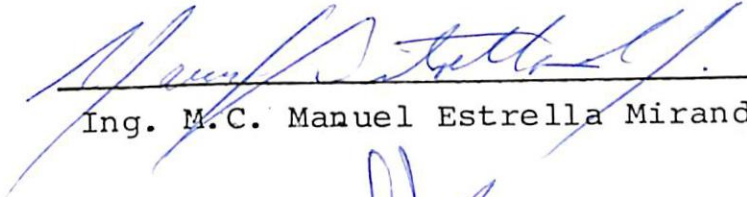
Julio de 1987

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de
Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de:

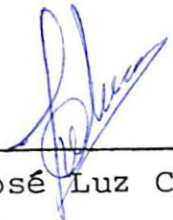
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

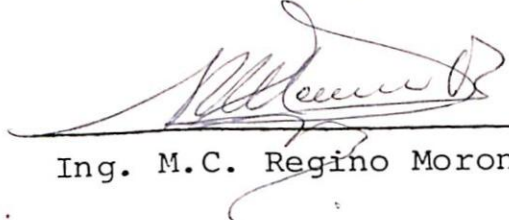
Asesor Principal:

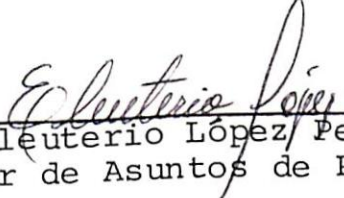

Ing. M.C. Manuel Estrella Miranda

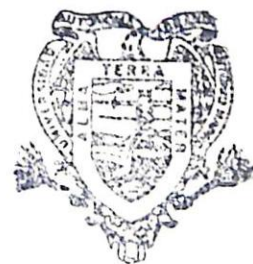
Asesor:


Ing. M.C. José Luz Chávez Araujo

Asesor:


Ing. M.C. Regino Morones Reza


Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Julio de 1987

COMPENDIO

Efecto de Densidad de Población en la Producción de Semilla de Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Por

JUAN ADOLFO GARCIA MURILLO

MAESTRIA
FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULIO 1987

Ing. M.C. Manuel Estrella Miranda - Asesor

Palabras clave: Alfalfa, densidad, producción, semilla.

Un estudio en alfalfa variedad Moapa-69 fue realizado para determinar el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de semilla por planta y por unidad de superficie, y evaluar la respuesta de plantas individuales en cuanto a componentes de rendimiento y su varianza en la contribución reproductiva.

Los mayores rendimientos de semilla fueron obtenidos a 20 y 30 cm entre planta, en surcos a 80 cm con cinco a siete plantas por metro cuadrado. El testigo sin arralar presentó mayor varianza en su contribución reproductiva. La densidad de población afectó significativamente la mayoría de componentes de rendimiento de semilla. El número de tallos con racimos, distribución de racimos, número de vainas

por planta y número de racimos por tallo determinan el rendimiento de semilla con un $r^2 = 0.981$.

ABSTRACT

Effect of Plant Density in Seed Production of Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

By

JUAN ADOLFO GARCIA MURILLO

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULIO 1987

Ing. M.C. Manuel Estrella Miranda. Major Advisor

Key words: Alfalfa, density, production, seed.

A study in alfalfa variety Moapa-69 was realized for determining the effect of plant density over the yield of seed per plant and by area unit and evaluate the response of individual plants related to yield components and its variance in reproductive contribution.

Largest yields of seed were obtained at distances of 20 and 30 cm between plants, 80 cm between rows with five to seven plants per m². Check without clearing presented larger variance in its reproductive contribution. Density of plants affected significantly most of the seed yield components. Number of stems with racemes, raceme distribution, number of pods per plants and number of racemes per stem determined seed yield with a $r^2 = 0.981$.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Indice de Cuadros	vi
Indice de Figuras	viii
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA	6
La Producción de Semilla de Alfalfa	6
El Concepto de Densidad de Población y sus Impli <u>ca</u> ciones	15
Densidad de Población Afectando al Cultivo de Al <u>f</u> falfa	20
Cambios en el Comportamiento Varietal.	29
Relación entre Componentes de Rendimiento	35
Distribución de Materia Seca en la Planta	36
MATERIALES Y METODOS	38
Descripción del Area de Estudio	38
Descripción del Cultivar en Estudio	39
Descripción del Experimento	40
RESULTADOS	60
DISCUSION.	139
CONCLUSIONES	155
RESUMEN	159
BIBLIOGRAFIA	161

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
3.1	Densidad de población estudiada	41
3.2	Partición y prueba de significancia de los - efectos en que se subdivide a la suma de cua- drados de tratamientos	55
4.1	Concentración de medias de rendimiento de fo- rraje en kilogramos por parcela.	61
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza de la característica rendimiento de forraje. .	63
4.3	Concentración de medias de componentes de ren- dimiento.	71
4.4	Cuadrados medios del análisis de varianza de los componentes de rendimiento en alfalfa. .	73
4.5	Producción de tallos por planta.	83
4.6	Concentración de medias observadas de algunos componentes de rendimiento por unidad de su- perficie.	105
4.7	Concentración de medias de rendimiento de se- milla observado y potencial	108
4.8	Cuadrados medios del análisis de varianza de la característica rendimiento de semilla por parcela	110

Cuadro		Pág.
4.9	Medias de producción de materia seca e <u>índice</u> de cosecha	115
4.10	Cuadrados medios del análisis de varianza - de la producción de materia seca.	116
4.11	Matriz de correlaciones de características agronómicas en alfalfa.	128
4.12	Producción de racimos de 20 plantas individuales tomadas al azar de cada densidad de población estudiada.	137

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
4.1	Rendimiento de forraje en Alfalfa A) Mayo de 1986, B) Agosto de 1986, C) Agosto de 1986 y D). Marzo de 1987.	67
4.2.	Altura de plantas de alfalfa a diferentes <u>es</u> paciamientos entre plantas	75
4.3	Producción de tallos en plantas de alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas. . .	77
4.4	Producción de tallos con racimos por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas	79
4.5.	Producción de tallos sin racimos por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas	82
4.6	Distribución de racimos en el tallo en centí metros, en plantas de alfalfa a diferentes - espaciamientos entre plantas	86
4.7	Número de vainas por racimo en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas. . . .	92
4.8	Número de racimos por tallo en alfalfa, a di ferentes espaciamientos entre plantas . . .	93
4.9	Número de racimos por planta en alfalfa, a - diferentes espaciamientos entre plantas. . .	97

4.10	Número de vainas por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas	99
4.11.	Número estimado de semillas por planta, usando componentes de rendimiento, a diferentes - espaciamientos entre plantas de alfalfa. . .	101
4.12	Rendimiento de semilla por parcela de 12 metros cuadrados en alfalfa, a diferentes espaciamientos entre plantas	112
4.13	Producción de materia seca por planta, A) Producción de materia seca total, B) Peso seco de tallos y hojas, C) Peso seco de flores y - frutos, en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.	119

INTRODUCCION

El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) forma parte de la historia de muchos pueblos, han sido encontradas evidencias históricas desde el año 1400 a.c., en las excavaciones arqueológicas de Corum-Alacohoyük en Turquía. Es un cultivo de importancia económica en un gran número de países del mundo.

Se estima que aproximadamente 33 millones de hectáreas son destinadas al cultivo de la alfalfa, considerándose a América del Norte como la región productora de alfalfa más importante en las estadísticas mundiales, pues reporta 18 millones de hectáreas dedicadas al cultivo de esta leguminosa, de las cuales 10 millones de hectáreas corresponden a Estados Unidos, que representa el principal país productor en el mundo.

En México se reportan 193,000 hectáreas destinadas al cultivo de la alfalfa para el año 1975; 220,000 hectáreas para el año 1979 y 279,000 hectáreas para el año 1986 aproximadamente, lo cual demuestra un aumento considerable en superficie y consecuentemente una demanda creciente de semilla. En relación a esto último, se considera que los programas de producción de semillas son insuficientes y generalmente se recurre a la importación de semilla de países como Estados

Unidos y España, las estadísticas nacionales reportan 5535, 5525 y 3110 toneladas de semilla de alfalfa importada para 1978, 1980 y 1982, respectivamente, con las consiguientes fugas de divisas y dependencia tecnológica que representan efectos nocivos a la economía agrícola mexicana.

La alfalfa es un cultivo importante por su volumen de producción de forraje y su calidad nutritiva y aún cuando su uso es limitado a sólo algunas especies y no se ha industrializado, su permanencia en el campo dada su característica de especie perenne influye en la obtención de ingresos permanentes a lo largo de todo el año, esta situación aunada a la demanda de forraje de la industria lechera principalmente, hacen del cultivo de alfalfa una actividad redituable y competitiva con respecto a otros cultivos.

Diversas experiencias coinciden en señalar a las regiones con períodos de clima árido-seco en su mayor parte del año como propias para la producción de semilla de alfalfa. La región lagunera y Paila Coahuila presentan tales condiciones, considerándose como mejor opción la segunda, la que a pesar de su menor área dedicada al cultivo no ha reportado problemas de pudrición texana; además de que en la misma no se cultiva el algodón, el cual requiere constantes aplicaciones de insecticidas que interfieren con la acción de polinizadores de alfalfa.

El Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) inició sus actividades en producción de

semilla de alfalfa a partir de 1981 en la región lagunera - tanto en aspectos de desarrollo (cursos, asistencias técnicas) como en investigación. En tales actividades se ha captado la necesidad de definir entre otros aspectos densidades óptimas de población. A la fecha se han usado densidades de siembra que varían entre 1.5 y 2.5 kg de semilla por hectárea, mismas que han sido usadas por productores en forma comercial. Considerando algunas evidencias de trabajos de investigación que muestran gran potencialidad de rendimiento de semillas en bajas densidades de población, situación observada en las actividades del CCDTs en poblaciones que casualmente quedaron disminuidas, éste ha definido como una de sus líneas de investigación el estudio del efecto de la densidad de población en el rendimiento de semilla que en su primera etapa considera la realización del presente estudio..

Se ha logrado observar también que las plantas de alfalfa en forma individual muestran marcadas diferencias en cuanto a producción de semillas se refiere, tales observaciones se han presentado tanto en poblaciones densas como escasas, estas manifestaciones pueden ser debidas a efectos propios del genotipo, a su capacidad competitiva con respecto a las plantas vecinas o bien a efectos ambientales.

Es importante determinar entonces si esa capacidad de producción se mantiene a través de las distintas generaciones de multiplicación, decrece o lo que es peor el genotipo (planta) muere. Es importante el estudio de estos aspectos, pues si se presenta una marcada diferencia en la con

tribución reproductiva de las plantas a la siguiente generación se podrá inferir entonces que en las generaciones subsecuentes habrá cambios en las frecuencias génicas por efectos de contribución diferencial de los genotipos y por lo tanto, una pérdida gradual de la identidad genética de la variedad, situación no deseable en un programa de producción de semillas.

Objetivos

1. Determinar el rango óptimo de densidades de población para obtener los más altos rendimientos de semilla de alfalfa bajo condiciones de la región de Paila, Coahuila.
2. Estudiar el comportamiento y tendencias de genotipos individuales respecto a su capacidad de producción de semillas hacia la siguiente generación de incremento.
3. Determinar el efecto de densidad de población, sobre la capacidad de producción de semillas en plantas de alfalfa, sobre componentes de rendimiento de semilla y otras características biológicas de las plantas.

Hipótesis de Trabajo

1. Bajas densidades de población, favorecen un incremento en el rendimiento de semilla de alfalfa y aumentan la producción de plantas individuales.
2. Altas densidades de población, favorecen los efectos competitivos entre los genotipos de alfalfa y reducen considerablemente su capacidad de producción de semillas y valores normales de crecimiento.
3. La capacidad reproductiva diferencial que en forma natural presentan los cultivares de alfalfa es más marcada en las poblaciones densas que en las poblaciones espaciadas.
4. La densidad de población afecta significativamente la expresión de los principales componentes de rendimiento de semilla y otras características biológicas de las plantas de alfalfa.

REVISION DE LITERATURA

La Producción de Semilla de Alfalfa

Una de las metas más generales del presente estudio es contribuir sistemáticamente en la definición de estrategias de producción de semilla de alfalfa y para lograrlo se considera importante el tener una comprensión integral de todo el proceso, con el objeto de enmarcar correctamente las aportaciones particulares que al respecto puedan ser derivadas de la presente investigación, se ha decidido incluir una breve revisión sobre el proceso de producción de semilla entendiendo a ésta como la serie de procedimientos, métodos y técnicas agronómicas desarrolladas y aplicadas en un programa de producción, para obtener los más altos rendimientos de semilla de alfalfa, que deberán ir acompañados con buenas características de calidad.

La calidad de la semilla es un factor muy importante en este proceso, ya que el objetivo de producción de la misma es utilizarla para siembra, en programas de resiembra de nuevos cultivares de alfalfa para producción de forraje, la identidad genética del cultivar, así como su capacidad de producción, establecimiento y persistencia en el campo, son aspectos fundamentales a considerar en un programa de semillas, lo cual hace que las siembras para producción de semillas difieran en metodología a los que se van a dedicar a -

la producción de forraje, aunque eventualmente algunos agricultores dedicados a la producción de forraje dejan los alfalfares avejentados para producción de semilla como producto secundario, lo cual desde ningún punto de vista es una práctica deseable, pues no se garantizan las mínimas normas de calidad que el proceso requiere.

Richard y Ahlgren (1967) indican que para obtener altos rendimientos de semilla de alfalfa se requiere una buena población de plantas, con crecimiento normal y relativamente ralas, con crecimiento sostenido para evitar el acame que según señalan reduce los rendimientos de semilla, mencionan también como requisito la presencia de insectos polinizadores, la ausencia de insectos dañinos y días secos, brillantes y soleados durante el período de floración y maduración, como prácticas de manejo complementarias sugieren la necesidad de llevar a cabo un corte de forraje previo a la cosecha de semilla, realizando el mismo en estados avanzados de floración para garantizar reservas de carbohidratos suficientes, la cosecha según estos autores debe realizarse cuando de dos terceras a tres cuartas partes de las vainas se han tornado café o negras, las principales plagas que atacan al cultivo para producción de semillas según estos autores son: el saltón de la hoja de la papa, la chinche lygus, el áfido de la alfalfa, el picudo de la alfalfa y el áfido manchado de la alfalfa, como enfermedades principalmente reportan la marchitez bacteriana y la mancha de la hoja de la alfalfa.

Las aportaciones de estos autores son muy completas y comprenden recomendaciones de autores anteriores como Buller (1957).

Hernández (1967) reporta rendimientos de semillas entre 180 y 930 kg de semillas en la Comarca Lagunera en lotes comerciales usando densidades de siembra de 3.280 kg/ha, los bajos rendimientos fueron obtenidos por la presencia de lluvias en la etapa del cultivo, lo cual obstaculizó la acción de polinizadores y favoreció la presencia de plagas de la semilla como chinche lygus y el calcido de la semilla de alfalfa. En esta referencia podemos observar los efectos de la alteración de algunos de los requisitos señalados por Richard y Ahlgren (1967) lo cual se manifiesta como una reducción - marcada del rendimiento de semilla.

Pedersen (1972) explica que las prácticas de producción de semilla involucran el desarrollo de muchas prácticas agronómicas entre las cuales establece, adecuar los requerimientos de plántulas a suelos bien drenados, bajos en alcalis y en sales solubles, con una profundidad mínima de 1.20 metros, de textura uniforme de preferencia areno-arcillosa o arcillosa, la distancia entre hileras depende de las características del suelo y del crecimiento del cultivo y la variedad que se trate, en suelos arenosos con plantas grandes se requieren espaciamientos de 1.20 a 1.50 m entre hileras, en suelos de textura media espaciamientos de 0.90 a 1.20 m y en suelos arcillosos con plantas más pequeñas espaciamientos de 60 a 90 cm son suficientes, distancias entre hileras que -

pueden ser variadas según la región de que se trate y las características de las variedades. Las densidades de siembra varían entre 0.5 a dos kg/ha pero la mayoría de los agricultores usan de una a 1.5 kg/ha estableciendo de 10 a 22 plantas por metro en hileras a 90 cm. La época de siembra es recomendable a comienzos del otoño o bien en primavera según la duración y persistencia de bajas temperaturas en invierno. El raleo de los cultivares de alfalfa tienen influencias positivas que se manifiestan en un mayor rendimiento de semilla. Las dosis de fertilización sólo han sido requeridas en suelos con deficiencias severas y en cantidades pequeñas generalmente 20 kg/ha de N y P aplicados antes o en el momento de la siembra.

El momento de la floración debe ser programado a las condiciones apropiadas que favorezcan la acción de polinizadores y eviten interferencias de otros factores. El control de malezas debe ser una práctica permanente y la cosecha - cuando es mecánica requiere de la aplicación previa de dese-cantes los cuales deben ser aplicados cuando dos tercios a tres cuartas partes de las vainas han pasado al color marrón oscuro.

El control de insectos debe llevarse a cabo según la magnitud del daño para evitar problemas en la semilla, debe cuidarse especialmente el daño de chinghe lygus y el calcido de la semilla sin afectar la acción de las abejas.

La serie de medidas y métodos de manejo de la alfalfa para producción de semillas expuestas por Pedersen (1972)

están definidas bajo diferentes regiones de producción de los Estados Unidos, sin embargo, como el mismo autor expone, hay algunos efectos o factores que pueden variar no sólo dentro de las regiones en estudio, sino en relación a las características específicas de cualquier zona de producción.

En México, Ortegón (1976) señala la necesidad de incrementar la producción de semillas de especies forrajeras como una forma de fomentar el desarrollo ganadero en el país, basado sobre todo en el volumen de las importaciones y en las perspectivas que ofrece esta área. Aguirre (1976) coincide con el señalamiento anterior y agrega que el 90 por ciento del área total sembrada de alfalfa en el país, es sembrada con semilla importada y el resto es sembrada con variedades criollas como Oaxaqueña, Atlixco y San Miguelito, identifica los problemas de producción de semilla de alfalfa como: la falta de identificación de zonas con potencial como productoras de semilla, falta de tecnología adecuada a las condiciones de nuestro país y la falta de personal calificado. Aguirre (1976) reporta estudios específicos de potencialidad como zonas productoras en Mexicali, B.C., La Laguna, Apatzingán y Valle Central de Oaxaca.

En Mexicali, B.C., espaciamientos entre hileras de 60 cm o camas de un metro a doble hilera presentaron rendimientos de 610 y 500 kg/ha respectivamente, las densidades más bajas de un kilogramo por hectárea permitieron obtener rendimientos de hasta 700 kg/ha.

En Apatzingán Michoacán, se estableció un lote semi-comercial de 1.5 hectáreas, con una densidad de siembra de 1.5 kg/ha, sembrada en camas de un metro a doble hilera, logrando obtener rendimientos de 920 kg/ha en dos cosechas por año.

Ortegón (1976) reporta un estudio en la región de Pabellón Aguascalientes, donde determinó que invariablemente las bajas densidades (un kg/ha) fueron superiores a las poblaciones más densas, aún cuando los rendimientos en lo general fueron bajos.

En un estudio de Galván y Espinoza (1979) en el Valle de Apatzingán se indica que las necesidades de semilla de alfalfa son del orden de 220 toneladas anuales para cubrir una superficie aproximada de 220,000 hectáreas al año y recomiendan para el establecimiento de lotes de producción de semilla suelos con poco contenido de arcilla de preferencia areno-arcillosos de fertilidad media, con una profundidad mínima de 50 cm y ausencia de malezas perennes, este debe ser preparado con un barbecho, uno o dos rastreos, nivelación y trazo de curvas de nivel. Antes de la siembra debe constatarse la efectividad del aislamiento del lote. La época de siembra más óptima según estos autores es el mes de noviembre, para obtener dos cosechas de semilla en el año - sugieren métodos de siembra a chorrillo a doble hilera sobre camas de un metro con separación de 50 cm entre hileras, realizando la siembra en seco, seguido de un riego. La densidad de siembra sugerida es de 1.5 a tres kg/ha, la cual -

antes de la siembra debe ser inoculada, la dosis de fertilización recomendada es de 40-80-00 al momento de la siembra y 100 unidades de fósforo durante el segundo año de producción, debe mantenerse el cultivo libre de malezas y aplicar riegos cada 15 días, recomiendan también un corte de forraje antes de dejar la planta para semilla a un 10 ó 15 por ciento de floración, siete a ocho colonias de abejas por hectárea y aplicación de desecante para facilitar la cosecha mecánica.

Como podrá observarse, en los estudios anteriores existen muchos puntos de convergencia en las metodologías - utilizadas tanto en Estados Unidos como en México, entre las cuales podemos destacar la necesidad de realizar la siembra en surcos y principalmente a bajas densidades aún cuando hay pequeñas diferencias en los efectos de otros factores.

Otros países como Bulgaria, reportan rendimientos de semilla de 114 a 271 kg/ha con densidades de población de - tres kilogramos por hectárea en surcos a 50 cm de separación (Sybtscheva, 1980), este autor señala que el primero más que el segundo corte sería usado para producción de semilla indicando que un factor que limita fuertemente la producción es la presencia de lluvias en la etapa de floración y maduración, lo cual estuvo asociado con la proporción de flores - abiertas polinizadas. En Rusia en la zona de Ukraina, Zharrinov (1979) reporta que el potencial de productividad de semilla de alfalfa fue de 1.1 a 3.58 ton/ha, basado en los valores actuales y máximos en el nivel de polinización, aún - cuando la productividad actual de semilla en esta región es

de 110 a 370 kg/ha y biológicamente el cultivo para esta zona está limitado a una producción máxima de 560 kg/ha.

En Argentina, Itria y Bariggi (1983) nos reportan que la media anual de producción de semilla de alfalfa fue de 50 a 350 kg/ha, dependiendo ésta oscilación de las condiciones prevalecientes en cada uno de los años de producción.

Bolton *et al.* (1972) reporta rendimientos promedios en kg/ha de semillas para un gran número de países, entre los cuales cita a Checoslovaquia con 80, Francia con 350, - Grecia con 490, Italia con 320, Polonia con 80, España con 1000, La India con 210 a 300, Israel con 336, Turquía con 163-245 y Sudáfrica con 320 kg/ha, esta información permite delimitar que México es un país con gran potencial en esta área, pues los rendimientos reportados en los estudios y en algunos lotes de producción comercial y semicomercial superan en gran medida los rendimientos de otras regiones del mundo que se encuentran afectadas por condiciones climáticas adversas a esta actividad.

Estrella y Dávila (1981) reportan rendimientos de 500 kg/ha en una sola cosecha en un lote de 19 hectáreas establecidas en la Comarca Lagunera, lo cual confirma la apreciación hecha acerca del potencial de rendimiento de semilla en las diferentes regiones de México.

Como podrá observarse, esta actividad es fuertemente influida por factores externos, además de la densidad de población, Lehman (1967) reporta que infestaciones de cálcido

fueron un factor limitante en el rendimiento y calidad de la semilla en el sur de California, Abu-Shakra *et al.* (1969) in indican que la irrigación y la densidad de población afectan la capacidad de producción de semillas, Walter y Jensen (1970) reportan a la temperatura y al régimen de humedad del suelo como factores importantes en la calidad y cantidad de semilla, Cohen *et al.* (1972) señalan que los tiempos de irrigación influyen en incrementos o decrementos de las reservas en las raíces y por lo tanto en el rendimiento de semilla. Pacuta (1976) concluye que el número de semillas duras fue mayor en un año de sequía, Field *et al.* (1976) indica que - la temperatura afecta la tasa de asimilación de fotosintatos y el intercambio de CO_2 en la planta, lo cual propicia cambios en los valores normales de crecimiento vegetativo a reproductivo al modificar los efectos fotoperiódicos de la - planta. Abu-Shakra *et al.* (1977) reporta que la frecuencia de corte de forraje afecta la capacidad de rendimiento de - semillas y el crecimiento del tubo polínico.

Korzum (1977) reporta que aplicaciones de insecticiudas granulados cuando las poblaciones de insectos eran altas incrementaron significativamente los rendimientos de semilla. Gasanenko (1977) reporta que los rendimientos de semilla dependen del tiempo de floración, del número de cortes, condiciones de humedad y de la presencia y acción de insectos polinizadores. Geller (1978) reporta que la fertilización con N, P y K incrementa el número de vainas, número de semillas por vaina y el peso de 1000 semillas. Sevecka y Mistina -

(1980) reportan que los rendimientos de semilla estuvieron - correlacionados con temperaturas, lluvia y radiación durante el período de crecimiento. Kumar *et al.* (1980) y Washington State University (1982) señalan la influencia de insectos como chinche lygus, cálcido de la semilla y áfidos como factores limitantes de la producción de semilla. Dawson y Rincker (1983) por su parte señalan que la presencia de malezas redujo fuertemente los rendimientos de semillas en Washington.

El Concepto de Densidad de Población y sus Implicaciones

El efecto de densidad de población sobre el comportamiento de las plantas es quizá uno de los factores mayormente estudiados en la historia y evolución de los cultivos - agrícolas, como lo revela el gran número de estudios relacionados con este aspecto, sin embargo, sus efectos no pueden - ser generalizados a todas las regiones y esta característica hace que el mismo siga manteniéndose como un tema de actualidad sobre todo en aquellas regiones de reciente incorporación al cultivo de una especie determinada, o en su caso de reciente incorporación a paquetes tecnológicos orientados a superar prácticas tradicionales y mejorar o diversificar la producción de un cultivo.

Un estudio clásico del concepto de densidad de población es la investigación realizada por Donald (1963) en la - cual el autor nos indica que la densidad de población está estrechamente relacionada con el efecto de competencia y -

señala que este efecto ocurre "cuando cada uno de dos o más organismos buscan proporcionarse algún factor particular y cuando la existencia inmediata de tal factor es inferior a la demanda combinada de los organismos", con esta definición el autor explica que el efecto de competencia, es una expresión biológica de la alteración del equilibrio entre demanda de satisfactores y disponibilidad de los mismos, en una estación de crecimiento y señala que una de las formas mas comunes de romper este equilibrio y propiciar efectos de competencia es incrementar la densidad de población por unidad de superficie, lo cual según el autor conlleva a relaciones de competencia interplanta e intraplanta en el caso de monocultivos o bien interespecíficos, intraespecíficos o intraplantas para el caso de cultivos múltiples o monocultivos en competencia con malezas, estas diferenciaciones según se especifica presentan diferencias sólo de grado, pues todas ellas - representan expresiones del mismo proceso y es deseable tratar de reducir al máximo estos efectos aún cuando algunos de ellos formen parte de la naturaleza misma del cultivo que se trate, la distribución y relaciones de competencia por la translocación de fotosintatos a determinados órganos de la planta, es un ejemplo de competencia intraplanta que es difícil de ser controlado aún cuando se minimicen el resto de efectos.

Donald (1963) señala que la densidad de población afecta más el comportamiento de un monocultivo cuando este se encuentra en estados avanzados de crecimiento que cuando

está en sus etapas iniciales y ello es consistente con las - necesidades crecientes del cultivo por satisfactores como - agua, luz y nutrientes, conforme avanza en la estación de - crecimiento. Señala también que en las primeras etapas de - desarrollo ocurre una relación lineal entre densidad y rendimiento (biológico), pero conforme avanza el desarrollo de la planta ésta relación es substituida por una relación curvilinear, donde el rendimiento se eleva hasta un máximo y luego se mantiene constante o decrece en su caso dependiendo de la densidad de población usada, señala también que las plantas muestran extrema plasticidad, respondiendo marcadamente en - tamaño y forma a las condiciones ambientales, una de las más potentes de estas fuerzas externas es la presencia de competidores, los cuales pueden reducir una planta a un tamaño diminuto.

Lo anterior quiere decir que cuando las plantas son ampliamente espaciadas bajo condiciones favorables de agua, luz y nutrientes, la competencia no ocurre entre ellas y puede continuar su crecimiento en forma normal sujetas sólo a - las relaciones de competencia intraplanta, en contraste plantas en poblaciones densas muestran una reducción del crecimiento el cual se expresa en forma progresiva conforme la - competencia se intensifica y pueda llegar a reducir las poblaciones, por efecto de mortalidad de plantas en condiciones extremas de competencia es lógico esperar entonces que cuando se cultivan poblaciones densas la reducción de genotipos sea mucho más marcada que cuando se cultivan poblaciones escasas

o ralas, otra implicación no menos importante sería que ambas poblaciones presentarían contribuciones diferenciales de semilla, pues mientras un tipo de población es altamente productiva la otra presenta reducciones marcadas en su producción y supervivencia.

Willey y Heat (1969) confirman las contribuciones de Donald y puntualizan que la población de plantas es definida no sólo en términos del número de plantas por unidad de superficie, a lo cual denominan densidad de plantas, sino también por el arreglo de estas plantas en el campo, lo cual - definen como arreglo espacial o rectangularidad de plantas. Señalan estos que pocos trabajos han distinguido entre estos dos aspectos y muchos trabajos han estudiado el efecto combinado con diferentes densidades a un ancho de hilera constante, concluyen que es un error asumir que el efecto de población es expresado únicamente por la densidad de plantas.

Willey y Heat (1969) indican que las relaciones biológicas entre densidad de plantas y rendimiento de los cultivos pueden ser: Asintóticas, donde incrementos en densidad propician un rendimiento máximo y estos se mantienen relativamente constantes mas allá de un límite de densidad determinado y parabólicas donde el rendimiento tiende a un máximo - pero declina rápidamente al incrementar las densidades. Los autores hacen una descripción completa de este tipo de relaciones y concluyen de la misma forma que Donald (1963) que este tipo de relaciones pueden ser expresadas por ecuaciones matemáticas que van desde las más simples hasta las más -

complejas, dedicando especial atención a las ecuaciones inversas basadas en la relación matemática entre la media recíproca de rendimiento por planta y la densidad.

Es de importancia para el presente estudio específicamente el efecto de la densidad de población sobre la mortalidad y eliminación de plantas en la población, la causa biológica de este aspecto explicada por la competencia entre plantas es un factor fundamental, sin embargo, hay otros factores que pueden acelerar su efecto, uno de ellos es la constitución genética de la población en términos de su nivel de endogamia y alogamia; Hill (1976) reporta que grandes diferencias fueron observadas en respuesta a la endogamia y en lo general ésta reduce el vigor de las plantas; Kehr (1976) por su parte reporta que existe correlación entre el porcentaje de fertilización cruzada y la producción de semillas - aún cuando este no estuvo correlacionado con la producción de forraje. Ambos autores analizan separadamente la influencía de la endogamia de las poblaciones que dieron origen a las poblaciones estudiadas y es interesante resaltar dos aspectos fundamentales de su contribución; el primero referido a la reducción del vigor explicado sólo por causas genéticas, el cual agravaría aún más la mortalidad en poblaciones de alta competencia y el segundo relacionado a la contribución diferencial de semilla de las plantas por efectos de alogamia y endogamia en la población de origen, lo cual viene conjuntamente con el aspecto anterior a hacer más complejas las relaciones de competencia y la preservación de la identidad genética de un material en varias generaciones de multiplicación.

Lo anterior es confirmado por Veronesi y Lorenzetti (1983) los cuales realizaron un estudio en poblaciones de alfalfa formadas por mezclas de semilla F_1 y S_1 encontrando - que el rendimiento de plantas S_1 fue más bajo que el de plantas F_1 , en el establecimiento no hubo diferencias significativas, sin embargo, la supervivencia de plantas S_1 fue significativamente más baja, la eliminación selectiva de plantas S_1 se inició el año de establecimiento y se incrementó con el tiempo y un año después sólo pocas plantas S_1 sobrevivieron, el porcentaje de eliminación de plantas varió desde 36 a 46 por ciento en respuesta de las diferentes proporciones de semilla S_1 en los compuestos.

Las conclusiones de este trabajo son consistentes con lo señalado por Donald (1963) en el sentido de que la competencia se intensifica con el estado de desarrollo del cultivo, pues como pudo constatarse en este estudio no se encontró diferencia significativa en el establecimiento, pero posteriormente la eliminación de plantas principalmente S_1 fue muy marcada aún cuando también afectó a plantas F_1 en menor proporción.

Densidad de Población Afectando al Cultivo de la Alfalfa

El cultivo de la alfalfa presenta relaciones biológicas muy complejas tanto con el ambiente de crecimiento como con las diferentes entidades bióticas que interaccionan y - compiten con su desarrollo, un efecto que limita fuertemente

la multiplicación de la alfalfa, afectando su potencial de producción de semillas es el efecto de densidad de población el cual fue ya discutido en relación a su concepto y a sus implicaciones generales en las poblaciones de alfalfa; es importante definir ahora cuáles son los efectos específicos de este factor y cuál ha sido hasta la actualidad el nivel de estudio del mismo y las contribuciones de los diferentes autores al respecto.

Rumbaugh (1963) indica que cuando dos variedades de alfalfa fueron espaciadas 13.3, 26.67, 53.34 y 106 cm en forma equidistante, el rendimiento de materia seca por planta fue reducido conforme se incrementaba la densidad de población, el diámetro de la corona y el número de tallos también se redujo. Por su parte, la longitud de los tallos presentó una respuesta curvilínea al tratamiento de densidades, obteniéndose la máxima longitud de tallos al espaciamiento de 53 x 53 cm, observó también este autor que las relaciones entre las variables independientes también fueron alteradas, reporta correlaciones simples: entre materia seca y diámetro de la corona entre 0.36 y 0.79, materia seca total y longitud de tallos entre 0.33 y 0.75 y para materia seca total y número de tallos 0.12 a 0.69. Cowett y Sprague (1963) por su parte y en forma independiente llegan a los mismos resultados y agregan que encontraron correlación negativa entre el número de tallos por planta y la densidad de población, lo cual también corrobora los resultados de Rumbaugh (1963); estos autores estudiaron poblaciones de 10, 43 y 86 plantas por metro cuadrado.

En años posteriores Dovrat *et al.* (1969) reportan - que la altura y el peso del rebrote después del corte en hileras espaciadas es más baja que en hileras no arraladas, - explican que este comportamiento estuvo positivamente asociado con un incremento en el número de racimos por tallo y ramas por tallo, los rendimientos de semilla fueron 350, 446 y 396 kg/ha para el testigo, 22.5 y 45 cm, respectivamente; el espaciamiento de 22.5 cm fue superior en vainas por racimo y racimos por tallo en relación a los otros tratamientos. En una segunda cosecha en el mes de octubre el comportamiento fue similar, aún cuando los rendimientos de semilla fueron - muy bajos, debido a que el avance de la estación fue desfavorable para la producción de semillas, reduciéndose sus rendimientos a 57, 173 y 102 kg/ha del testigo, 22.5 y 45 cm, respectivamente. Reportan también que los rendimientos de semilla, número de racimos por tallo y vainas por racimo estuvieron positivamente asociados con el por ciento de carbohidratos en las raíces con $r=0.90$, $r=0.88$ y $r=0.93$, respectivamente.

Melton (1972) reporta una serie de estudios sobre el rendimiento de semilla de alfalfa, aquí nos referimos sólo al de métodos de plantación y densidad de siembra, en el - cual el autor evaluó métodos de plantación en surcos y al voleo, en la siembra en surcos se usó distancias entre hileras de 30, 60, 96 y 101 cm, con densidades de siembra de - 0.280, 0.560, 1.120, 2.24, 4.472 y 8.964 kg/ha, el método al voleo por su parte fue evaluado a densidades de 1.120, 2.24,

4.472, 8.964 y 16.812 kg/ha, comparando ambos métodos a un - testigo sembrado al voleo a una densidad de 22.416 kg/ha; el autor concluyó que si se quiere sembrar a 30 cm entre hileras la mejor densidad oscila entre 0.560 y 1.120 kg/ha, hileras a 60 cm la mejor densidad oscila entre 0.280 y 5.560 kg/ha, hileras a 96 cm la mejor densidad es de 0.560 kg/ha y por - último si se desea sembrar al voleo la mejor densidad oscila entre 2.24 y 4.472 kg/ha. El mejor rendimiento se obtuvo en densidades de 0.280 a 1.120 kg/ha, cuando la siembra se realizó en surcos y las mejores distancias entre surcos oscilan entre 30 y 60 cm, reporta también el autor que hay variabilidad en el rendimiento de semilla entre variedades, pero que este rendimiento varió considerablemente entre años, los rendimientos de semilla oscilaron entre 175 y 823 kg/ha, la variedad Moapa, por ejemplo rindió 197 kg/ha en 1961, la cita de esta variedad en lo específico se tomó porque esta es la variedad de la cual se derivó principalmente Moapa-69 y ésta última es la variedad objeto de estudio del presente trabajo.

Es conveniente puntualizar que el trabajo anteriormente enunciado es una de las referencias más ilustrativas y completas sobre el tema, donde se establece casi en forma definitiva que la siembra en surcos o hileras es mas conveniente para la producción de semilla de alfalfa, sin embargo, - existen estudios más recientes sobre el particular que corroboran las contribuciones de los autores citados.

Rivera (1973) evaluó distancias entre surcos de 50, 90 y 130 cm y densidades de siembra de uno, tres y nueve -

kilogramos por hectárea, encontrando que 50 cm entre surcos produjo mayor cantidad de semillas. Wynn y Palmer (1974) reportan buenos rendimientos de semilla a partir de densidades de siembra entre 0.5 y dos kilogramos por hectárea y rendimientos de forraje mas reducidos en la densidad de 0.5 kg/ha, pero puntualizan que las reducciones no fueron muy grandes, este último señalamiento es importante porque esto implica - que poblaciones reducidas pueden ser aprovechadas también para producción de forraje, en forma alternada a altos rendimientos de semilla, se establece entonces el doble propósito de la siembra de alfalfa orientadas a la producción de semillas. Medvedev (1975) confirma los resultados de los autores anteriores reportando que los rendimientos de semilla fueron más altos en poblaciones arraladas que en poblaciones densas. Ivanov *et al.* (1975) llega a los mismos resultados y reporta rendimientos de semilla de 564 a 593 kg/ha cuando se sembró en hileras espaciadas y 440 kg/ha cuando se sembró en hileras a 15 cm.

Varga *et al.* (1976) reportan el uso de densidades en alfalfa para producción de semillas de uno, dos, cuatro y - ocho kilogramos por hectárea, los mayores rendimientos de se milla según estos autores fueron obtenidos entre dos y cuatro kilogramos por hectárea.

Pankiw *et al.* (1977) explica que todos los cultivos fueron capaces de compensar en el segundo y tercer año las diferencias causadas por el uso de diferentes densidades de siembra e indica que ciertos componentes de rendimiento como

el número de flores por inflorescencia y número de semillas por vaina no varía dentro de años, el potencial de semilla fue abatido por lluvias, suelo, fertilidad y poblaciones de polinizadores los cuales afectaron principalmente al número de racimos o de inflorescencias.

Sevecka (1979) cuando evaluó densidades de 20 kg/ha en hileras a 12.5 cm, 10 kg/ha en hileras a 25 cm, cinco kilogramos por hectárea en hileras a 50 cm y 3.33 kg/ha en hileras a 75 cm encontró que el mejor método fue cinco kilogramos por hectárea en hileras a 50 cm y complementa señalando que usar el rebrote del primer corte de forraje para semilla fue económicamente más efectivo que no realizar ningún corte agregando además que la precipitación en el estado de floración afectó drásticamente el rendimiento de semillas.

Dos nuevos elementos han sido incorporados al análisis, la influencia de los cortes de forraje en el rendimiento de semillas que como fue discutido en otras secciones, - está vinculado a las reservas de carbohidratos en las raíces. El otro elemento mencionado es la influencia de las - lluvias en la etapa reproductiva, que ya había sido considerada por otros autores y que se encuentra afectando conjuntamente con la densidad de población el rendimiento de semilla.

Zurabiev y Savel (1981) evaluaron dos densidades: cinco y 10 kg/ha en diferentes distancias entre surcos (15, 30 y 60 cm) al tercer año de establecimiento, las plantas sobrevivientes por metro cuadrado fueron 80, 73 y 57 para la - densidad de 10 kg/ha evaluada a 15, 30 y 60 cm entre hileras

respectivamente y 61, 47 y 33 para la densidad de cinco kilogramos por hectárea a las mismas tres distancias entre surcos.

Los resultados del presente estudio corroboran lo se ñalado por Pankiw *et al.* (1977) en relación al efecto compensatorio aún cuando en este caso los efectos de competencia fueron comunes a ambas densidades, pero es claro que fue más drástica la eliminación de plantas en la alta densidad.

Varga *et al.* (1981) evaluó densidades de uno, dos, cuatro, ocho y 16 kg/ha en hileras de 12.5 cm aparte y concluye que altos rendimientos de semilla de alfalfa fueron obtenidos con las densidades uno, dos y cuatro kg/ha, lo cual fue variable dependiendo de la localidad en estudio, pues - los experimentos fueron repetidos simultáneamente en seis localidades diferentes, los rendimientos oscilaron entre 218 y 411 kg/ha.

La importancia de esta referencia está relacionada - con un señalamiento mencionado al inicio del presente capítulo donde se puntualizaba que los efectos de la densidad de - población no pueden ser generalizados a todas las regiones, ésta referencia lo confirma plenamente, pues los resultados denotan una relación muy estrecha entre los efectos de la - densidad de población y las condiciones ambientales, lo cual lleva implícito que aún cuando los efectos de densidad de población esten ampliamente estudiados, las particularidades impuestas por las zonas de producción lo siguen manteniendo

como un tema de actualidad que tiene que seguir siendo estudiado.

Maslinkov *et al.* (1982) usaron densidades de población de dos a ocho kilogramos por hectárea y reportan que las bajas densidades de siembra incrementaron significativamente el número de ramas, el número de flores y frutos, el número de vainas y el número de semillas por vaina, pero redujeron los rendimientos de forraje.

Kowithayakorn (1982) reporta el efecto combinado de espaciamientos entre plantas y altura del corte en la producción de semillas y concluye que los rendimientos de forraje fueron afectados más por el espaciamiento de plantas que por la altura del corte, 44 a 100 plantas por metro cuadrado produjeron los máximos rendimientos de forraje por unidad de área, cortes tempranos y altos bajaron los rendimientos significativamente, indica además que la producción de semilla depende de los rendimientos de semillas por plantas más que del número de plantas por unidad de área. Amplios espaciamientos promovieron mas ramas y flores por planta y altos rendimientos de semillas por planta, una densidad de 11 a 25 plantas por metro cuadrado dieron los máximos rendimientos de semilla. Este mismo autor reporta un estudio más en el año de 1983, donde corrobora los resultados anteriormente expuestos.

A manera de reflexión de los aspectos analizados, se considera de importancia señalar que los procedimientos de -

estudio de un mismo efecto, en este caso la densidad de población, son extremadamente variables, así como las conclusiones de cada autor en relación a la densidad óptima, sin embargo, hay puntos de convergencia que establecen una relación entre todas las referencias mencionadas, entre los cuales podemos mencionar la aceptación casi general de que la densidad de población afecta al cultivo de la alfalfa tanto a nivel de plantas individuales como a nivel de poblaciones, especial atención se dedica al efecto de densidad en la producción de semillas y en lo general, concluyen que bajas densidades son más deseables para incrementar los rendimientos de semilla de alfalfa y convergen también al señalar que la siembra en surcos es más recomendable para programas de producción de semillas.

Algunos investigadores como Leach y Clements (1984) señalan que cuando la alfalfa se cultiva en poblaciones puras, las poblaciones iniciales, las cuales son proporcionales a la densidad de siembra convergen rápidamente hacia una densidad común, pues según reportan cinco densidades establecidas a rangos de densidades de 2.5 a 200 plantas por metro cuadrado, después de un período de dos años solamente presentaron de cuatro a 26 plantas por metro cuadrado y las diferencias subsecuentes fueron no significativas, la reducción de la población señalan, puede ser descrita por una función exponencial, por otra parte, en las poblaciones densas la competencia intraespecífica por agua puede ser tan severa como la competencia interespecífica y la población declina -

rápidamente, explican también que la alfalfa tiende a establecer un equilibrio de un número muy reducido de plantas - por metro cuadrado cuya frecuencia tan baja no le permite excluir el crecimiento de malezas y dar buenos rendimientos - aún cuando aprovechan mejor la energía solar.

Lo anterior permite afirmar en forma definitiva que las reducciones de las poblaciones es un fenómeno que se presenta en el cultivo de alfalfa en forma permanente y está estrechamente relacionado con los efectos de competencia determinados a su vez por la densidad de población y el espaciamiento o arreglo espacial de las plantas en el lote de producción. Esto ocurre también en otras especies como señala McGraw *et al.* (1986) el cual estudió el efecto de densidad de población en el rendimiento de semilla de Birdsfoot trefoil y concluyó que la densidad de población requerida para la producción de semillas es más baja que aquellas requeridas para producción de forraje.

Cambios en el Comportamiento Varietal

Uno de los objetivos principales en un programa de producción de semillas es el de conservar la identidad genética de una variedad generación tras generación de incremento, es decir, establecer un equilibrio en el comportamiento genético de la variedad sin que esta sufra cambios significativos en sus frecuencias génicas y genotípicas que determinen comportamientos varietales diferentes al de las variedades originales. Garrison (1960) nos reporta que la estabilidad

genética y el comportamiento varietal puede ser mantenido me
 jor cuando la semilla es producida en el ambiente donde la -
 variedad fue desarrollada, lo cual según este mismo autor no
 siempre es posible, pues la semilla de pastos y legumbres es
 producida generalmente en ambientes que estan localizados a
 miles de kilómetros del lugar original y sobre cada uno de -
 esos ambientes las presiones selectivas son intensas, cambios
 genéticos pueden ocurrir y afectar el comportamiento varietal
 y estos pueden ser causados por generaciones ilimitadas de -
 incremento, prácticas de manejo y regiones de producción de
 semilla que difieran climáticamente del área donde una variede
 dad fue desarrollada, aclara también este autor que pueden -
 ocurrir cambios de frecuencia génica en una variedad cuando
 dentro de ellas hay individuos favorecidos por el ambiente.

Los conceptos enunciados por Garrison (1960) son aplica
 bles completamente a las condiciones en que se desarrolla
 el presente estudio, pues la variedad estudiada fue producida
 en ambientes diferentes al lugar en donde se tiene el prop
 ósito de multiplicarla los riesgos de introducir cambios en
 su comportamiento son muchos, específicamente si no se estudi
 a correctamente el número adecuado de generaciones de incre
 mento y el manejo agronómico donde se involucra necesariamen
 te el efecto de densidad de población. Este último aspecto
 , puede favorecer la contribución de ciertos individuos de
 la población y reducir la posibilidad de contribución de otro
 s individuos de la misma población, lo cual es común en
 poblaciones densas donde los individuos con mayor capacidad
 competitiva tendrían mayor posibilidad de aparecer en la -

progenie y a largo plazo cambiar las características originales de la variedad; este efecto deberá ser gradual, si consideramos la naturaleza reproductiva de la especie, sin embargo, su ocurrencia es aceptada y establecida experimentalmente.

Kastenbauer y Garrison (1974) reportan que la multiplicación de cultivares de alfalfa de origen Alemán en tres sitios de Estados Unidos no ocasionó cambios significativos en rendimiento de forraje, sin embargo, detectaron una tendencia hacia tipos de floración tardía y reducida supervivencia al invierno; esto significa que es posible multiplicar cultivares en regiones alejadas de su lugar de origen, siempre y cuando se limite el número de generaciones de multiplicación y se detecten los pequeños cambios que necesariamente ocurren en el cultivar. Los estudios de Bula *et al.* (1974) confirman este aspecto, ya que reportan variaciones en el peso del rebrote e indican también un cambio gradual de la población hacia plantas altas y pérdidas de resistencia al invierno con generaciones avanzadas de incremento, lo cual viene a confirmar la tendencia inicialmente detectada por Kastenbauer y Garrison (1974), señalan también los autores que se incrementó también el porcentaje de plantas con flores púrpura cuando la multiplicación se llevó a cabo en el oeste de los Estados Unidos.

Zambrana (1975) estudió en una siembra de dos años los efectos del número de multiplicaciones y años de cosecha de una primera y segunda multiplicación de cultivares de Israel y México sembrados en Cuba, encontrando que los rendi-

mientos fueron siempre superiores en las poblaciones multiplicadas aún cuando reportan que las variedades procedentes de Israel mostraron incrementos en la tasa de supervivencia y los cultivares de México mostraron reducciones sobre todo en la tasa de supervivencia, lo cual nos demuestra que los cambios pueden ser orientados en sentido positivo o negativo, dependiendo de la zona de multiplicación.

Rumbaugh y Johnson (1983) indican que los cambios sufridos en una alfalfa cultivada en ambientes semiáridos tienen hacia más características fenotípicas de *Medicago sativa* que *Medicago falcata*, es decir, la reproducción de cultivares en estas condiciones favorece más a *M. sativa* que a *M. falcata* y ello propicia un cambio gradual hacia una alta frecuencia de plantas con el tipo de *M. sativa*.

Los resultados de este estudio son consistentes con el tema en discusión y serían aplicables a cultivares derivados de cruza entre las dos especies mencionadas, cuya constitución genética involucra genomi^{os} completos de las dos especies, como evidencia experimental es bastante ilustrativa de los efectos del ambiente favoreciendo a individuos específicos dentro de una población.

CIMMYT (1985) y Kernick (1961) proponen que la producción de semilla original y básica se efectúen en el lugar de origen y que la semilla certificada es factible de ser multiplicada en zonas de producción diferente, con ello se refieren a que la selección natural que conlleva a la eliminación de genotipos en forma natural es un efecto que no

debe despreciarse, sobre todo en los primeros niveles de incremento.

De hecho como lo explica Falconer (1970) no siempre los individuos de una población contribuyen en la misma proporción sus gametos a la siguiente generación y ello ocurre por diferencias en viabilidad y en fertilidad, lo cual según el autor tiene como consecuencia un cambio en las frecuencias génicas. Rowe (1985) concluye al respecto que la variabilidad planta a planta en producción de gametos en el caso de la alfalfa, indica incrementos en los niveles de endogamia y probablemente cambios significativos en frecuencias génicas cuando estudió seis cultivares de alfalfa. Este autor propone que el tamaño efectivo de población N_e calculado a partir de la varianza de la producción gamética de las plantas, asumiendo que la producción de gametos fue proporcional al número de racimos por planta, es un indicador tentativo para determinar si un cultivar es susceptible de cambio o no en una región determinada. Los valores de N_e darían resultados ideales, los cuales ocurrirían sólo con igual contribución gamética por cada planta a la siguiente generación, sin embargo, el autor encontró que los valores de N_e fueron constantes en relación a años de producción aún cuando los rendimientos fueron variables dentro de años.

El autor propone un procedimiento para estimar la endogamia efectiva de la población $N_{e(i)}$ y la varianza efectiva de la población $N_{e(v)}$ donde $N_{e(i)}$ es un estimador de la endogamia y $N_{e(v)}$ es un estimador de la deriva genética aleatoria, pues sus valores son inversamente proporcionales a los valores de

$Ne(i)$ y $Ne(v)$ por lo tanto, conforme éstas se reducen la endogamia y la probabilidad de cambios genéticos se incremen-
tan.

$$Ne(i) = (N\bar{K} - 1) / (VK/\bar{K}) + \bar{K} - 1$$

$$Ne(v) = \left| (2N - 1)\bar{K} \right| / \left\{ 2 \left| 1 + (VK/\bar{K}) \right| \right\}$$

donde:

N = al número de plantas en una población

$\bar{K}$ = es el número promedio de gametos por planta

V_k = es la varianza de la producción de gametos entre plantas en una población

Rowe (1985) propone que se puede asumir que el número de racimos es una razonable medida de la producción de gametos, que no hay efectos de manejo y que el número de game-
tos es constante dentro de cada racimo; con estas asunciones el número de gametos por planta $K = 2C$, es decir, la partici-
pación de un gameto femenino y un gameto masculino para dar origen a cada racimo.

La exposición anterior representa una de las propues-
tas más claras encontradas en la revisión de literatura para determinar la magnitud de los cambios a partir de una contri-
bución desigual de gametos hacia la siguiente generación y resulta de interés para este trabajo estudiar sus posibilida-
des en relación al efecto de la densidad de población.

Relaciones entre Componentes de Rendimiento

Las relaciones que se establecen entre los componentes de rendimiento de semilla son aspectos tambien importantes, si éstos son analizados en la perspectiva de su variación respecto a los diferentes arreglos de plantas en el campo, Li (1956) indica que el grado de influencia de una variable sobre otra puede ser expresado en términos cuantitativos y por lo tanto, es posible calcular una expresión numérica de cada influencia, para ello es necesario un adecuado diagrama de relación causal de las variables, el manejo de técnicas de regresión y correlación, estandarización de las variables y una asimilación plena del procedimiento de análisis de senderos.

Melton *et al.* (1977) reporta que las relaciones de caracteres morfológicos para rendimiento de semilla variaron en las diferentes pruebas, lo cual se atribuye a una fuerte influencia ambiental sobre los mismos, altura de planta y rendimiento de forraje estuvieron consistentemente correlacionados con el rendimiento de semilla. Frakes *et al.* (1961) por su parte indican que el coeficiente de correlación múltiple al cuadrado R^2 fue de 0.73 para altura de planta, diámetro de planta y longitud de tallos en el rendimiento de materia seca, cuando la característica número de tallos fue agregado como una cuarta variable éste mismo estadístico se incrementó a 0.93. Liang y Riedl (1964) explican que los caracteres agronómicos que más influyen en el rendimiento de semillas son altura de planta, número de tallos y número de

semillas por racimo; encontraron también que el tamaño de semilla está correlacionado negativamente con el rendimiento. La correlación entre rendimiento de semilla y altura de planta según este autor fue de 0.533, de rendimiento de semilla y tamaño de semilla de -0.227, de rendimiento de semilla y número de semillas por racimo de 0.443 y el rendimiento de semilla y número de tallos de 0.296.

Distribución de Materia Seca en la Planta

El rendimiento de materia seca es un indicador biológico que forma parte de las técnicas del análisis de crecimiento, es usualmente útil para determinar la capacidad de las plantas, de transformar la energía radiante en productos aprovechables, se usa generalmente vinculada a un indicador de la eficiencia de las plantas denominado Índice de Cosecha que posibilita determinar qué proporción de la energía fijada por la planta es traslocada a los órganos de interés económico, en relación a la cantidad total de energía acumulada por la planta.

El rendimiento de materia seca está determinado según Frakes *et al.* (1961) por el número de tallos, la longitud de tallos, el diámetro y la altura de la planta, Porter y Reynolds (1975) indican también que el rendimiento de materia seca de los cultivares estuvo positivamente correlacionado con densidad de plantas, pero no correlacionado con el peso específico de la hoja o con concentraciones en el forraje de proteína, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Cralle y Heichel (1986) estudiaron la influencia de la nodulación en la distribución de fotosintatos y encontraron que la partición de fotosintatos no está relacionada con la efectividad de *Rhizobium* en el funcionamiento de bacterias.

Sarratt y Baker (1986) señalan que hay una relación muy estrecha entre rendimiento de materia seca total y área foliar, en base a su estudio realizado en varios cultivares de alfalfa, algunos de ellos ancestros de la variedad Moapa-69, como "Mesa Sirsa" y "Sonora" encontró que el área foliar se puede estimar a partir de datos de rendimiento de materia seca total con la siguiente ecuación de regresión con un error estandar de 0.111.

$$\text{Area foliar} = 0.10 + 10.7 (\text{rendimiento de materia seca total})$$

donde:

La materia seca total es considerada sin tomar en cuenta el sistema radicular.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Area de Estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la región de Paila, Coahuila, municipio de Parras de la Fuente, específicamente en el Ejido "La Candelaria" a una distancia aproximada de Saltillo de 160 kilómetros.

Esta región se encuentra localizada dentro de los $25-26^{\circ}$ latitud norte y $102-11'$ longitud oeste, presenta una altitud de 1521 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, la temperatura media anual es de 20.3°C y la precipitación media anual es de 376.2 mm. (Datos climatológicos recabados en la Estación Meteorológica de Parras de la Fuente - Coahuila).

El Ejido La Candelaria cuenta con un sistema de riego por bombeo y los suelos son de textura migajón arenoso y migajón arcillo-arenoso, son medianamente pobres en materia orgánica, pobres en nitrógeno aprovechable, medianos en fósforo, medianamente ricos en potasio, con un pH de 7.3 a 7.5 ligeramente alcalinos, presentan contenidos altos de carbonatos, ligeramente salinos, profundos y con buen drenaje.

Los cultivos de alfalfa para forraje en esta región presentan un desarrollo aceptable y no se han detectado problemas de pudrición texana o aplicación intensiva de insecticidas que interfieran con la acción de los polinizadores.

Descripción del Cultivar en Estudio

Para la realización de este estudio fue seleccionada la variedad "Moapa-69", la cual presenta buenas características de adaptación y productividad en la región. Esta variedad fue desarrollada y evaluada cooperativamente por la División de Investigación Agrícola y Entomológica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Estación Agrícola Experimental de California y Nevada, y liberada en el año de 1980.

La variedad Moapa-69 fue obtenida para substituir a la variedad "Moapa" en áreas de Utah, Nevada y California - donde esta última era cultivada. Dos de los clones parentales de "Moapa" fueron reemplazados por dos clones de mejor comportamiento.

Los nueve clones parentales de "Moapa-69" son: C-904 C-905, C-906, C-907, C-908, C-909 y C-910 de "Moapa", C-937 de "Sonora" y C1026 derivada de la variedad "Mesa Sirsa". El apareamiento de estos clones se llevó a cabo en el año de 1969 y a la población obtenida se le dió designación experimental SW-32. El rendimiento de forraje de Moapa-69 fue superior al de la variedad Moapa en diferentes localidades en los años 1965, 1966, 1967 y 1968, y presentó mayor persistencia que Moapa y mayor resistencia a biotipos del áfido - de la alfalfa.

El primer incremento de semillas (a partir del compuesto formado por los nueve clones) se efectuó en Arizona

a una altitud de 2500 pies en California y Nevada al Sur del paralelo 40°.

El período de tiempo para producción de semilla básica no excedió cinco años a partir del período de siembra. Semilla certificada fue obtenida a partir de semilla básica o mejorada, los clones parentales y la semilla original son mantenidos en la estación agrícola de Nevada. La National Certified Alfalfa Variety Review Board, realizó un reporte favorable para la certificación de Moapa-69 en diciembre de 1969, para ser posteriormente registrada en la Crop Science Society of America en agosto de 1970. Hunt *et al.* (1970).

Descripción del Experimento

La siembra se llevó a cabo el 14 de febrero de 1986 en hilera sencilla sobre el lomo de surcos separados a 80 - cm, usando una densidad de siembra de 2.187 kg/ha para todo el experimento, utilizando semilla con un 99 por ciento de germinación (según prueba de germinación estandar); la siembra se llevó a cabo en seco, fertilizando el suelo e inoculando la semilla previamente para asegurar un nivel de nutrición aceptable a la planta.

Cuando el desarrollo de las plantas alcanzó una altura poco mayor de 10 cm se llevó a cabo una labor de arrateo necesario para establecer 10 tratamientos (densidades de población) los cuales se encuentran concentrados en el - Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Densidad de población estudiada

Tratamientos	Densidad de plantas/ha*	Densidad de plantas/parcela*	Densidad de plantas/parcela útil*	Densidad de plantas por m ² *
Distancia entre plantas (cm)				
Testigo (sin arraleo)	822,500	2303	987	82.25
5	250,000	700	300	25.00
10	125,000	350	150	12.50
15	83,333	233	100	8.33
20	62,500	175	75	6.25
25	50,000	140	60	5.00
30	41,666	116	50	4.16
35	35,714	100	42	3.57
40	31,250	87	37	3.12
45	27,777	77	33	2.77

*La densidad de población expresada en número de plantas por hectárea, por parcela, por parcela útil y por metro cuadrado fue calculada a partir de los espaciamientos entre plantas y de un muestreo en la población testigo.

Un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, fue usado para evaluar los tratamientos evaluados. Las parcelas experimentales fueron de cinco surcos de siete metros de longitud, tomando como parcela útil los tres surcos centrales, eliminando un metro de cada extremo para quedar de cinco metros de longitud con una superficie de 12 metros cuadrados, las 10 parcelas de cada repetición fueron aleatorizadas de acuerdo a las especificaciones del diseño.

Previamente al surcado y a la siembra, el terreno se fertilizó con una dosis de 300 kg/ha de la fórmula 18-46-00 y 100 kg/ha de sulfato de potasio, la siembra se llevó a cabo con una sembradora "Planet Jr.", a una profundidad de un centímetro e inmediatamente después se llevó a cabo el primer riego.

Los riegos, cultivos, deshierbes manuales y control de insectos se llevaron a cabo de acuerdo a los requerimientos del cultivo y fueron planeados en función de un calendario de actividades definido para tal efecto.

Una vez establecido el experimento fueron evaluadas tres cosechas de forraje, la primera en el mes de mayo y las otras dos evaluaciones fueron realizadas en el mes de agosto de manera previa a la producción de semilla, con el objetivo de incrementar las reservas de carbohidratos en las raíces, el número de tallos por planta y el diámetro de las coronas de las plantas.

Del rebrote orientado hacia la producción de semilla, se tomaron cinco plantas individuales al azar de cada parcela, cuando estas se encontraban en estado de llenado de vainas, con el objetivo de evaluar en plantas individuales, el efecto de tratamientos sobre componentes de rendimiento y - otras características biológicas de interés para el presente estudio, como las siguientes:

1. Altura de planta
2. Número de tallos por planta
3. Número de tallos con racimos por planta
4. Número de tallos sin racimos por planta
5. Distribución de racimos en el tallo
6. Altura del primer racimo
7. Número de vainas por racimo
8. Número de racimos por tallo
9. Número de racimos por planta
10. Número de vainas por planta
11. Rendimiento biológico por planta
12. Peso seco de tallos y hojas por planta
13. Peso seco de flores y frutos por planta
14. Número de vainas por metro cuadrado
15. Número de racimos por metro cuadrado
16. Número de tallos por metro cuadrado
17. Número de tallos con racimos por metro cuadrado
18. Número de tallos sin racimos por metro cuadrado

Con el objetivo de mejorar la polinización se usaron abejas domésticas, las cuales fueron colocadas en el terreno

de acuerdo a las especificaciones recomendadas para tal efecto, lográndose realizar la cosecha de semilla en el mes de octubre, cuando se encontró entre el 75 y 80 por ciento de vainas de color café oscuro, en este período fueron evaluadas:

1. Rendimiento de semilla por parcela
2. Rendimiento de semilla por planta
3. Rendimiento de semilla por metro cuadrado
4. Índice de cosecha para rendimiento de semilla
5. Número de semillas por vaina
6. Número de semillas normales por vaina
7. Número de semillas dañadas por vaina
8. Número de semillas por planta.

Los procedimientos para evaluar cada una de las características enumeradas se expresan a continuación.

Rendimiento de Forraje Fresco y Seco. La evaluación de esta característica, fue llevada a cabo en el campo, cuando las plantas se encontraban entre un cinco y un 10 por ciento de floración, se realizó cortando manualmente con rozadera el forraje de cada unidad experimental, forraje que inmediatamente después fue pesado ahí mismo en el campo, para calcular el rendimiento de forraje seco se tomó una muestra en campo de 500 gramos de forraje fresco por parcela y esta fue secada en el laboratorio en una estufa a 60°C por un período de 48 horas, -

posteriormente fue realizada una conversión de forraje fresco a forraje seco a partir de los datos de campo.

Altura de Planta. La altura de planta fue evaluada en el laboratorio y fue medida en plantas en estados avanzados de crecimiento reproductivo, con racimos y flores presentes, de cada parcela se tomó una muestra de cinco plantas al azar y a cada una de ellas se le midieron 10 tallos, desde el nudo basal hasta el ápice de los mismos, con estas mediciones se calculó el promedio de altura de cada planta y posteriormente el promedio de altura de las cinco plantas en la parcela.

Número de Tallos por Planta. Esta característica fue evaluada en el laboratorio, en cada una de las cinco plantas muestreadas se contó y registró el número de tallos para calcular posteriormente el promedio de tallos por planta de las cinco plantas en cada parcela.

Número de Tallos con Racimos por Planta. Consistió en contar y registrar el número de tallos con racimos de cada una de las cinco plantas muestreadas para calcular en base a ello el promedio de tallos con racimos por planta por parcela evaluada.

Número de Tallos sin Racimos por Planta. Se calculó contando y registrando el número de tallos sin

racimos de cada una de las cinco plantas muestreadas para calcular en base a ello el promedio de - tallos sin racimos por planta.

Distribución de Racimos en el Tallo. Consistió en medir la distancia comprendida entre la aparición del primero y el último racimo tomando como base - el tallo principal, esta evaluación se llevó a cabo en 10 tallos de cada una de las cinco plantas - muestreadas para obtener un promedio de distribución de racimos por planta.

Altura del Primer Racimo. Se midió la distancia - entre el nudo basal del tallo y el punto donde aparece el primer racimo, esta evaluación se llevó a cabo en 10 tallos de cada una de las cinco plantas muestreadas para obtener el promedio de altura del primer racimo por planta.

Número de Vainas por racimo. Para evaluar esta característica fueron tomados 20 racimos al azar de cada una de las cinco plantas muestreadas por parcela y en cada uno de ellos fue contado el número de vainas para obtener por ese procedimiento un - promedio del número de vainas por racimo para cada una de las parcelas evaluadas.

Número de Racimos por Tallo. Este carácter fue obtenido contando en forma directa el número de racimos en cada uno de los 10 tallos tomados por planta,

de una muestra de cinco plantas de cada una de las parcelas experimentales, con lo cual fue posible - obtener un promedio del número de racimos por tallo para cada parcela estudiada.

Número de Racimos por Planta. Los datos fueron obtenidos contando en forma directa el número de racimos producidos por cada una de las cinco plantas muestreadas por unidad experimental, ello permitió calcular un promedio del número de racimos por planta para cada una de las parcelas establecidas experimentalmente.

Número de Vainas por Planta. Esta característica fue obtenida en forma indirecta multiplicando cada observación del componente vainas por racimo por la media del tratamiento correspondiente al número de racimos por planta.

Rendimiento Biológico por Planta. Una muestra de cinco plantas por parcela fue tomada antes de la cosecha en estado de floración completa, las cuales fueron sometidas a una labor de secado en el laboratorio a una temperatura de 60°C por un período de 48 horas, después de la cual fueron registrados los pesos de producción total de materia seca para cada una de las cinco plantas evaluadas por parcela para obtener el promedio respectivo.

Peso Seco de Tallos y Hojas por Planta. Se obtuvo siguiendo la metodología descrita en el punto anterior, separando los tallos y hojas de cada una de las cinco plantas muestreadas para obtener un promedio de peso seco de tallos y hojas por planta para cada una de las parcelas.

Peso Seco de Flores y Frutos por Planta. Los pesos fueron obtenidos de acuerdo a la metodología descrita en los dos puntos anteriores separando las flores y frutos de cada una de las cinco plantas muestreadas y registrando sus pesos en forma específica para posteriormente calcular los promedios por parcela.

Número de Vainas por Metro Cuadrado. Representa una estimación hecha a partir del número de vainas por planta, cuyo promedio correspondiente a cada tratamiento fue multiplicado por el número de plantas del mismo por metro cuadrado.

Número de Racimos por Metro Cuadrado. Representa una estimación resultante de multiplicar el número de racimos por planta por el número de plantas por metro cuadrado de cada uno de los tratamientos estudiados.

Número de Tallos por Metro Cuadrado. Es también una estimación que resultó de multiplicar el número de tallos por planta, por el número de plantas por

metro cuadrado correspondientes a cada tratamiento.

Número de Tallos con Racimos por Metro Cuadrado. - Los datos fueron estimados a partir de la multiplicación del número de tallos con racimos por planta por el número de plantas por metro cuadrado correspondiente a cada tratamiento estudiado.

Número de Tallos sin Racimos por Metro Cuadrado. - Fueron estimados multiplicando el número de tallos sin racimos por planta por el número de plantas - por metro cuadrado correspondiente a cada trata- - miento.

Rendimiento de Semillas por Parcela. La cosecha de semilla por parcela se llevó a cabo en forma manual colectando en forma directa los racimos producidos en cada unidad experimental, estos racimos - fueron colocados en bolsas previamente identifica- das, para después ~~ser~~ trilladas manualmente en el laboratorio, la semilla fue beneficiada en una máquina limpiadora usando una criba específica para el cultivo.

Rendimiento de Semillas por Planta. Fue estimado en forma indirecta dividiendo el rendimiento de semillas por parcela entre el número de plantas presentes en la misma.

Rendimiento de Semillas por Metro Cuadrado. Representa una estimación resultante de dividir el rendimiento de semillas por parcela de cada tratamiento entre 12, considerando que la superficie de la unidad experimental es de 12 metros cuadrados.

Índice de Cosecha para Producción de Semilla. Fue estimada en forma indirecta dividiendo el promedio de rendimiento biológico por planta de cada parcela entre el promedio de rendimiento de semillas por planta de cada parcela experimental.

Número de Semillas por Vaina. Esta característica se evaluó en postcosecha, tomando 20 racimos al azar de la producción total de racimos por parcela de cada uno de los cuales fue tomada una vaina de la parte central donde fue contado el número de semillas para posteriormente calcular el promedio de semillas por vaina.

Número de Semillas Normales por Vaina. Se evaluó siguiendo la metodología descrita por el cálculo del número de semillas por vaina, sin embargo, para esta característica se contó y registró solo el número de semillas consideradas normales; que se definieron como aquellas que no presentaron deformaciones morfológicas o fisiológicas detectables a simple vista. A partir de las 20 vainas evaluadas se calculó un promedio del número de semillas normales por vaina.

Número de Semillas Dañadas por Vaina. Se evaluó siguiendo la metodología descrita en los dos puntos anteriores, registrando para esta evaluación - el número de semillas dañadas en cada una de las vainas evaluadas, fueron clasificadas como semillas dañadas aquellas que presentaron malformaciones o bien deformaciones morfológicas o fisiológicas - causadas por insectos o causas internas inherentes a la fisiología de la planta, la clasificación fue en forma visual y permitió obtener un promedio de semillas dañadas por vaina.

Número de Semillas por Planta. Para obtener esta característica, cada observación del componente de rendimiento semillas por vaina fue multiplicado por la media del tratamiento respectivo de las características número de vainas por racimo y número de racimos por planta.

Los datos de cada una de las características evaluadas fueron analizadas en un diseño experimental de bloques al azar en base al modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = observación de la i -ésima densidad en la j -ésima repetición

μ = efecto de la media general

D_i = efecto de la i -ésima densidad

β_j = efecto de la j -ésima repetición

ξ_{ij} = efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$ (densidad)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repetición)

$\xi_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$

Los datos correspondientes a características estimadas en forma indirecta no fueron sometidos al análisis de varianza por no considerarlo estadísticamente adecuado, sin embargo, fueron igualmente útiles en la interpretación de resultados.

El modelo estadístico anteriormente enunciado permitió probar la significancia del siguiente sistema de hipótesis:

$H_0 : D_1 = D_2 = \dots D_t$

$H_0 : B_1 = B_2 = \dots B_r$

$H_A : D_1 \neq D_2 \neq \dots D_t$

$H_A : B_1 \neq B_2 \neq \dots B_r$

donde:

H_0 = hipótesis nula

H_A = hipótesis alternante

D_i = denota los efectos de la i -ésima densidad

B_j = denota los efectos de la j -ésima repetición

Las decisiones en las pruebas de significancia fueron denotadas de acuerdo a los siguientes criterios:

NS: no se encontró diferencia significativa entre -
tratamientos o bloques si F calculada de bloques
o de tratamientos es menor o igual a F de tablas
con $t - 1$ ó $r - 1$ grados de libertad y los grados
de libertad del error experimental con un $\alpha = 0.05$.

*: Se encontró diferencia significativa entre tra-
tamientos o bloques si F calculada de bloques o
de tratamientos es mayor que F de tablas con un
 $\alpha = 0.05$ y con $t - 1$ ó $r - 1$ grados de libertad y
los grados de libertad del error experimental.

** : Se encontró diferencia altamente significativa
entre tratamientos o bloques si F calculada de -
alguno de ellos es mayor que F de tablas con un
 $\alpha = 0.01$ y con $t - 1$ ó $r - 1$ grados de libertad y
los grados de libertad del error experimental.

El arreglo equidistante de los tratamientos permitió
hacer uso de la técnica de polinomios ortogonales para estu-
diar la tendencia de comportamiento de los datos en respues-
ta a los tratamientos estudiados y expresar estadísticamente
la naturaleza de dicho comportamiento a través de una ecua-
ción polinomial de grado (n) .

Esta técnica consistió en descomponer los efectos de
tratamientos en efectos lineal, cuadrático, cúbico, cuártico
y quíntico y probar la significancia de dichos efectos en -
base a un sistema de coeficientes definidos según la tabla

de polinomios ortogonales, un resumen del procedimiento utilizado se encuentra en el Cuadro 3.2.

La significancia de los efectos se denotó de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente para el análisis de varianza y una vez determinado lo anterior se recurrió a un análisis de ajuste polinomial a partir de las medias de tratamiento, este procedimiento se llevó a cabo usando un programa computarizado disponible en el Centro de Cómputo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

En correspondencia a lo anterior, para cada característica evaluada se determinó una ecuación polinomial del tipo:

$$\hat{Y}_i = \alpha_0 + \alpha_1 M_1 P_1(X_i) + \alpha_2 M_2 P_2(X_i) + \dots + \alpha_n M_n P_n(X_i)$$

Ecuación polinomial que fue usada para ajustar el comportamiento de los datos a una recta o curva de regresión según el caso y para analizar la tendencia de los mismos datos en el rango de estudio de los tratamientos de densidad de población.

Para analizar las relaciones entre las variables se llevó a cabo un análisis de correlación entre las características agrupadas en bloques de acuerdo a los temas de estudio. Fue de interés particular para el presente estudio, estudiar específicamente las relaciones de aquellas variables que se encuentran determinando el rendimiento de semilla y en el bloque de las mismas identificado como componentes de rendimiento de la producción de semilla se llevó a cabo un análisis.

Cuadro 3.2. Partición y prueba de significancia de los efectos en que se subdivide a la suma de cuadrados de tratamientos.

Efecto	Tratamientos Totales										F.C.	F α .05 .01
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Lineal	- 9	- 7	- 5	- 3	- 1	1	3	5	7	9	($\sum CK_i Y_i$) ² / $r \sum C^2 K_i$	SC/CME (1, GLE)
Cuadrática	6	2	- 1	- 3	- 4	- 4	- 3	- 1	2	6	($\sum CK_i Y_i$) ² / $r \sum C^2 K_i$	SC/CME
Cúbico	-42	14	35	31	12	-12	-31	-35	-14	42	($\sum CK_i Y_i$) ² / $r \sum C^2 K_i$	SC/CME
Cuártico	18	-22	-17	3	18	18	3	-17	-22	18	($\sum CK_i Y_i$) ² / $r \sum C^2 K_i$	SC/CME
Quíntico	- 6	14	- 1	-11	- 6	6	11	1	-14	6	($\sum CK_i Y_i$) ² / $r \sum C^2 K_i$	SC/CME

donde:

CK_i = sistema de coeficiente ortogonales para el efecto k

$\bar{Y}_i$. = totales de tratamientos

SC = denota la suma de cuadrados del efecto K

FC = denota la F calculada del efecto K

CME = el cuadrado medio del error experimental en el análisis de varianza

GLE = grados de libertad del error experimental en el análisis de varianza

de selección de las características más importantes a través de un análisis de regresión Stepwise para posteriormente someterlas al análisis estadístico mediante la técnica de coeficientes de senderos.

El análisis de coeficiente de sendero se llevó a cabo asumiendo que la variable dependiente rendimiento de semilla (Y) está linealmente determinada por las variables independientes en función de lo cual se asume una ecuación de regresión múltiple del tipo:

$$Y - \bar{Y} = A + B(X - \bar{X}) + C(Z - \bar{Z}) + \dots\dots\dots$$

donde:

B, C, expresan las unidades de cambios en Y por cada unidad de cambio en X, Z, respectivamente y los cuales están determinados por las unidades físicas en que sean expresadas las variables independientes, (X, Z,).

Lo anteriormente expresado es un problema, pues si expresamos los mismos datos en unidades diferentes, los coeficientes serán también diferentes, el análisis de sendero presupone que la influencia de una variable sobre otra puede expresarse en unidades libres de medidas físicas en términos cuantitativos si dichas variables se analizan en unidades estándar o mas bien en forma estandarizada, lo cual modifica la ecuación anterior en la siguiente:

$$\frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_Y} = \frac{B \sigma_X}{\sigma_Y} \left(\frac{X - \bar{X}}{\sigma_X} \right) + \frac{C \sigma_Z}{\sigma_Y} \left(\frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_Z} \right) + \dots\dots\dots$$

A partir de la cual los coeficientes de sendero de X hacia Y y de Z hacia Y denotados como (b) y (c) estarían determinados por:

$$b = B \sigma_X / \sigma_Y \quad \text{y} \quad c = C \sigma_Z / \sigma_Y$$

Los cuales explicarían la influencia directa de X y Z hacia Y, el análisis requiere del cálculo de la desviación estandar de X y Z, de un análisis de regresión múltiple entre el juego de variables y de un análisis de correlación entre las mismas acompañado de un esquema de relación causal entre las variables: Si las variables independientes son no correlacionadas el coeficiente de sendero será igual al coeficiente de correlación de las mismas hacia la variable dependiente y en caso de que estas estén correlacionadas el coeficiente de sendero será menor que el coeficiente de correlación entre las variables independientes y la variable dependiente pues existiría influencia de las variables en forma indirecta a través de otras variables cuyos efectos sumados al coeficiente de sendero darían un valor aproximado al coeficiente de correlación.

Tomando en consideración lo anteriormente expresado se calculó el esquema de relación causal en base a las siguientes definiciones estadísticas:

a). Causas no correlacionadas:

$$r_{YX} = b$$

$$r_{YZ} = c$$

b) . Causas correlacionadas

$$r_{YX} = b + r_{ZX}b$$

$$r_{YZ} = c + r_{XZ}c$$

Donde r denota el coeficiente de correlación entre las variables independientes en forma particular y la variable dependiente, (b) y (c) denotan la influencia directa de las variables estandarizadas hacia Y y r_{XZ} (b) o (c) denotan la influencia indirecta de la variable independiente en estudio a través de la otra variable independiente.

Los coeficientes de determinación (r^2) fueron obtenidos para ambos casos en base a las siguientes definiciones:

$$a) . b^2 + c^2 = r^2$$

$$b) . b^2 + c^2 + 2bcr_{XZ} = r^2$$

Para una explicación más profunda del procedimiento utilizado puede recurrirse a Li (1956) o bien a los artículos originales de Sewall Wright.

Es tema de interés también para el presente estudio, explorar la variación de la contribución reproductiva de los genotipos individuales hacia la siguiente generación. Este aspecto se llevó a cabo seleccionando 20 plantas al azar de cada tratamiento de densidad estudiada, a cada una de las cuales se le registró el número de racimos producidos y en base a ello se calculó la media de producción de racimos y el coeficiente de variación de la producción de racimos para cada densidad.

Se consideró que la cantidad de racimos por planta es proporcional a la cantidad de gametos producidos, por lo tanto, los racimos pueden ser considerados como el producto de la participación de una proporción de gametos femeninos similar a la de gametos masculinos, asumiendo igual número de semillas por vaina y vainas por racimo.

RESULTADOS

Los cambios inducidos en la densidad de población y en el arreglo de las plantas en el campo, han estado estrechamente vinculados a cambios en el comportamiento de la mayoría de las características agronómicas evaluadas y ello es evidente para caracteres evaluados tanto a nivel de plantas como para características evaluadas por unidad de superficie, una explicación más específica acerca de la magnitud y naturaleza de dichos cambios será abordada en forma sistemática en el desarrollo del presente capítulo.

Producción de Forraje

Aun cuando la producción de forraje no representa el objetivo principal del presente estudio, se ha considerado importante su evaluación, ya que representa una actividad complementaria en los lotes de producción de semilla de alfalfa. Desde el punto de vista económico es deseable combinar adecuadamente los mas altos rendimientos de semilla, con redituables volúmenes de producción de forraje en épocas no aptas para producción de semilla.

Los resultados de la evaluación del rendimiento de forraje fueron concentrados en el Cuadro 4.1., el cual muestra una concentración de medias de rendimiento por parcela

Cuadro 4.1. Concentración de medias de rendimiento de forraje en kilogramos por parcela

Tratamientos Distancia entre planta (cm)	R e n d i m i e n t o d e F o r r a j e					
	Mayo de 1986		Agosto 1986		Agosto de 1986	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Testigo	3.642	0.795	2.988	9.125	1.994	12.95
5	2.435	0.532	2.838	8.038	1.756	12.32
10	1.510	0.330	3.238	8.138	1.778	13.07
15	1.455	0.317	3.238	6.175	1.394	12.15
20	1.225	0.267	3.050	6.900	1.507	12.95
25	0.787	0.171	3.225	6.425	1.403	12.75
30	0.619	0.135	2.750	5.700	1.245	11.95
35	0.608	0.133	3.163	5.775	1.262	12.725
40	0.510	0.111	3.088	5.513	1.204	10.40
45	0.439	0.095	2.500	4.150	0.906	9.95

para cada una de las evaluaciones realizadas, en el Cuadro 4.2 se concentra los resultados del análisis de varianza para todas y cada una de las evaluaciones de forraje realizadas.

En base a estos resultados, fueron analizadas y presentadas las observaciones respectivas a cada cosecha de forraje expuesta en el cuadro de concentración de medias.

La primera cosecha de forraje evaluada en el mes de mayo (85 días después de la siembra), reportó diferencias altamente significativas entre las medias de rendimiento de forraje por parcela, el comportamiento fue similar para producción de forraje fresco y producción de forraje seco, ninguno de los tratamientos de densidad superó al testigo en rendimiento de forraje, el cual presentó diferencias marcadas en rendimiento en comparación a las poblaciones arraladas de alfalfa, el comportamiento de las poblaciones revela una relación directamente proporcional entre densidad de población y rendimiento de forraje, en las etapas iniciales de establecimiento del cultivo, aun cuando esta relación no fue lineal sino cuártica según se pudo demostrar ajustando un polinomio de cuarto grado con un $r^2 = 0.987$ para rendimiento de forraje fresco y $r^2 = 0.986$ para rendimiento de forraje seco, los polinomios son los siguientes:

$$\hat{FF1} = 3.630 - 0.31486 (X_1) + 0.015663 (X_1^2) - 0.0003847 (X_1^3) + 0.0000055006 (X_1^4)$$

$$\hat{FS1} = 0.79251 - 0.06812 (X_1) + 0.0034026 (X_1^2) - 0.00008333 (X_1^3) + 0.000000075641 (X_1^4)$$

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de la caracterís-
tica rendimiento de forraje

Fuentes de variación	g.l.	R e n d i m i e n t o d e F o r r a j e					
		Fresco Mayo 86	Seco Mayo 86	Seco Agosto 86	Fresco Agosto 86	Seco Agosto 86	Fresco Marzo 87 Seco Marzo 87
Bloques	3	0.572**	0.027**	0.239	15.727**	0.751**	14.103** 0.672**
Tratamientos	9	4.185**	0.200**	0.239	8.792**	0.420**	4.796 0.229
Error	27	0.071	0.003	0.293	1.010	0.048	3.063 0.147
Total	39	1.530	0.073	0.445	5.688	0.272	6.229 0.298
C.V. (%)		20.15	19.01	17.99	15.24	15.21	17.58 17.75

donde:

X_i = densidad de población expresada en centímetros entre plantas dentro del rango de densidades - estudiadas (0 a 45 cm)

$\hat{FF}_1$ = rendimiento medio estimado de forraje fresco 1

$\hat{FS}_1$ = rendimiento medio estimado de forraje seco 1

El rendimiento de forraje fresco osciló entre 3035 y 365 kg/ha entre el testigo y la población menos densa de 45 cm entre planta respectivamente, en tanto que los rendimientos de forraje seco oscilaron entre 662 y 79 kg/ha, respectivamente; los rendimientos por hectárea fueron estimados a partir del Cuadro 4.1.

Los rendimientos para esta fecha de evaluación fueron relativamente bajos, lo cual se debió principalmente a que el cultivo se encontraba en su etapa inicial de establecimiento y en este período los bajos rendimientos de forraje son una respuesta natural de las poblaciones de alfalfa.

Una segunda evaluación de forraje fue llevada a cabo en el mes de agosto de 1986, 117 días después de la siembra y 85 días después del corte de forraje anterior, los rendimientos de forraje seco oscilaron entre 2698 y 2083 kg/ha para el tratamiento de densidad mas rendidor (10 y 15 cm entre planta) y menos rendidor (45 cm entre planta), como podrá observarse, el comportamiento de las poblaciones cambió significativamente en relación al comportamiento descrito - en el primer corte de forraje y ello es evidente si conside-

ramos los resultados del análisis de varianza, los cuales denotan que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento de forraje seco en esta evaluación.

Este comportamiento se debió principalmente a que - el corte de forraje se llevó a cabo en estados avanzados de desarrollo reproductivo, pues estaba inicialmente orientado hacia la producción de semilla, ello significa que el forraje producido no fue de la mejor calidad nutritiva, sin embargo, su evaluación permitió observar que hay una tendencia a minimizar las diferencias en rendimiento de forraje conforme pasa el tiempo y cuando el corte se realiza en estados avanzados de crecimiento reproductivo.

Una tercera evaluación de forraje fue llevada a cabo en el mes de agosto de 1986 (192 días después de la siembra y 21 días después del corte anterior), cuando el cultivo se encontraba entre un cinco y un 10 por ciento de floración, los rendimientos de forraje fresco oscilaron entre 7604 y 3458 kg/ha y los rendimientos de forraje seco entre 1661 y 755 kg/ha. Con ello se confirma la tendencia a minimizar las diferencias en rendimiento de forraje por efecto de las densidades de población, pues mientras en el primer corte las poblaciones no arraladas estaban rindiendo ocho veces más que la población menos densa, en este tercer corte sólo está rindiendo el doble de forraje en relación a la población menos densa, lo cual hace que las densidades intermedias se acerquen gradualmente al rendimiento de la población no arralada.

El análisis de varianza para forraje fresco y seco nos muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, encontrándose que los mayores rendimientos de forraje fueron obtenidos en la población testigo sin arralar, aun cuando los tratamientos cinco y 10 cm entre plantas presentaron rendimientos muy aproximados al rendimiento de las poblaciones sin arralar (Figura 4.1), el comportamiento de las poblaciones en este caso, en respuesta a los tratamientos de densidad presentó una relación lineal, lo cual fue demostrado al descomponer la suma de cuadrados de tratamientos en sus efectos y probar su significancia, ecuaciones lineales fueron ajustadas con un $r^2 = 0.888$ para rendimiento de forraje fresco y $r^2 = 0.889$ para rendimiento de forraje seco, las ecuaciones son las siguientes:

$$\begin{aligned}\hat{\overline{FF_2}} &= 8.6711 - 0.09232 (X_i) \\ \hat{\overline{FS_2}} &= 1.8945 - 0.20184 (X_i)\end{aligned}$$

donde:

X_i = tratamientos de densidad expresado en centímetros entre plantas

$\hat{\overline{FF_2}}$ = media estimada de rendimiento de forraje fresco 2 en kg.

$\hat{\overline{FS_2}}$ = media estimada de rendimiento de forraje seco 2 en kg

Los rendimientos mas bajos de forraje fueron obtenidos en la densidad de 45 cm entre plantas, aún cuando la diferencia en rendimiento es menor comparada a su comportamiento en el primer corte, las densidades intermedias por su -

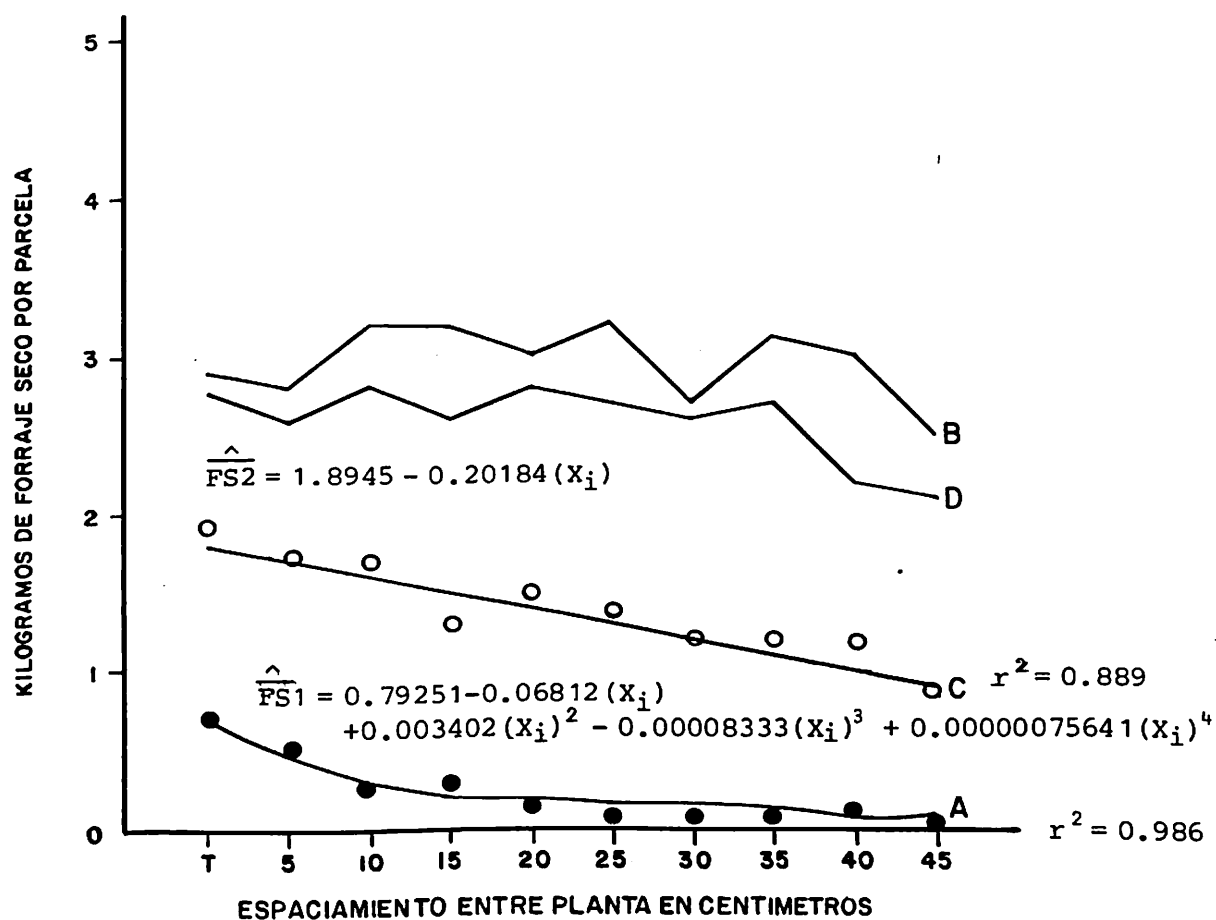


Figura 4.1 Rendimiento de forraje en Alfalfa A) Mayo de 1986, B) Agosto de 1986, C) Agosto de 1986 y D) Marzo de 1987

parte y específicamente la de 20 cm entre plantas presentan buen potencial de rendimiento comparado con la población testigo.

Una cuarta evaluación de forraje fue llevada a cabo en el mes de marzo de 1987, los rendimientos oscilaron entre 10891 y 8291 kg/ha de forraje fresco, en tanto que los rendimientos de forraje seco variaron entre 2316 y 1800 kg/ha, lo cual confirma plenamente la tendencia observada en la exposición anterior, pues como podrá observarse en los últimos datos expuestos, las diferencias entre rendimientos máximos y mínimos se han reducido en forma proporcional, otros aspectos interesantes de esta cosecha son que los mayores rendimientos se obtuvieron en la densidad 10 cm entre plantas y no en la población testigo, observándose además que la densidad 20 cm entre plantas igualó el rendimiento de la población no arralada, en tanto que el resto de densidades de población mantuvieron niveles de rendimiento muy aproximados al testigo, a excepción de la densidad 45 cm entre plantas que fue el tratamiento con rendimientos más bajos, la Figura 4.1 permite comparar los comportamientos de las poblaciones en términos de medias de rendimiento.

El análisis de varianza reporta que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, este resultado no deja de ser interesante, ya que refleja que a un año de establecido el cultivo es evidente una compensación de los rendimientos de forraje, entre las poblaciones densas y las poblaciones a bajas densidades, este comportamiento es de utilidad

económica si se pretende fortalecer un programa de producción de semilla de alfalfa, con la producción alternada de forraje.

Una explicación preliminar de dicho comportamiento tendría que estar basada en dos procesos biológicos a nivel de plantas individuales dentro de las poblaciones estudiadas, el primero de ellos referido a altas relaciones de competencia que ocurren en las poblaciones densas, lo cual conlleva a la eliminación de individuos poco competitivos y - por lo tanto a reducir la cantidad de plantas productivas en la población, sin embargo, esta reducción de plantas observadas en forma directa, no manifestó una caída drástica del rendimiento dentro de estas mismas densidades, porque las - plantas evidenciaron un ajuste en su capacidad productiva a las nuevas relaciones de competencia, incrementando su participación individual en el rendimiento de forraje por unidad de superficie.

Un segundo proceso, explica la razón por la cual las poblaciones establecidas a bajas densidades incrementaron - su potencial de rendimiento, en tal magnitud que prácticamente igualaron el rendimiento de la población testigo, este - proceso biológico es la capacidad de las plantas para incrementar el diámetro de la corona y consecuentemente el número de tallos cuando las relaciones de competencia son mínimas, este mecanismo de respuestas permitió que las plantas individuales en bajas densidades fueran más productivas.

Componentes de Rendimiento de Semilla de Alfalfa

Los componentes de rendimiento de semilla de alfalfa comprenden una serie de características agronómicas relacionadas directa o indirectamente con la producción de semilla en las plantas de alfalfa, la presente investigación ha considerado importante estudiar las siguientes características:

- Altura de planta
- Número de tallos por planta
- Número de tallos con racimos por planta
- Número de tallos sin racimos por planta
- Distribución de racimos en el tallo
- Altura del primer racimo
- Número de semillas por vaina
- Número de semillas normales por vaina
- Número de semillas dañadas por vaina
- Número de vainas por racimo
- Número de racimos por tallo
- Número de racimos por planta
- Número de vainas por planta
- Número de semillas por planta

Cada una de las características anteriormente enunciadas fueron evaluadas y estudiado su comportamiento en relación a los tratamientos de densidad de población, el Cuadro 4.3 muestra la concentración de medias, en base a las cuales fueron abordados los análisis particulares de cada característica en estudio.

Cuadro 4.3. Concentración de medias de componentes de rendimiento

Tratamientos		Componentes de Rendimiento												
Distribución entre plantas (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Testigo	54.993	8.400	1.700	6.900	8.660	46.333	5.700	4.537	1.162	7.125	3.523	6.200	44.172	251.77
5	52.958	17.250	4.438	13.200	11.000	41.958	6.050	4.737	1.337	7.973	4.640	18.900	150.677	911.59
10	63.468	27.750	9.400	19.525	14.613	48.855	6.162	4.862	1.312	9.320	6.145	63.750	594.147	3661.43
15	57.770	22.550	10.400	12.150	13.718	44.053	6.100	4.875	1.237	10.705	6.535	63.400	678.692	4000.52
20	65.683	31.850	17.450	14.400	19.275	46.408	6.412	5.150	1.262	11.183	7.770	134.400	1502.922	9637.48
25	67.720	34.200	19.400	16.550	19.530	48.190	6.550	4.812	1.500	12.578	7.870	126.650	1542.935	10433.72
30	65.030	35.200	21.300	13.900	18.563	46.468	6.037	5.150	0.862	12.590	8.185	144.300	1809.517	10924.95
35	64.550	40.450	24.100	15.850	19.530	45.020	6.150	4.887	1.262	12.568	7.330	126.150	1585.387	9750.13
40	62.673	54.750	24.900	29.600	15.408	47.265	6.112	4.750	1.412	12.068	6.780	146.050	1762.455	10773.00
45	59.095	47.400	20.550	26.600	13.563	45.533	5.625	4.512	1.112	11.025	5.753	124.450	1372.057	7717.81

1. Altura de planta en centímetros

2. Número de tallos por planta

3. Número de tallos con racimos por planta

4. Número de tallos sin racimos por planta

5. Distribución de racimos en el tallo en centímetros

6. Altura del primer racimo en centímetros

7. Número de semillas por vaina
8. Número de semillas normales por vaina

9. Número de semillas dañadas por vaina

10. Número de vainas por racimo

11. Número de racimos por tallo

12. Número de racimos por planta

13. Número de vainas por planta

14. Número de semillas por planta.

Por otra parte, en el Cuadro 4.4. se presenta un resumen de los resultados del análisis de varianza, que involucra la presentación de cuadrados medios para cada una de las fuentes de variación propias del diseño experimental y para cada característica, en este resumen de resultados se puede observar también la prueba de significancia para tratamientos y efecto de bloques, las cuales fueron muy útiles en la interpretación de resultados.

A continuación abordaremos cada característica en lo específico y remitiremos implícitamente al lector hacia los cuadros anteriormente citados si se requiere constatar alguna de las características enumeradas en cada uno de ellos.

Altura de Planta

Las evaluaciones de plantas individuales en el período de llenado de vainas permitieron estudiar las variaciones en altura de planta, propiciadas por el efecto de diferentes densidades de población, los resultados indican diferencias significativas en altura de planta entre los tratamientos de densidad estudiados.

La altura de las plantas osciló entre 52 y 67 cm que representan los valores extremos de los espaciamientos cinco y - 25 cm entre plantas, respectivamente; los datos obtenidos - proponen que las poblaciones densas en forma extrema reducen la altura de planta, sin embargo, en poblaciones arraladas extremas con espaciamientos mayores de 20 cm, parece ser que

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de los componentes de rendimiento en alfalfa

Fuentes de variación	Componentes de Rendimiento													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Bloques	260.44**	251.779**	76.604	1.559	3.801**	9.703	3.471**	2.754**	0.136	9.424*	0.398	15.21	94071.01*	5434552**
Tratamientos	96.93*	765.827**	273.924**	2.531*	1.0782*	16.158	0.310	0.183	0.123	15.436**	0.411	45.01**	1824762.06**	70595895**
Error	41.47	44.304	26.259	0.822	0.388	27.019	0.517	0.481	0.157	2.650	0.190	5.46	31507.89	1177914
Total	102.72	321.555	126.078	1.273	0.810	33.484	0.697	0.587	0.147	8.843	0.287	15.343	450148.559	17524882
C.V. (%)	10.48	20.81	16.81	22.96	16.32	11.29	11.80	14.36	31.80	15.20	17.53	26.08	16.00	15.94

- | | |
|--|--|
| 1. Altura de planta | 8. Número de semillas normales por vaina |
| 2. Número de tallos por planta | 9. Número de semillas dañadas por vaina |
| 3. Número de tallos con racimos por planta | 10. Número de vainas por racimo |
| 4. Número de tallos sin racimos por planta | 11. Número de racimos por tallo |
| 5. Distribución de racimos en el tallo | 12. Número de racimos por planta |
| 6. Altura del primer racimo | 13. Número de vainas por planta |
| 7. Número de semillas por vaina | 14. Número de semillas por planta |

también se presentó una tendencia a reducir de manera natural la altura de planta, o al menos de mantenerla relativamente constante ante espaciamientos mayores.

En el presente estudio los espaciamientos intermedios entre cinco y 25 cm mostraron mayor respuesta al tratamiento de densidades para incrementar la altura de las plantas.

La altura de planta presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados, que fue representada estadísticamente por una ecuación de segundo grado - con un $r^2 = 0.703$ y que fue definida como:

$$\hat{AP} = 52.543 + 0.94152 (X_i) - 0.017309 (X_i^2)$$

donde:

X_i = tratamiento de densidad de población expresada en centímetros entre plantas

$\hat{AP}$ = altura de planta estimada en centímetros

La Figura 4.2 es muy ilustrativa del comportamiento de la característica altura de planta y en ella podemos observar que cuando se reduce la densidad de población a partir de una población densa, la altura de planta se incrementa hasta su máximo en la densidad 25 cm entre planta a partir de la cual tiende a reducirse o mantenerse constante si las densidades en plantas por hectárea fueron menores.

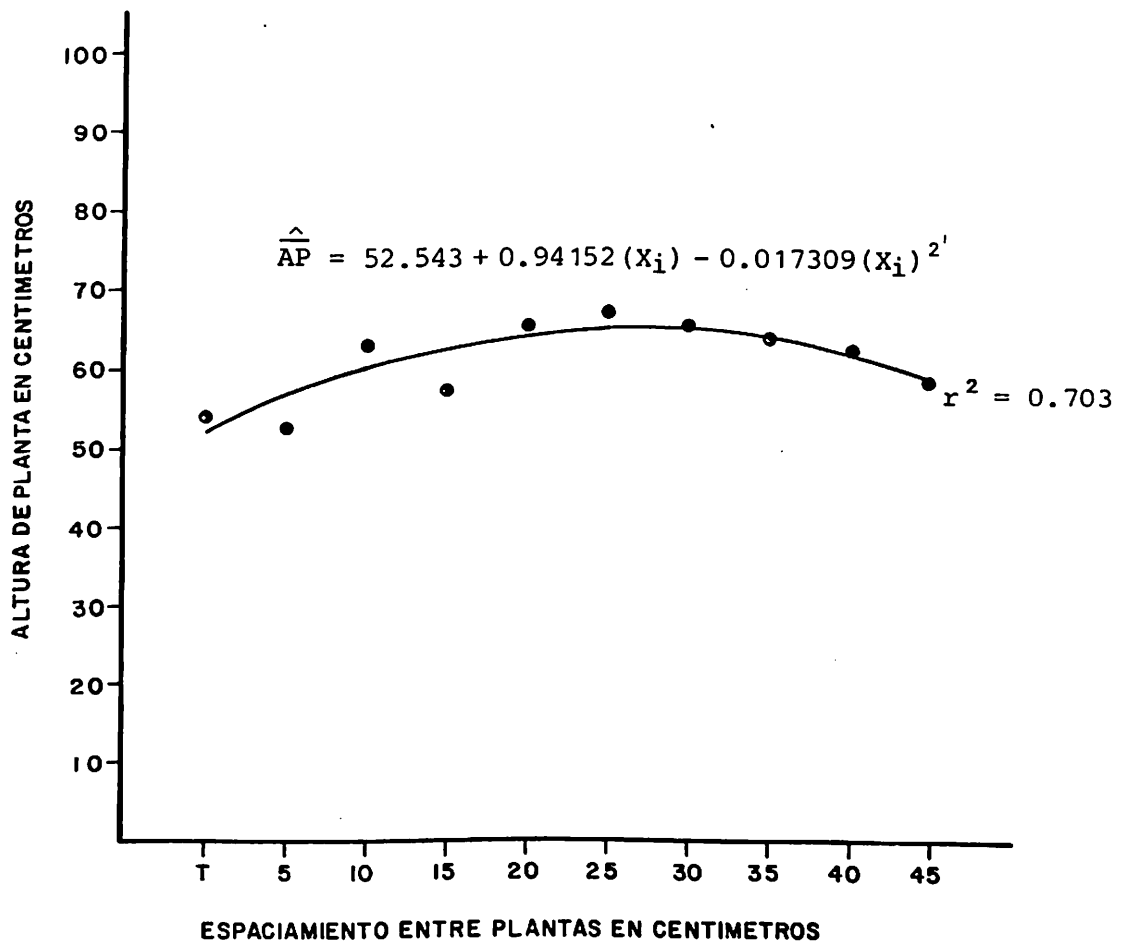


Figura 4.2 Altura de plantas de alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

Número de Tallos por Planta

El número de tallos por planta varió entre 8.4 y 5.4 tallos para la población testigo y el espaciamiento 40 cm entre planta, respectivamente, la capacidad de producción de tallos fue mayor en poblaciones arraladas que en poblaciones sin arralar, aún cuando los datos parecen indicar que existe un límite biológico después del cual ya no se observa respuesta, la Figura 4.3 es consistente con este señalamiento y muestra que el límite biológico máximo pudiera alcanzarse en el espaciamiento 40 cm entre planta.

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para esta característica, observándose que el número de tallos por planta presentó una respuesta de cuarto grado o cuártica a los tratamientos de densidad estudiados, respuesta que fue reportada estadísticamente a partir de una ecuación de cuarto grado la cual fue ajustada a partir de los datos y presenta un $r = 0.940$, esta ecuación fue definida como:

$$\hat{TP} = 7.6097 + 3.4739 (X_i) - 0.25195 (X_i^2) + 0.0082933 (X_i^3) - 0.000087863 (X_i^4)$$

donde:

X_i = tratamiento de densidad de población expresado en centímetros entre plantas

$\hat{TP}$ = número de tallos por planta estimados

El estudio del número de tallos por planta y los resultados que ofrece el presente estudio, permitieron establecer de manera preliminar que las plantas en poblaciones ralas

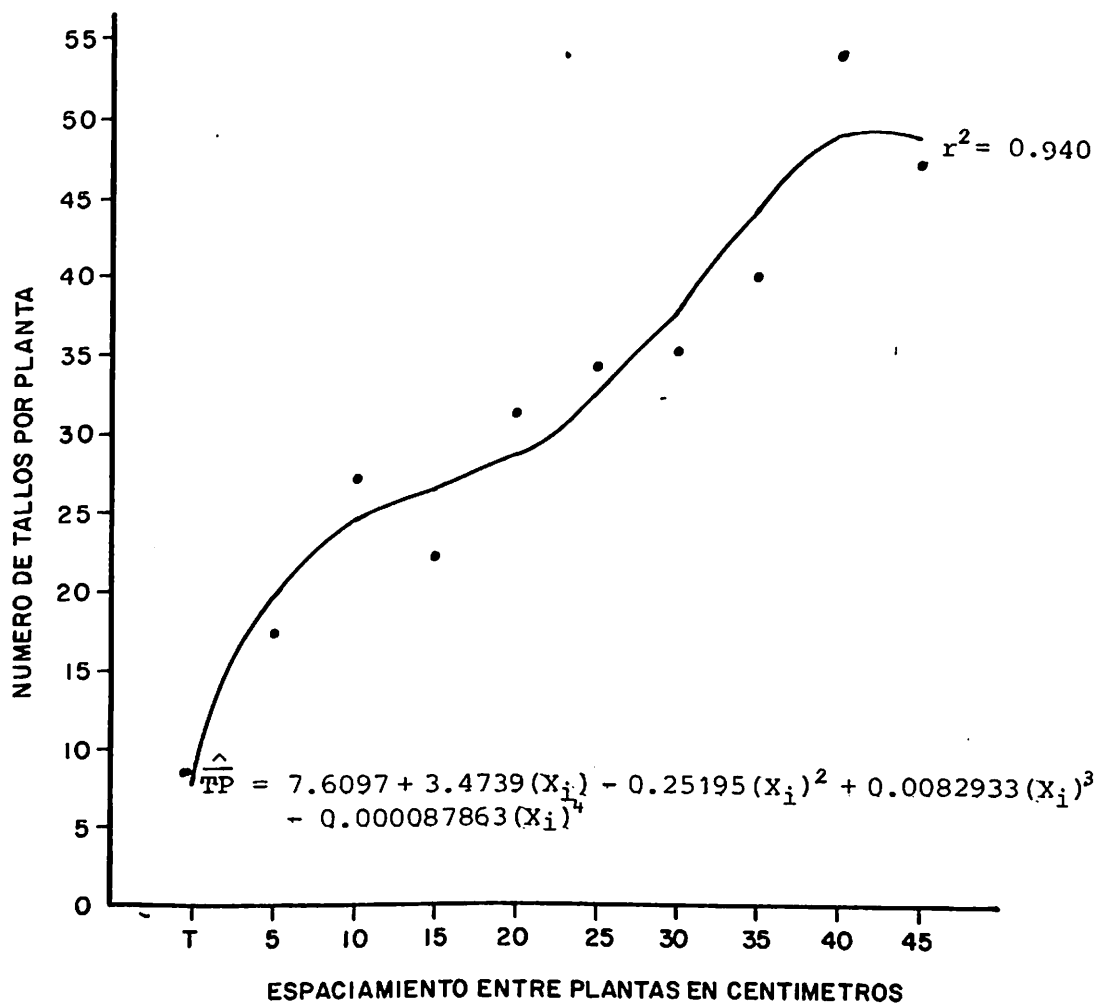


Figura 4.3 Producción de tallos en plantas de alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

o escasas, son mas productivas en términos de capacidad de producción de tallos, aun cuando es evidente un límite biológico de capacidad productiva que resulta interesante considerar en los cultivares de alfalfa.

Número de Tallos con Racimos por Planta

La población testigo presentó un promedio de 1.7 tallos con racimos, lo cual contrasta fuertemente con la producción promedio del espaciamiento 40 cm que fue de 24.9 tallos con racimos, ello indica una respuesta diferencial a los tratamientos estudiados y corrobora que las plantas en densidades ralas o escasas son más productivas, no sólo en su habilidad para producción de tallos, sino en su habilidad para producción de racimos en los mismos. Las medias muestran una tendencia similar al número de tallos por planta, sin embargo, como podrá observarse en la Figura 4.4, la respuesta para esta característica parece ser mas directa a los tratamientos de densidad.

El número de tallos con racimos por planta, presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados la cual fue representada por una ecuación de segundo grado con un $r^2 = 0.957$ que se definió de la siguiente manera:

$$\hat{TRF} = 0.070874 + 1.0819(X_i) + 0.012701(X_i^2)$$

donde:

X_i = tratamiento de densidad de población expresado en centímetros entre plantas

$\hat{TRF}$ = número de tallos con racimos por planta estimado

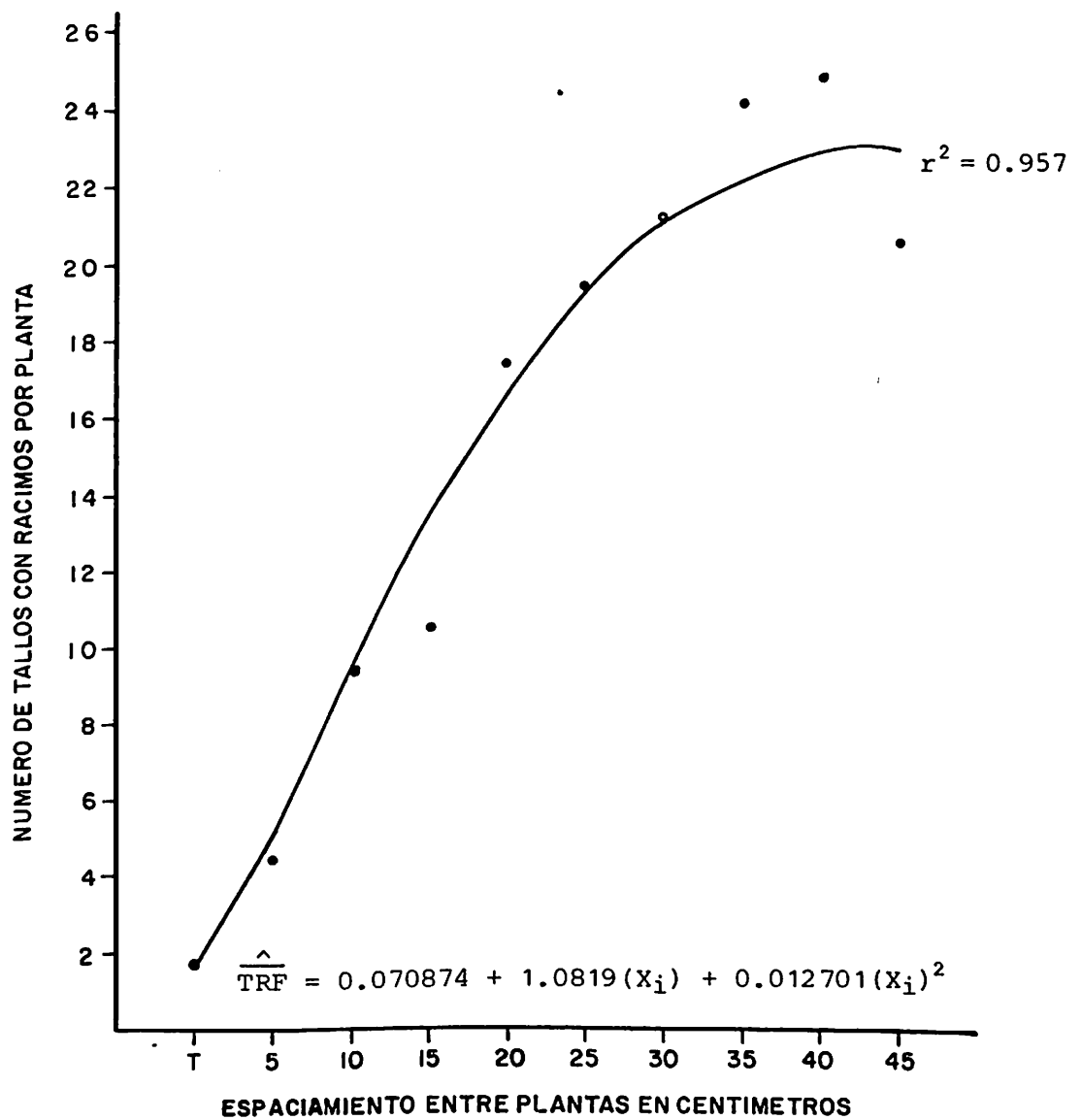


Figura 4.4 Producción de tallos con racimos por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

El análisis de varianza para el número de tallos con racimos, nos muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos para este carácter y ello corrobora plenamente las observaciones descritas a partir del comportamiento general de las medias.

El estudio de esta característica permitió detectar un incremento en la capacidad de las plantas para producir tallos con racimos, conforme se reduce la densidad de plantas por hectárea, sin embargo, la expresión de este carácter parece presentar también un límite biológico de producción, el cual se alcanza según este estudio en el espaciamiento de 40 cm entre plantas después del cual ya no habría respuesta.

Número de Tallos sin Racimos por Planta

La población testigo presentó 6.9 tallos sin racimos contra 29.6 del espaciamiento a 40 cm, lo cual coincide con las apreciaciones establecidas para el número de tallos totales producidos y para el número de tallos con racimos, sin embargo, el hecho de que poblaciones espaciadas favorezcan la formación de tallos sin racimos parece ser contradictorio, el hecho de que también favorecen la producción de tallos con racimos, la explicación de este aspecto está en la mayor capacidad de producción de tallos de las plantas espaciadas.

El análisis de varianza del número de tallos sin racimos reporta diferencias significativas entre las medias de tratamientos para esta característica y con ello se confirma

que variando la densidad de población se pueden inferir cam
bios en el comportamiento de las plantas para producción de
tallos sin racimos.

El número de tallos sin racimos por planta, presentó
una respuesta lineal a las densidades de población estu-
diadas, respuesta que fue interpretada estadísticamente por
una ecuación de primer grado con un $r^2 = 0.577$ que está de-
terminada por la siguiente expresión:

$$\hat{\text{TSRP}} = 9.2005 + 0.34076 (X_i)$$

donde:

X_i = tratamiento de densidad de población expresado
en centímetros entre plantas

$\hat{\text{TSRP}}$ = Número de tallos sin racimos por planta estimado

Para una mejor ilustración del comportamiento de es-
ta característica podrá recurrirse a la Figura 4.5.

Los datos de esta característica serían irrelevantes,
si fueran analizados aislados del resto, pues denota-
rían la capacidad de las plantas para producir tallos sin -
racimos, lo cual no es un carácter deseable en un programa
de producción de semillas, en atención a ello se ha propuesto
exponer sus frecuencias combinadas con la característica
tallos con racimos, lo cual se refleja en el Cuadro 4.5.

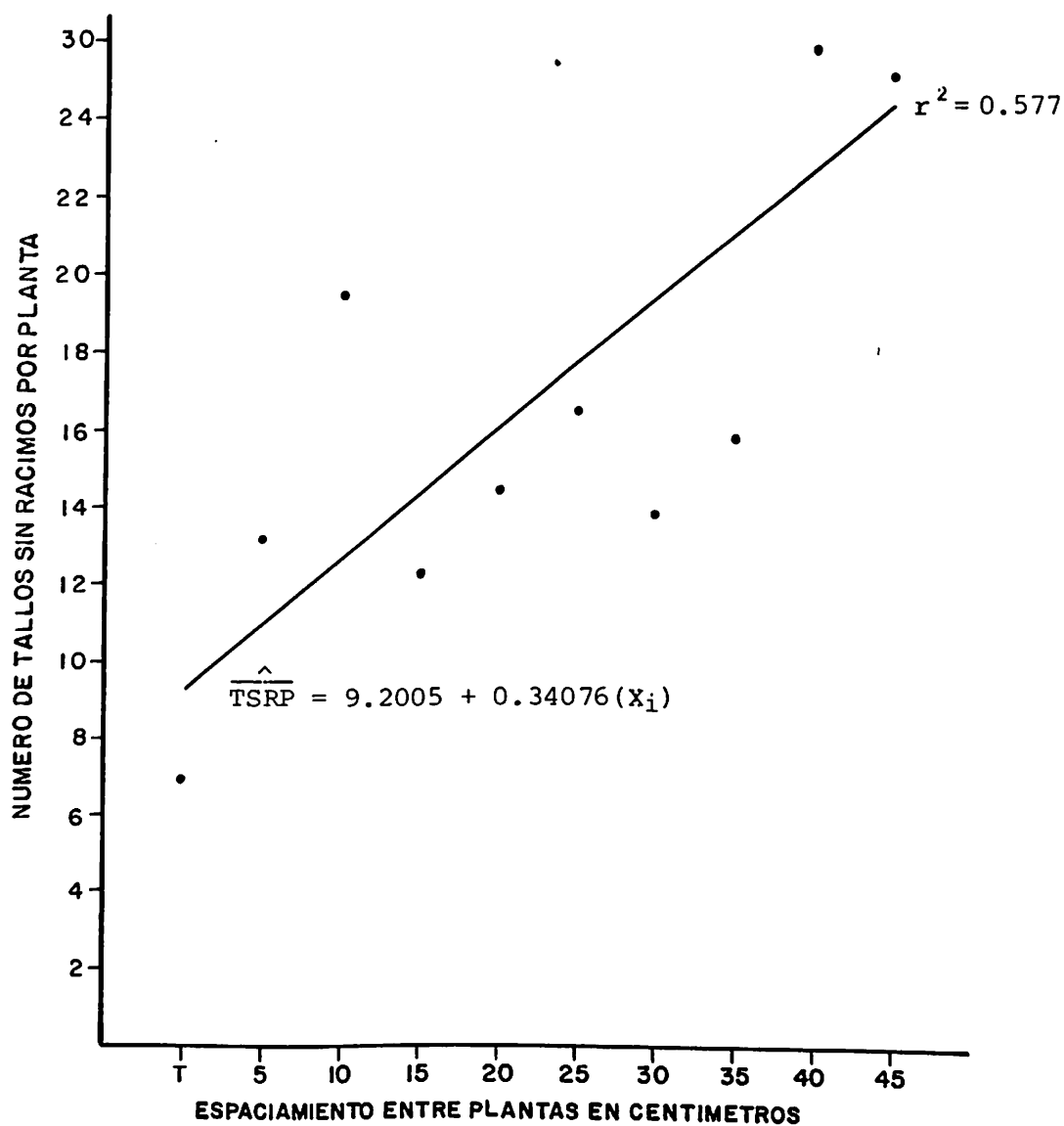


Figura 4.5 Producción de tallos sin racimos por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

Cuadro 4.5. Producción de tallos por planta

Tratamientos Distancia entre plantas (cm)	% de tallos con racimos	% de tallos sin racimos
Testigo	20	80
5	25	75
10	33	67
15	46	54
20	54	46
25	56	44
30	60	40
35	59	41
40	45	55
45	43	57

El cuadro anterior permite observar que conforme la densidad de población se reduce, la proporción de tallos sin racimos va disminuyendo y por tanto las plantas van incrementando su capacidad de producción de tallos con racimos y consecuentemente su capacidad de producción de semilla.

Estos resultados permitieron determinar que la relación tallos con racimos y sin racimos mas favorable para producción de semillas, bajo las condiciones del presente estudio, es aquella que se logra en el espaciamiento 30 cm entre planta donde el 60 por ciento de los tallos producen racimos densidades más bajas favorecen según los datos, la producción de tallos sin racimos.

Distribución de Racimos en el Tallo

La posición y los lugares de mayor concentración de racimos en la estructura de la planta fueron aspectos de interés del presente estudio, porque ellos denotarían la respuesta de las plantas a concentrar la producción de racimos, en determinadas áreas de las mismas en correspondencia a los tratamientos de densidad estudiados.

Se encontró que las plantas establecidas en altas - densidades concentran la producción de racimos en la parte superior de las mismas, más específicamente a sólo 8.6 cm medidos a partir del ápice de los tallos, en tanto que densidades de población más bajas reportaron en lo general un incremento en la distribución de racimos, aún cuando los valores máximos se analizaron entre los tratamientos 20 a 35 cm entre planta, identificándose como superiores los tratamientos 25 y 35 cm entre plantas, las medias permiten observar que después del tratamiento 35 cm entre planta, la distribución de racimos en los tallos tiende a reducirse.

La distribución de racimos máxima fue de 19.53 cm - lo cual evidencía una mayor capacidad de producción de racimos, en relación a la población testigo en correspondencia a que las plantas están distribuyendo de una manera más eficiente su producción de racimos.

El análisis de varianza reporta diferencias significativas entre tratamientos, el análisis de tendencia por su parte, permitió determinar que la distribución de racimos -

en el tallo mostró una respuesta cuadrática al efecto de las densidades de población, este comportamiento fue explicado estadísticamente por una ecuación de segundo grado con un $r^2 = 0.883$, la cual se definió de la siguiente manera:

$$\hat{\overline{DR}} = 7.7193 + 0.82079 X_i - 1.5159 X_i^2$$

donde:

$\hat{\overline{DR}}$ = media estimada de distribución de racimos en el tallo

X_i = tratamiento de densidad de población en centímetros entre planta

La Figura 4.6 explica gráficamente los conceptos anteriormente descritos y de la misma manera la dispersión de las medias observadas en relación a la ecuación de regresión ajustada.

Es evidente que bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, las plantas en altas densidades de población mostraron una tendencia a concentrar la producción de racimos en las partes apicales, en tanto que las poblaciones arraladas concentraron la producción de racimos en una longitud mayor de sus tallos, la altura de planta presenta una relación muy estrecha con esta característica, así como el número de racimos por planta, sin embargo, un factor limitante de la distribución de racimos en el tallo y plantas respectivamente, son las relaciones de competencia que se establecen entre las plantas como resultado de los tratamientos de densidad de población.

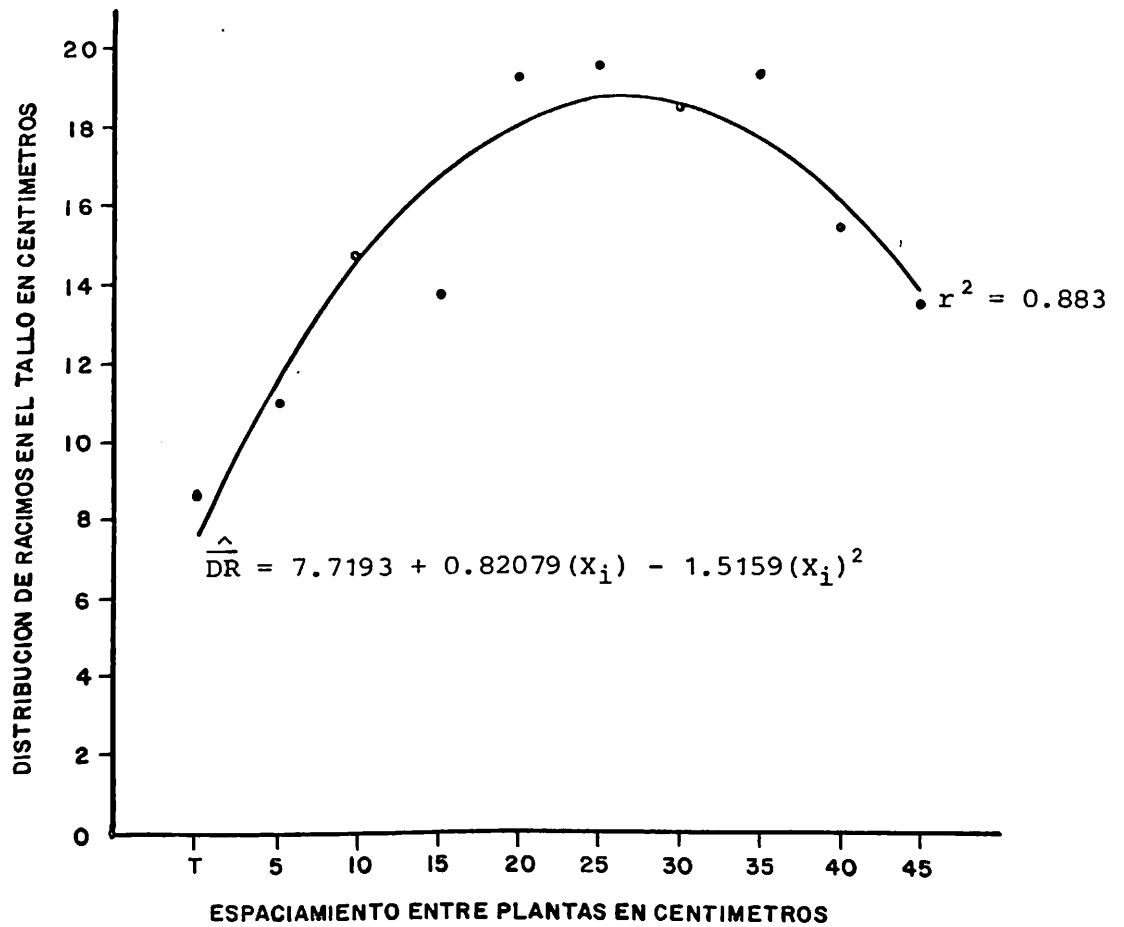


Figura 4.6 Distribución de racimos en el tallo en centímetros, en plantas de alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

La naturaleza de las relaciones anteriormente expresadas serán abordadas en una exposición posterior del presente capítulo, no obstante es oportuno puntualizar que desde el punto de vista de producción de semillas es deseable que las plantas presenten una distribución eficiente de sus racimos, ésto último interpretado como una capacidad mayor de rendimiento a nivel de plantas individuales.

Altura del Primer Racimo

La cosecha mecánica es una práctica recomendable en lotes de producción de semilla de alfalfa y uno de los requisitos para mejorar su eficiencia, es garantizar que los racimos se encuentren a una altura adecuada, de tal manera que se minimicen al máximo las pérdidas por una deficiente recolección, lo anteriormente expresado representa la justificación teórica de la evaluación del carácter altura del primer racimo.

La altura del primer racimo osciló entre 41.9 y 48.85 cm entre las poblaciones estudiadas, como podrá observarse las diferencias no fueron muy marcadas entre tratamientos, no obstante que la altura de planta y la distribución de racimos sí mostró una respuesta diferencial a los tratamientos.

El análisis de varianza para la característica altura del primer racimo, mostró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, este resultado permite dilucidar que las relaciones de competencia afectan entre otros -

aspectos el desarrollo reproductivo de las plantas a partir de la diferenciación del primer racimo, por otra parte, la altura del primer racimo se comportó como una característica constante propia de la variedad.

Los resultados indican que la variedad en estudio puede ser cosechada mecánicamente, cuando ésta es cultivada bajo un ambiente adecuado, es importante puntualizar este - último aspecto, ya que una alteración en el ambiente de crecimiento específicamente la presencia de lluvias en el período de floración podría propiciar una caída de las plantas - (acame) entre otros efectos secundarios, que afectarían no sólo la cosecha mecánica sino la capacidad de rendimiento y la calidad de la semilla.

Número de Semillas por Vaina

Los resultados sugieren, que bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, las plantas mostraron capacidad de producir entre 5.6 y 6.5 semillas por vaina, lo cual contrariamente a lo que se esperaba no indica mucha variación entre los tratamientos en estudio.

No obstante, una evidencia más firme sobre el particular son los resultados del análisis de varianza, los cuales indican, que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para esta característica.

De las semillas por vaina producidas entre 4.5 y 5.1 fueron semillas normales, lo cual indica que las vainas -

produjeron sólo el 80 por ciento de semillas normales aproximadamente, de acuerdo a los datos presentados, para la ca racterística número de semillas normales por vaina, mostrando también entre 1.1 y 1.5 semillas dañadas por vaina, lo - cual indica que el 20 por ciento de la semilla producida fue dañada principalmente por insectos como chinche *Lygus* y *Cal-* *cido* de la semilla.

Para ambos caracteres semilla dañada y semilla normal por vaina, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual hace suponer que el daño por in sectos fue un efecto aleatorio que dañó de igual forma tanto a poblaciones de alfalfa densas como escasas.

Esta exposición ha abordado algunos puntos de interés que es necesario precisar, el primero de ellos es que el número de semillas por vaina no fue afectado significativamente por los tratamientos de densidad, lo cual indica que las plantas aún cuando están sujetas a altas densidades, man tienen relativamente constante el número de semillas por vai na, limitando su respuesta en otros componentes de rendimien to, como el número de vainas por racimo, el número de raci- mos por planta, entre otros.

Un segundo aspecto no menos importante, es que en - función de la cantidad de semilla dañada por vainas, es has ta cierto punto válido señalar, que de la reducción total del rendimiento de semilla un 20 por ciento fue debido al daño de insectos.

Número de Vainas por Racimo

Las plantas de alfalfa presentaron entre 7.1 y 12.5 vainas por racimo, el menor número de vainas se detectó en la población testigo en tanto que los valores máximos de vainas por racimo se encontraron en los tratamientos 25 a 35 cm entre planta.

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos para el número de vainas por racimo, lo cual propone una respuesta diferencial de las plantas a los tratamientos de densidad estudiados en relación a este componente de rendimiento.

La característica vainas por racimo, mostró una respuesta cuadrática, la cual fue interpretada estadísticamente a partir de un análisis de tendencia, por una ecuación de segundo grado, con un $r^2 = 0.968$ la cual se expone a continuación:

$$\hat{\overline{VR}} = 6.6254 + 0.3622 X_i + 0.0057098 X_i^2$$

donde:

$\hat{\overline{VR}}$ = media estimada de vainas por racimo

X_i = tratamientos de densidad de población expresados en centímetros entre planta

Los resultados obtenidos, muestran que cuando las plantas de alfalfa son establecidas en poblaciones densas, reducen el número de vainas por racimo y por lo tanto, el tamaño de sus racimos, esto significa que aún cuando el número

de vainas en los racimos, es un indicador de que este tipo de poblaciones tienen menor potencial de rendimiento de semilla. Las poblaciones arraladas denotan un incremento en el número de vainas por racimo conforme se reduce la densidad de población (Figura 4.7), sin embargo, a densidades menores de 30 cm entre planta el número de vainas por racimo decrece o bien se mantiene relativamente constante.

Número de Racimos por Tallo

El número de racimos por tallo osciló entre 3.5 y 8.1, el tratamiento con mayor número de racimos por tallo fue el tratamiento 30 cm entre plantas.

Analizando el comportamiento de los datos en forma gráfica, tal como son presentados en la Figura 4.8, se podrá observar que existe una tendencia de las plantas individuales a incrementar el número de racimos por tallo, conforme la densidad de población se va disminuyendo, sin embargo, a espaciamientos mayores de 30 cm entre planta y consecuentemente menor densidad de plantas por unidad de superficie, las plantas individuales tienden a reducir el número de racimos por tallo.

Este tipo de respuesta de las plantas individuales dentro de los tratamientos de densidad reflejó de acuerdo al análisis de tendencia, una relación cuadrática, la cual fue representada por una ecuación de segundo grado de la forma:

$$\hat{RT} = 1.8001 + 0.072707 X_1 - 0.0013342 X_1^2$$

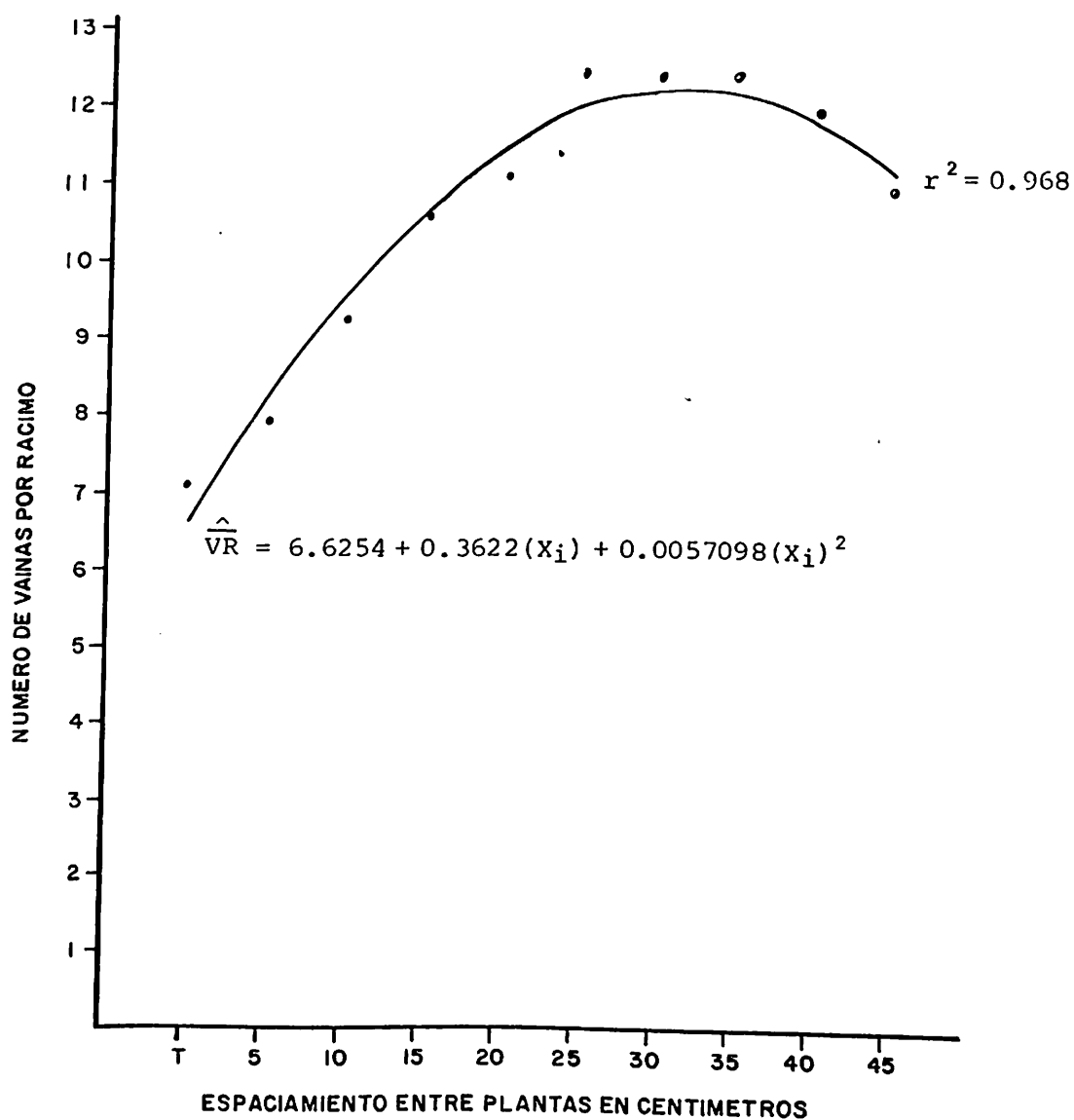


Figura 4.7 Número de vainas por racimo en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

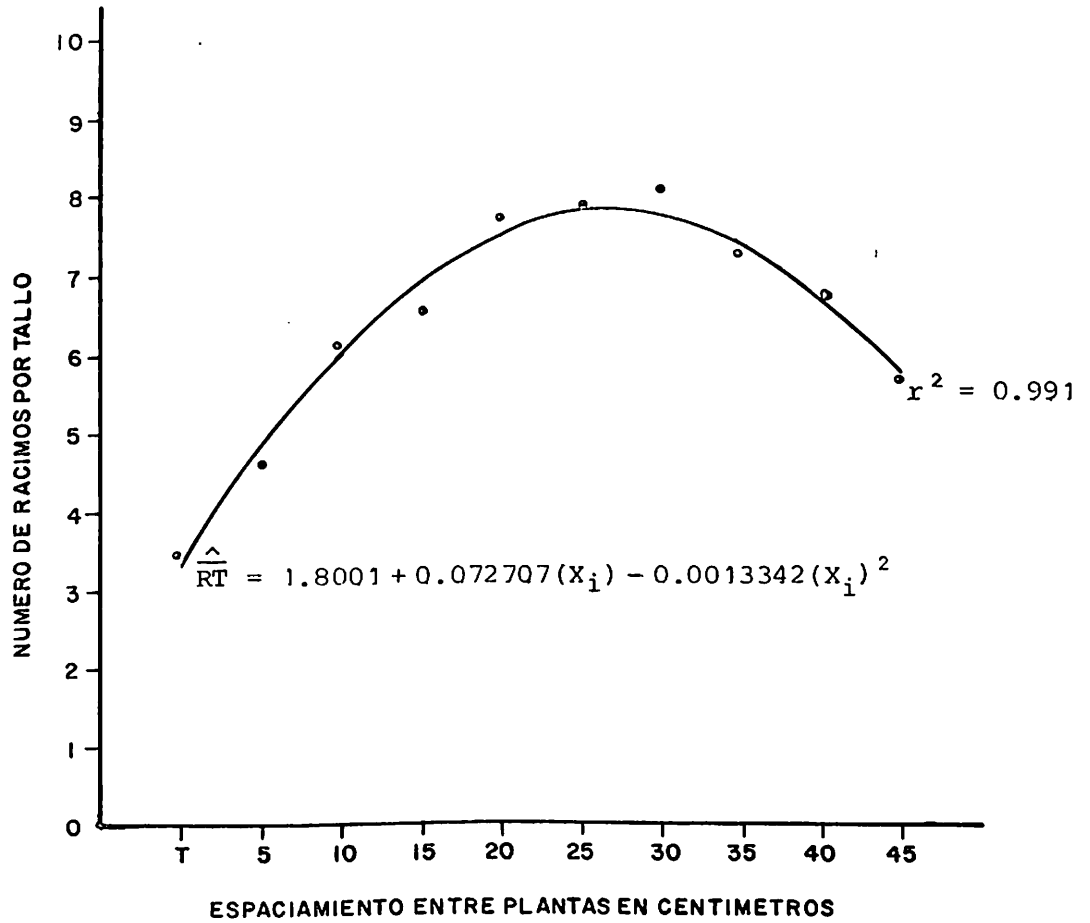


Figura 4.8 Número de racimos por tallo en alfalfa, a diferentes espaciamientos entre plantas.

donde:

$\hat{\bar{R}T}$ = media estimada de racimos por tallo

X_i = tratamientos de densidad de población expresada en centímetros

Esta ecuación de segundo grado reportó un $r^2 = 0.991$, valor que indica un grado de ajuste de la ecuación de regresión muy aproximado al comportamiento real de las plantas.

No obstante los resultados anteriormente expuestos, el análisis de varianza indica que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual implica que en lo general las plantas individuales, no difirieron estadísticamente en la producción de racimos por tallo, aún cuando el análisis de tendencia reflejó estadísticamente una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad de población.

Los resultados sugieren que la característica número de racimos por tallo, presenta poca respuesta a los tratamientos de densidad de población aún cuando su comportamiento estadístico es similar al presentado por otros componentes de rendimiento.

Número de Racimos por Planta

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos para esta característica, encontrándose que las diferencias en producción de - -

racimos por planta fueron extremadamente considerables, - las plantas cosechadas en la población testigo reportaron valores promedios de producción de 6.2 racimos por planta, en tanto que el tratamiento 40 cm entre planta, manifestó una capacidad de producción de 146 racimos por planta, que expresó el potencial máximo de producción de racimos el tratamiento 30 cm entre plantas presentó un valor muy aproximado al límite superior de producción, su potencial de producción fue de 144.3 racimos por planta, este comportamiento permite ubicar a este tratamiento como uno de los que presenta mayor potencial de rendimiento dado la producción de racimos y al mismo tiempo confirma los resultados obtenidos en el análisis de tendencia de la característica número de racimos por tallo, donde se afirma que el tratamiento con mayor cantidad de racimos por tallo es el tratamiento 30 cm entre plantas.

Esta característica presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad de población, la cual fue representada estadísticamente por una ecuación de segundo - grado de la forma:

$$\hat{RP} = 6.5818 + 8.1005X_i + 0.11264X_i^2$$

donde:

$\hat{RP}$ = media estimada de producción de racimos por -
planta

X_i = tratamientos de densidad de población expresado
en centímetros entre plantas

La Figura 4.9 evidencia una tendencia de incremento en la capacidad de producción de racimos de las plantas conforme la densidad de población se reduce, alcanzándose una producción máxima entre 30 y 40 cm entre plantas después de la cual la producción de racimos permanece relativamente constante, e indica estadísticamente una tendencia a reducir la cantidad de racimos producidos.

La variación en el número de racimos por planta parece ser, de acuerdo a los resultados obtenidos poco determinada por el número de racimos por tallo, aún cuando el análisis de tendencia denota un comportamiento similar entre ambas características, esto significa que hay otros componentes de rendimiento determinando este potencial, entre los cuales resultan de especial interés el número de tallos con racimos y la distribución de racimos en el tallo y en la planta.

Considerando todos los componentes de rendimiento estudiados el número de racimos por planta, representa una de las características mas directas en relación al rendimiento de semilla, lo cual la identifica como uno de los componentes de rendimiento más importantes en la evaluación del rendimiento potencial de un cultivar de alfalfa.

Número de Vainas por Planta

El número de vainas por planta osciló entre 44.1 y 1809 entre la población testigo y el tratamiento 30 cm entre

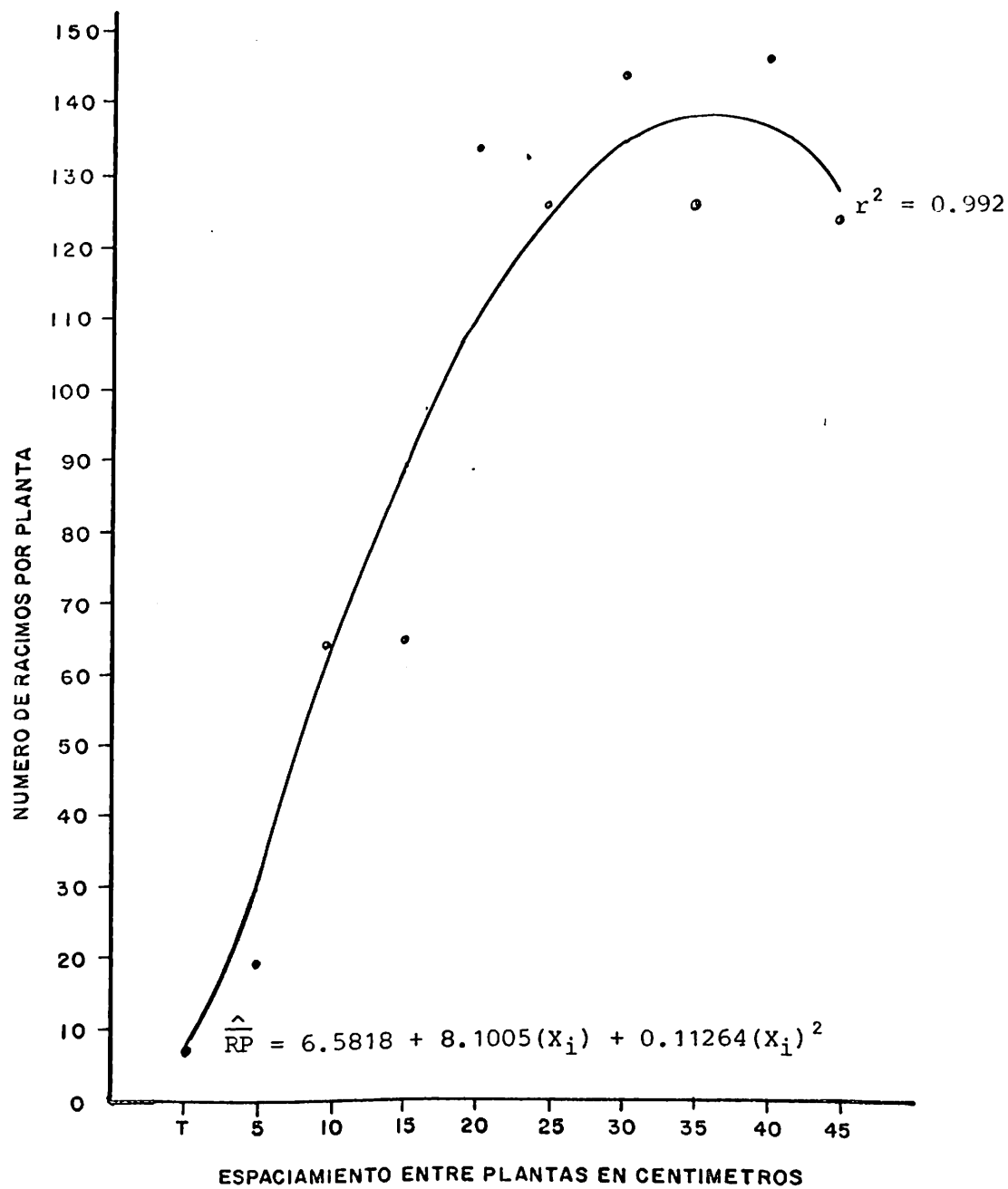


Figura 4.9 Número de racimos por planta en alfalfa, a diferentes espaciamientos entre plantas.

plantas respectivamente, la Figura 4.10 muestra una tendencia en las plantas individuales a incrementar su potencial de producción de vainas, conforme la densidad de población se reduce hasta alcanzar un máximo en el espaciamiento 30 cm entre plantas, con espaciamientos mayores el potencial de producción de vainas disminuye, lo anterior indica que aún cuando los espaciamientos de 40 cm entre planta, pueden producir mayor cantidad de racimos, su potencial de producción de vainas en los racimos disminuye, es decir produce racimos en mayor cantidad pero con menor número de vainas, este comportamiento puede ser constatado observando el comportamiento de la característica vainas por racimo, donde a pesar de observarse diferencias mínimas la tendencia hacia la reducción fue estadísticamente detectable, esta situación compensa hasta cierto punto las diferencias detectadas en la producción de racimos de las plantas.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas en la producción de vainas por planta, lo cual es un indicador de la capacidad diferencial en la producción de semillas de las plantas, esta característica mostró una respuesta cúbica a los tratamientos de densidad de población estudiados, la cual fue representada estadísticamente por una ecuación de tercer grado del tipo:

$$\hat{VP} = -11.411 + 37.172X_i + 2.4761X_i^2 - 0.058465X_i^3$$

donde:

$$\hat{VP} = \text{media estimada de vainas por planta}$$

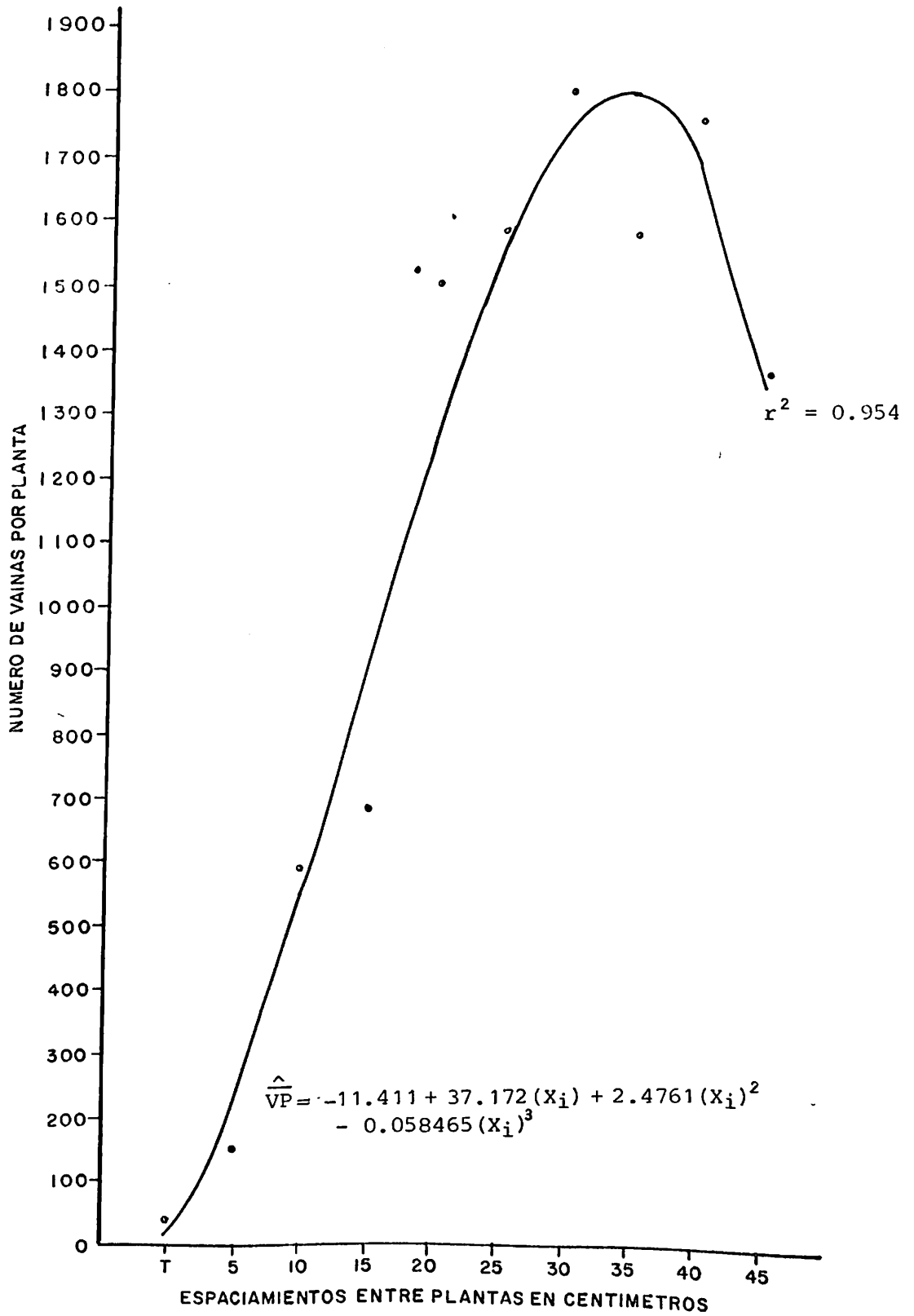


Figura 4.10 Número de vainas por planta en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

X_i = tratamiento de densidad de población expresado en cm por planta

Para la ecuación de regresión anteriormente mencionada fue estimado un $r^2 = 0.954$, el cual refleja un nivel de correspondencia aceptable entre medias observadas y estimadas del carácter en estudio.

Los resultados indican que las plantas de alfalfa establecidas en poblaciones densas limitan drásticamente su capacidad de producción de vainas, en tanto que las plantas espaciadas para producción de semillas bajo ciertos límites incrementan significativamente su capacidad de producción de vainas por planta.

Número de Semillas por Planta

El número de semillas por planta, fue estimado a partir de las mediciones directas de otros componentes de rendimiento, encontrándose que la capacidad potencial de las plantas individuales en estudio, osciló entre 251.77 y 10,924.95 semillas por planta, valores extremos estimados para la población testigo y el tratamiento 30 cm entre planta, este último representando la densidad de población que teóricamente sería la densidad mas productiva en términos de plantas individuales.

La Figura 4.11 nos muestra la tendencia a incrementar el número de semillas por planta, conforme la densidad de población es menor, aún cuando en los espaciamientos

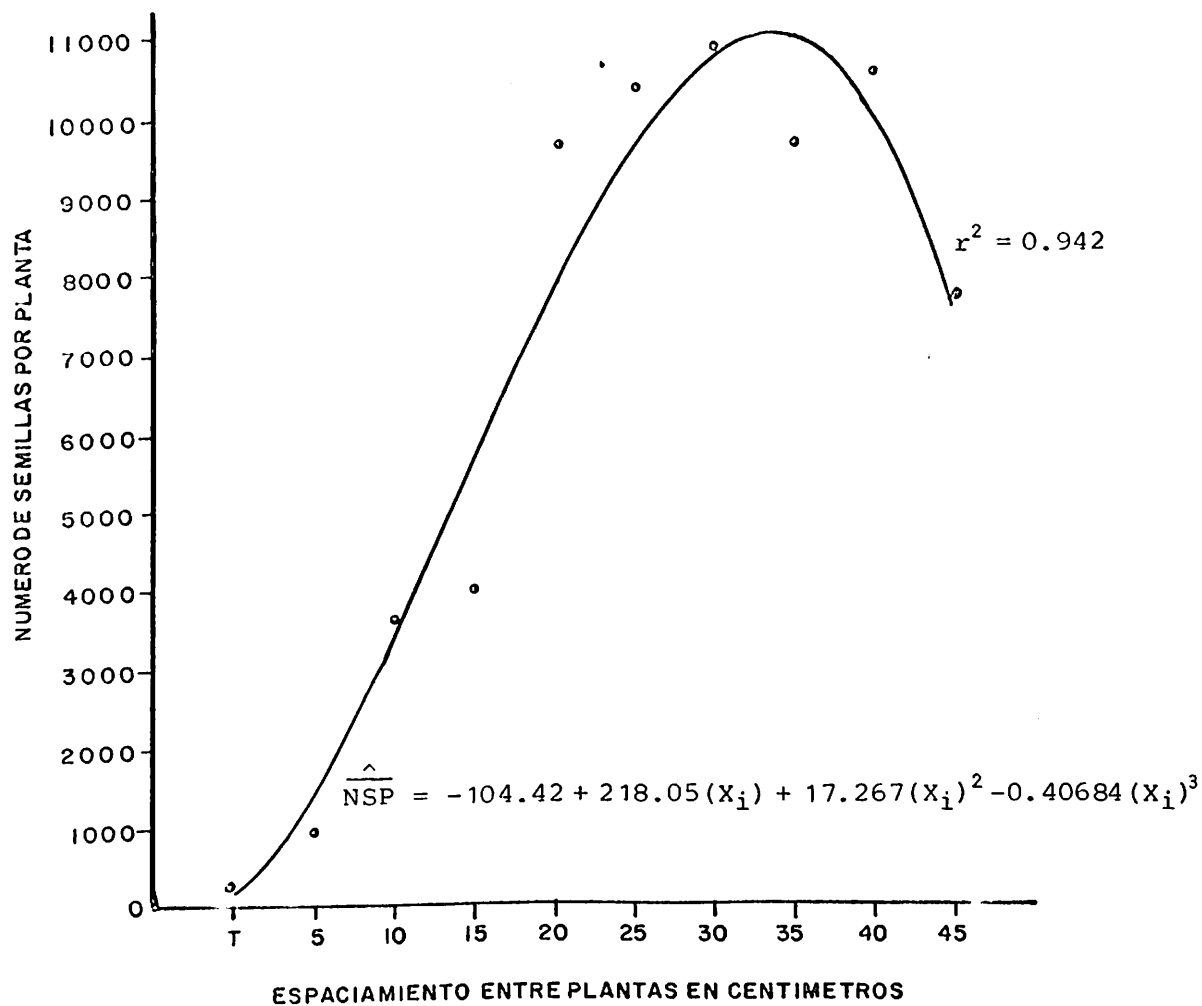


Figura 4.11 Número estimado de Semillas por planta, usando componentes de rendimiento, a diferentes espaciamientos entre plantas de alfalfa.

mayores presenta una tendencia similar a la expuesta en el caso de otros componentes de rendimiento como el número de vainas por planta y el número de racimos producidos por planta.

La importancia de estimar esta característica a partir de los componentes de rendimiento, es que permitió valorar teóricamente el potencial de rendimiento de las plantas evaluadas en precosecha, de esta manera se estableció que las plantas individuales establecidas bajo los diferentes tratamientos de densidad de población, tendrían capacidad para producir entre 0.54 y 23.51 gramos de semilla, potencial de rendimiento que fue calculado a partir del número de semillas producidas por planta y del número promedio de semillas de alfalfa por gramo propuesto por Gunn (1972), en base al estudio de 39 cultivares de alfalfa, este autor propone que un gramo de semilla de alfalfa comprende 464.5 semillas aproximadamente.

Como podrá observarse en el punto referido al rendimiento de semilla, esta capacidad potencial no corresponde al rendimiento real y ello es comprensible, pues como se ha establecido al analizar el número de semillas dañadas por vaina, es lógico esperar mínimamente un 20 por ciento de reducción del rendimiento, únicamente por el efecto de daños de insectos, sin considerar aún otro tipo de factores que de manera directa o indirecta afectan el rendimiento de semilla de alfalfa, una discusión más detallada será llevada a cabo cuando sea analizado el rendimiento de semilla.

El análisis de varianza reporta diferencias altamente significativas para el número de semillas por planta y permitió determinar una relación de tercer grado en la respuesta de esta característica a los tratamientos de densidad la cual fue representada estadísticamente por una ecuación de tercer grado de la forma:

$$\hat{\overline{NSP}} = -104.42 + 218.05X_i + 17.267X_i^2 - 0.40684X_i^3$$

donde:

$\hat{\overline{NSP}}$ = media estimada del número de semillas producidas por planta

X_i = tratamientos de densidad expresado en centímetros entre planta.

Con un $r^2 = 0.942$, valor que expresa un grado de ajuste aceptable entre medias observadas y medias estimadas a partir de la ecuación de regresión.

Componentes de Rendimiento por Unidad de Superficie

Un elemento común a todas las características que serán abordadas en esta exposición, es que todas ellas fueron estimadas a partir de los registros por planta ya mencionados, no obstante fue considerado de interés vertir un poco de información acerca de su comportamiento analizado en función de una unidad de superficie, en este caso se ha considerado adecuado la unidad metro cuadrado.

El número de vainas por metro cuadrado, presentó una tendencia a incrementarse conforme la densidad de población es menor, hasta alcanzar un máximo en el espaciamiento 20 cm entre plantas, después del cual es evidente una reducción en el número de vainas que es bastante mas marcada a espaciamientos mayores de 30 cm entre plantas (Cuadro 4.6), el comportamiento de los datos manifiesta una tendencia similar a la - evaluación por plantas individuales, aún cuando en este caso es posible visualizar que el número de plantas por unidad de superficie bajo ciertos límites es inversamente proporcional a la producción de vainas y un comportamiento relativamente similar se observa en los datos presentados para el número de racimos por metro cuadrado (Cuadro 4.6).

El número de tallos por metro cuadrado presenta una tendencia diferente, como se puede observar en el Cuadro 4.6. Los datos manifiestan una reducción sistemática de los mismos, conforme se reduce la densidad de población y van desde un máximo en la población testigo hasta un mínimo en el espaciamiento 45 cm entre plantas, ésta situación implica que el número de tallos por metro cuadrado es directamente proporcional al número de plantas por unidad de superficie, este mismo comportamiento se encontró en las características tallos con racimos por metro cuadrado y tallos sin racimo por metro cuadrado.

Estos resultados denotan que las poblaciones densas producen mayor número de tallos y mayor número de tallos con y sin racimos y aún con este antecedente son menos productivas

Cuadro 4.6. Concentración de medias observadas de algunos componentes de rendimiento por unidad de superficie

Tratamientos	Nº de vainas (m ²)	Nº de racimos (m ²)	Nº de tallos (m ²)	Nº de tallos con racimos (m ²)	Nº de tallos sin racimos (m ²)
Distancia entre plantas (cm)					
Testigo	3633.18	509.95	690.90	139.82	567.52
5	3766.95	472.50	431.25	110.45	330.00
10	7426.89	796.87	346.87	117.50	244.06
15	5653.50	528.12	187.84	86.63	101.80
20	9393.26	840.00	199.06	109.06	90.00
25	7964.67	633.25	171.00	97.00	82.75
30	7527.59	600.28	146.43	88.60	57.82
35	5659.83	450.35	144.40	86.03	56.58
40	54.98.85	455.67	170.82	77.68	92.35
45	3800.59	344.72	131.29	56.92	73.68

de semilla, lo que explica esta situación es que, aún cuando este tipo de poblaciones producen mas tallos con racimos por unidad de superficie el número de racimos por tallo, vainas por racimos y específicamente racimos por planta son extremadamente menores a los producidos en las poblaciones espaciadas, pues como ha quedado demostrado las plantas espaciadas son mas productivas y existe entonces un mecanismo de compensación hacia la diferencia en el número de plantas, a lo anterior debe agregarse que las poblaciones densas también presentan el mayor número de tallos sin racimos por metro cuadrado.

Producción de Semilla

La producción de semilla representa el factor mas importante sobre el cual confluyen el resto de características evaluadas en el presente trabajo y por ello se ha determinado analizar con mayor profundidad los resultados obtenidos en relación a esta característica.

La mayoría de autores consultados, coinciden en señalar que la producción de semilla de alfalfa es un área especializada del manejo del cultivo, que requiere de ciertos requisitos de clima, suelo, manejo agronómico entre otros aspectos, para obtener éxito en el desarrollo de un programa de producción de semillas.

En la presente investigación, se buscó reducir al máximo las implicaciones negativas propiciadas por un deficiente manejo agronómico del cultivo, sin embargo, no pudieron -

ser controladas las condiciones ambientales adversas que - circunstancialmente estuvieron presentes en la región donde se llevó a cabo el estudio, estas condiciones ambientales - fueron la presencia de lluvias en la región, las cuales estuvieron fuertemente asociadas con problemas de acame, rebrote de las plantas en etapas reproductivas y presencia de insectos a la semilla, la ocurrencia de estos eventos fue crítica para el cultivo, pues se presentó cuando este se encontraba en estado de floración, interfiriendo con el desarrollo y - producción de semilla desde diferentes posibilidades de daño, bajo estas condiciones, se encontró un abatimiento drástico del rendimiento de semilla, no obstante las condiciones fueron similares para todos los tratamientos y por lo tanto, el nivel de respuesta denota mayor o menor capacidad según el caso, para producción de semilla bajo estas condiciones y se propone que dicho nivel de respuesta es aplicable bajo - condiciones ambientales mas favorables.

El Cuadro 4.7 muestra los rendimientos de semilla - observados y el rendimiento potencial estimado a partir de componentes de rendimiento, si se observan los rendimientos se encontrará que el rendimiento por planta osciló entre - 0.035 y 2.55 gramos de semilla, resultando como más productivas las densidades 40 y 30 cm entre plantas, sin embargo, el rendimiento de semilla por parcela favorece al tratamiento 30 cm entre plantas lo mismo ocurre en el rendimiento de semilla por hectárea.

Cuadro 4.7. Concentración de medias de rendimiento de semilla observado y potencial

Tratamientos		R e n d i m i e n t o d e S e m i l l a					Reducción (ha)
Distancia entre plantas (cm)	O b s e r v a d o			P o t e n c i a l *			
	Por planta (g)	Por parcela (g)	Por hectárea (kg)	Por planta (g.)	Por parcela (g)	por hectárea (kg)	
Testigo	0.035	35.3923	29.493	0.542	534.977	445.814	93.38
5	0.160	48.2135	40.227	1.962	588.755	490.629	91.80
10	0.556	83.4651	69.554	7.882	1182.377	985.314	92.940
15	0.806	80.6777	67.231	8.612	861.252	717.710	90.63
20	1.226	92.0136	76.678	20.748	1556.105	1296.754	94.08
25	1.721	103.2635	86.052	22.462	1347.735	1123.113	92.33
30	2.331	116.5508	97.125	23.519	1175.990	979.991	90.08
35	1.659	71.1106	59.258	20.990	881.604	734.670	91.93
40	2.550	95.6504	79.708	23.192	858.129	715.107	88.85
45	1.801	59.9844	49.987	16.615	548.305	456.920	89.06

* El rendimiento de semilla potencial fue estimada a partir de los promedios observados de algunos componentes de rendimiento como semillas por vaina, vainas por racimo, racimos por planta y número de semillas por planta

Los rendimientos por parcela variaron entre 35.3 y 116.5 gramos, lo cual llevó al cálculo de rendimiento de semilla por hectárea donde se encontraron rendimientos que oscilaron entre 29.493 y 97.125 kg/ha.

Los rendimientos para todos los tratamientos estudiados fueron extremadamente bajos, sin embargo, en lo general pudo constatarese que las poblaciones espaciadas en forma distinta fueron superiores a las medias de rendimiento de la población testigo, la tendencia bastante discutida en la sección de componentes de rendimiento es fácilmente identificada en el comportamiento de los datos presentados en el cuadro anteriormente citado, los datos reflejan un incremento en la capacidad de producción de semilla de las poblaciones hasta un máximo que se alcanza en el espaciamiento 30 cm entre plantas después del cual el potencial de rendimiento disminuye.

El análisis de varianza de los datos (Cuadro 4.8) mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos para el carácter rendimiento de semillas y se encontró en base a un análisis de tendencia que la producción de semilla presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados, la cual se representó estadísticamente por una ecuación de segundo grado del tipo:

$$\hat{RS} = 31.670 + 5.2890 X_1 - 0.10110 X_1^2$$

donde:

$\hat{RS}$ = media estimada de rendimiento de semillas por parcela

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza de la característica rendimiento de semilla por parcela

Fuentes de variación	g.l.	Rendimiento de semilla
Bloques	3	5216.6270**
Tratamientos	9	2549.5120**
Error	27	227.5100
Total	39	1147.1349
C.V. (%)		19.18

X_1 = tratamiento de densidad de población expresada en centímetros entre plantas

Un $r^2 = 0.784$ denota el grado de correspondencia entre los datos observados y estimados a través de la ecuación de regresión anteriormente enunciada.

La Figura 4.12 es ilustrativa del comportamiento de las poblaciones en relación al rendimiento de semilla y en ella se confirma de manera concluyente la tendencia ya discutida y establecida para componentes de rendimiento.

El rendimiento de semilla potencial estimado, como todas las estimaciones presenta sus limitaciones que deben ser consideradas detenidamente por el lector, una de ellas es que fue calculado a partir de promedios, lo cual bajo ciertas condiciones puede inducir sesgos en los cálculos, otra limitación que no se podría dejar de señalar es que las estimaciones estuvieron definidas en función de tres componentes de rendimiento, lo cual implica que errores involuntarios de apreciación en cualquiera de ellos, traería como consecuencia que el error se multiplicara, lógicamente se trató de minimizar al máximo estas implicaciones con el objetivo de presentar información útil y efectiva que ayude a interpretar el comportamiento de las poblaciones.

Como información adicional al lector, es importante mencionar que en un lote contiguo al lugar donde se llevó a cabo el estudio, se encuentra un lote comercial de producción de semilla de alfalfa, sembrado a la misma densidad de la -

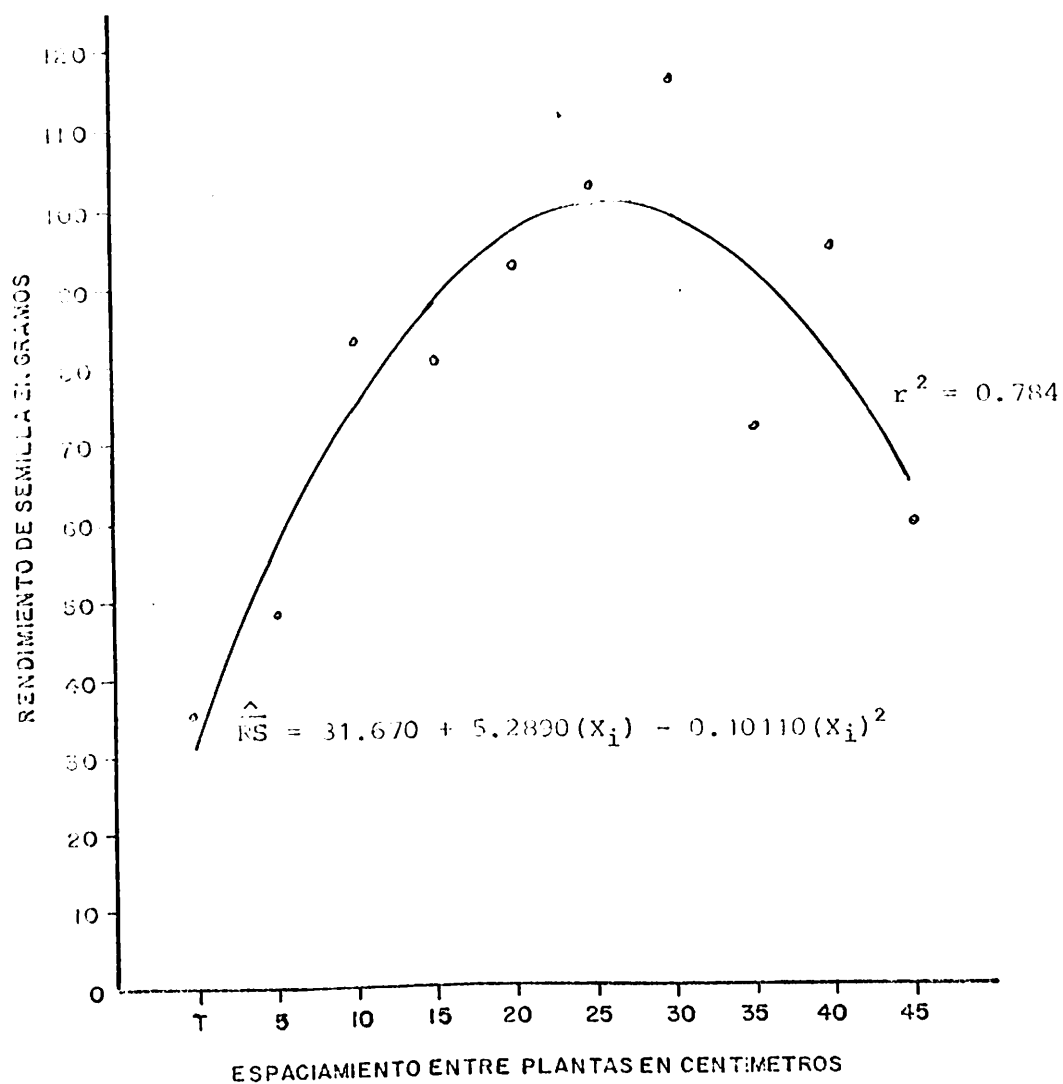


Figura 4.12 Rendimiento de Semilla por parcela de 12 metros cuadrados en alfalfa, a diferentes espaciamientos entre plantas.

población testigo y en él los rendimientos han oscilado entre 200 y 500 kg/ha, esta evidencia entre otras hacen suponer una reducción del rendimiento de hasta un 90 por ciento aproximadamente según se observa en el Cuadro 4.7.

Se ha demostrado que sólo el daño por insectos - presiona una reducción del rendimiento de alrededor de un 20 por ciento, el resto de factores combinados explicaría - de manera suficiente el abatimiento del rendimiento, resaltan entre ellos la presencia de lluvias, disminución de la actividad de polinizadores, acame, rebrote en estado de llenado de vainas y presencia de malezas como consecuencia de las lluvias.

Los datos presentados para el rendimiento potencial de semillas a pesar de diferir específicamente en los niveles de respuesta particular con respecto al rendimiento observado, no se alejan drásticamente, pues como podrá observarse, los mayores rendimientos fueron estimados para densidades intermedias entre 20 y 30 cm entre plantas, lo cual no contradice los resultados del rendimiento de semilla observado, es de interés precisar que la reducción del rendimiento se mantiene relativamente constante a través de los diferentes tratamientos, lo cual implica que los efectos ambientales afectaron de igual forma a todas las poblaciones.

Producción de Materia Seca y su Distribución en la Planta

El rendimiento biológico, expresado en cantidad de materia seca producida por planta, varió entre 6.325 y 54.485 gramos de acuerdo a las medias de producción de materia seca de los tratamientos de densidad de población en estudio, las plantas individuales de la población testigo sin arralar, fueron las que presentaron los menores rendimientos de materia seca, en tanto que el tratamiento con mayor acumulación fue el de 40 cm entre plantas, en general como podrá observarse en el Cuadro 4.9 las plantas espaciadas fueron más eficientes para la acumulación de materia seca y esto explica hasta cierto punto su mayor capacidad de producción de semillas.

El análisis de varianza (Cuadro 4.10) reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos para la característica rendimiento biológico, encontrándose además que dicha característica mostró una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad que fue expresada por una ecuación de segundo grado del tipo:

$$\hat{RB} = 4.8014 + 2.2294X_i + 0.023063X_i^2$$

donde:

$\hat{RB}$ = media de rendimiento biológico estimado

X_i = tratamiento de densidad de población expresado en centímetros entre planta

Un $r^2 = 0.944$ denota el grado de correspondencia entre las medias observadas y las medias estimadas.

Cuadro 4.9. Medias de producción de materia seca e índice de cosecha

Tratamientos	Rendimiento Biol. por planta (g)	Peso seco de ta- lios y hojas por planta en gramos	Peso seco de flo- res y frutos por planta en gramos	Índice de cosecha
Distancia entre pltas. cosechadas (cm.)				
Testigo	6.325	5.775	0.150	0.005
5	13.545	11.955	1.590	0.011
10	29.050	22.830	6.220	0.018
15	24.245	18.730	5.515	0.033
20	44.760	33.510	11.250	0.027
25	45.380	32.505	12.675	0.037
30	50.275	35.900	14.375	0.046
35	54.485	40.710	13.775	0.030
40	63.425	47.150	16.275	0.040
45	53.925	43.175	10.750	0.033

Cuadro 4.10. Cuadraños medios del análisis de varianza de la producción de materia seca

Fuentes de variación	g.l.	Rendimiento biológico	Peso seco de hojas y tallos por planta	Peso seco de flores y frutos por planta.
Bloques	3	796.814**	406.800**	1.696*
Tratamientos	9	1032.379**	764.749**	4.933**
Error	27	100.743	43.346	0.409
Total	39	676.738	343.686	1.553
C.V. (%)		26.04	22.52	22.94

El peso de tallos y hojas mostró un comportamiento similar al rendimiento biológico por planta (Cuadro 4.9), - detectando a través del análisis de varianza (Cuadro 4.10) diferencias altamente significativas entre tratamientos y - una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados.

Comportamiento igual se encontró en la característica peso seco de flores y frutos en la cual se detectaron - también diferencias altamente significativas entre tratamientos y una respuesta cuadrática a las densidades de población las respuestas para ambas características fueron representadas por ecuaciones de segundo grado de la forma siguiente:

$$\hat{PSTH} = 5.8921 + 1.4188 X_i - 0.012058 X_i^2$$

$$\hat{PSFF} = 1.0907 + 0.81109 X_i - 0.011005 X_i^2$$

donde:

$\hat{PSTH}$ = media estimada del peso seco de tallos y hojas en gramos

$\hat{PSFF}$ = media estimada del peso seco de flores y frutos en gramos

X_i = tratamiento de densidad expresado en centímetros entre planta

Los valores de r^2 fueron de 0.948 para la ecuación de la característica peso seco de tallos y hojas y de 0.900 para la ecuación de regresión de la característica peso seco de flores y frutos.

La figura 4.13 permite observar el comportamiento de las tres características en estudio y en ella es evidente que la producción total de materia seca está estrechamente relacionada con la producción de semilla, la Gráfica - - ilustra que a mayor capacidad de acumulación de materia seca en las plantas se resultan más eficientes en la producción de semilla, como en este caso la acumulación de materia seca está asociada negativamente con la densidad de población es evidente que las poblaciones espaciadas presentan una mayor capacidad de producción de semillas, nótese en la misma figura que a densidades de población muy bajas la producción de materia seca total y de hojas y tallos que presentan una tendencia clara de incremento, deja de tener efecto sobre la eficiencia en la producción de semilla y este comportamiento explica las tendencias particulares hacia la producción de un gran número de componentes de rendimiento ya estudiados.

Los resultados indican que plantas de alfalfa extremadamente espaciadas aprovechan mas eficientemente los satisfactores como luz, humedad y nutrientes del suelo entre otros, pues las relaciones de competencia son mínimas, esta situación posibilita que las plantas acumulen una mayor cantidad de materia seca, la cual como se puede observar en la figura ya mencionada, es acumulada principalmente en los tallos y en las hojas de las plantas individuales, con ello se incrementa la capacidad fotosintética de las plantas pero al mismo tiempo se incrementan también las necesidades de -

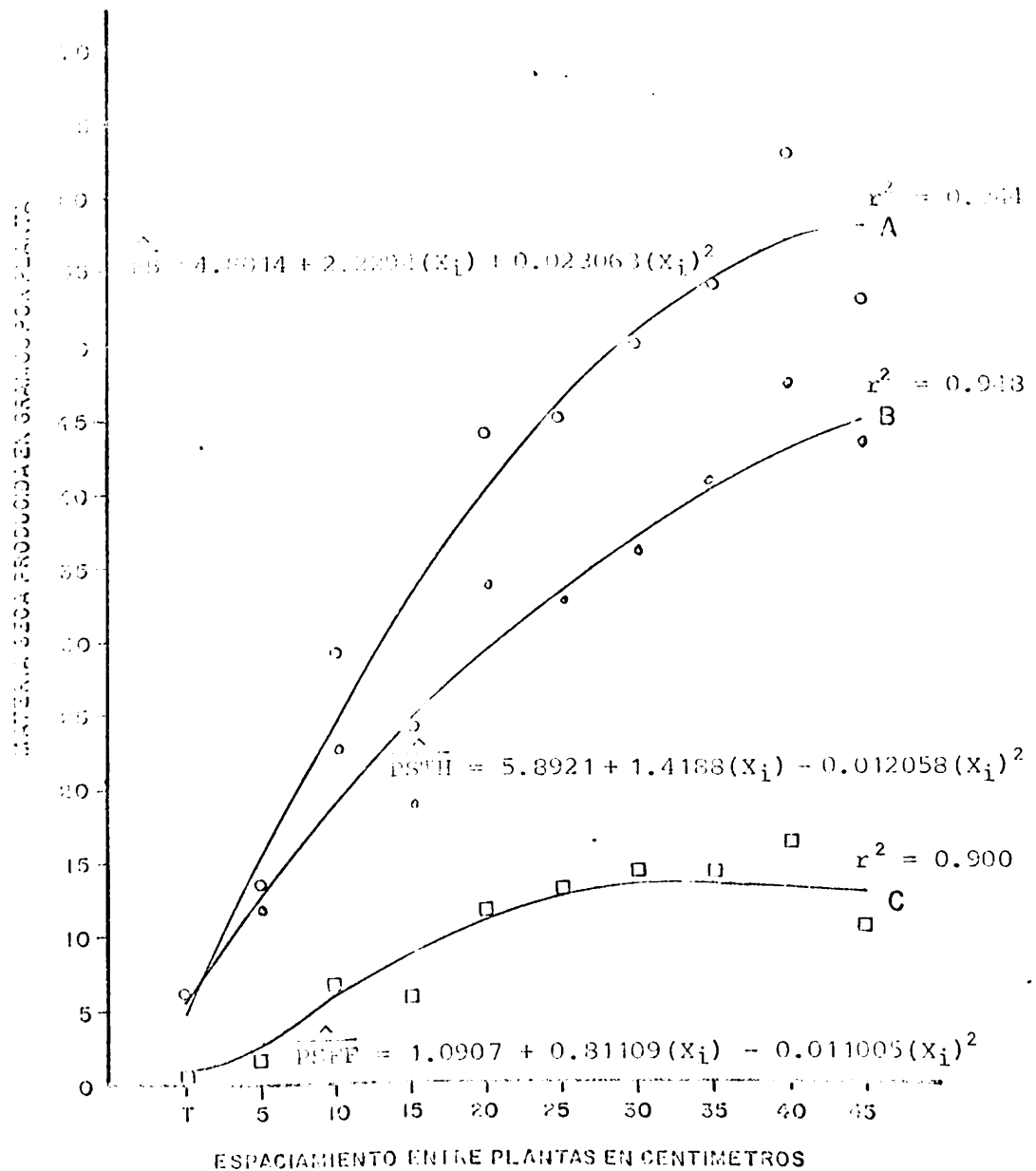


Figura 4.13 Producción de materia seca por planta, A) Producción de materia seca total, B) Peso seco de tallos y hojas, C) Peso seco de floras y frutos, en alfalfa a diferentes espaciamientos entre plantas.

folíolos para estas estructuras, situación que posiblemente afecta el flujo de fotosintetizados hacia las estructuras reproductivas en valores extremos de espaciamientos entre plantas.

El índice de cosecha, cuyos valores se encuentran resumidos en el Cuadro 4.9, confirma la experiencia anterior y pone de manifiesto que bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio el tratamiento que indica mayor eficiencia en las plantas en relación a destinar mayor proporción de materia seca total producida hacia la producción de semilla fue el tratamiento de 30 cm entre plantas.

Resultados similares se encontraron cuando fue evaluada la proporción de materia seca destinada a la producción de flores y frutos en pre-cosecha.

Los datos de índices de cosecha fueron calificados como extremadamente bajos, sin embargo, aún con esa limitación denotaron una tendencia que claramente podía ser descrita a través del análisis de cualquiera de los componentes de rendimiento, esa fue la razón por la cual fueron integrados al presente estudio, las causas principales de esta situación fueron el abatimiento del rendimiento de semilla y las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo del estudio, estas implicaciones fueron discutidas en el apartado rendimiento de semilla.

Relación entre las características medidas

La altura de planta, no estuvo correlacionada significativamente con el número de tallos por planta y con el número de tallos sin racimos, no obstante, se determinó que estuvo positivamente correlacionada con la distribución de racimos en el tallo con un valor $r = 0.925$, estuvo asociada también al número de vainas por racimo, al número de racimos por tallo, al número de racimos por planta y al número de vainas por planta, reportando valores de $r = 0.811$, $r = 0.889$, $R = 0.814$ y $r = 0.816$, respectivamente, los anteriores resultados indican que altura de planta está fuertemente asociado a los principales componentes de rendimiento de semilla, aún cuando reportó un valor de $r = 0.462$ que fue identificado como relativamente bajo con respecto a la característica rendimiento de semilla.

El número de tallos por planta, no reportó correlación de asociación significativa con las características: distribución de racimos en el tallo, altura del primer racimo en los tallos, número de semillas por vaina y número de racimos por tallo, sin embargo, estuvo fuertemente asociado al número de tallos con racimos con $r = 0.926$ y al rendimiento biológico con $r = 0.963$, reporta un $r^2 = 0.880$ con respecto a la característica número de tallos sin racimos, detectándose estadísticamente asociación con el número de racimos por planta con $r^2 = 0.875$ y con el número de vainas por planta $r = 0.853$, los resultados indican que el

número de tallos por planta influye fuertemente en la acumulación de materia seca en la planta y está determinando prácticamente el potencial de tallos productivos en la estructura biológica de las plantas, parece presentar grandes posibilidades de asociación hacia coeficientes más directos de productividad, como lo es la correlación en el número de tallos por planta y el número de semillas por vaina con un $r = 0.919$ que representa un nivel de asociación estadística superior al que reporta la característica altura de planta.

El número de tallos con racimos no reportó asociación con las características altura del primer racimo en los tallos y con el número de semillas por vaina, aunque indica estar fuertemente asociado a las características número de vainas por racimo con un $r = 0.939$, número de racimos por planta con un $r = 0.967$, número de vainas por planta con un $r = 0.972$, rendimiento biológico con un $r = 0.938$, el número de tallos con racimos por planta parece estar asociado positivamente a las principales características que se encuentran determinando el rendimiento de semilla y tal comportamiento es hasta cierto punto entendible pues el número de tallos con racimos en una planta es un indicador todavía más directo que el número total de tallos, con respecto al potencial productivo de una planta, sería razonable expresar entonces un nivel de correlación mayor con la característica rendimiento de semilla, el cual efectivamente denota un $r = 0.951$ que representa el grado de asociación mayor hacia

al aumento de semilla con respecto a todas las características evaluadas.

El número de tallos sin racimos, reporta un nivel de correlación relativamente bajo con el rendimiento de semilla con $r = 0.647$, es decir, indica cierto grado de relación con el tallo, pero por el parte del aparato fotométrico y como tal es independiente de la acumulación de materia seca en la planta, lo cual de manera indirecta está relacionada con el rendimiento de semilla, el número de tallos sin racimos no está correlacionado significativamente con las características vainas por planta, número de racimos y en general con la mayoría de componentes de rendimiento de semilla, situación que confirma lo anteriormente expuesto.

La distribución de racimos en el tallo, está poco asociado al rendimiento de semilla con un $r = 0.675$ el cual denota poca influencia de esta característica hacia rendimiento de semilla, sin embargo si se encuentra asociada a la característica altura de planta con un $r = 0.925$ y al número de racimos por tallo con un $r = 0.960$, los resultados parecen indicar que biológicamente estas tres características están asociadas y tal planteamiento sería lógico pues una mayor altura de planta soportaría más adecuadamente una mayor distribución de racimos en los tallos y tal situación estaría incrementando a la vez la posibilidad de encontrar mayor número de racimos por tallo.

La altura del primer racimo no reporta correlación significativa hacia rendimiento de semilla y prácticamente con ninguna de las características evaluadas, estando asociado positivamente sólo con la característica altura de planta con un $r = 0.695$.

El número de semillas por vaina no muestra estar asociado al rendimiento de semilla y reporta un comportamiento similar a la característica anteriormente enunciada, estando asociada sólo con el número de racimos por tallo con un $r = 0.685$ con la distribución de racimos en el tallo con un $r = 0.714$ y con la altura de planta con un $r = 0.676$.

El número de vainas por racimo, mostró estar positivamente correlacionado con rendimiento de semilla con un $r = 0.896$ y su expresión biológica ha estado fuertemente asociada con el índice de cosecha con un $r = 0.929$, con el número de vainas por planta con un $r = 0.953$, con el número de racimos por planta con un $r = 0.937$, con el número de racimos por tallo con un $r = 0.916$ y con el número de tallos con racimos cuyo valor de correlación ya ha sido expuesto, esta característica ha mostrado no estar asociada con el número de semillas por vaina, con la altura del primer racimo y con el número de tallos sin racimo, el nivel de correlación de esta característica con el rendimiento de semilla no es calificada como muy trascendente; sin embargo, sus relaciones con otras características permite considerarla como un componente de rendimiento importante.

El número de racimos por tallo, es una característica que no estuvo asociada con el número de tallos sin racimos y con el número de tallos por planta, sin embargo, indicó estar fuertemente asociada con la distribución de racimos en el tallo y el número de vainas por racimo, cuyos valores de correlación ya fueron expuestas anteriormente, el número de racimos por tallo estuvo correlacionado positivamente con rendimiento de semilla con un $r = 0.733$.

El número de racimos por planta no estuvo correlacionado significativamente con el número de semillas por vaina la altura del primer racimo y el número de tallos sin racimos sin embargo, su expresión estuvo asociada fuertemente al rendimiento biológico con un $r = 0.966$, al número de vainas por planta con un $r = 0.993$, al número de vainas por racimo y al número de tallos con racimos, estos últimos con valores de correlación ya precisados, un aspecto importante de esta característica es que estuvo fuertemente asociada al rendimiento de semilla con un $r = 0.936$, lo cual permite ubicarlo como un componente de rendimiento de semilla importante.

El número de vainas por planta no estuvo asociado con el número de semillas por vaina, con la altura del primer racimo y con el número de tallos sin racimos, sin embargo, su comportamiento biológico estuvo fuertemente correlacionado con rendimiento biológico con un $r = 0.957$ y otras características ya mencionadas como el número de racimos por

planta, el número de vainas por racimo y el número de tallos con racimos, el hecho de que esta característica y el número de racimos por planta estén fuertemente correlacionadas hacen que sus relaciones con las otras características evaluadas sean relativamente similares, no obstante, el número de vainas por planta estuvo correlacionado positivamente con el rendimiento de semilla con un $r = 0.950$ lo cual lo propone - también como un componente de rendimiento importante en el presente estudio.

El rendimiento biológico ha mostrado una correlación positiva con el rendimiento de semilla denotando un $r = 0.946$, indicando que su expresión ha estado asociada con el número de racimos por planta, el número de vainas por planta, el - número de tallos con racimos y el número total de tallos por planta, es importante esta característica pues como podrá - observarse el rendimiento biológico o mejor dicho la acumulación total de materia seca por planta está fuertemente asociada a la producción de tallos en la planta y esta situación favorece hasta cierto punto la acumulación de materia seca y el flujo de fotosintatos hacia las partes reproductivas de las plantas como son los racimos y las vainas.

El índice de cosecha aún cuando es una función del mismo rendimiento de semilla y es lógico que esté asociado : con dicha característica, es un indicador de la eficiencia de las plantas para producir semilla y en ese sentido resulta interesante evaluar su comportamiento con el resto de - las características estudiadas, de inicio se expondrá que

no está asociado con el número de semillas por vaina, la altura del primer racimo y el número de tallos sin racimos, - presentando una correlación $r = 0.918$ con la característica rendimiento de semilla lo cual asocia la eficiencia de las plantas con altos rendimientos de semilla y ello es un aspecto importante en la actividad de producción de semillas de alfalfa. La expresión del índice de cosecha está asociada con el número de vainas por racimo y con el número de vainas por planta, ambos considerados según los resultados obtenidos como componentes de rendimiento de semilla de primer orden.

A manera de reflexión sobre el tema puede establecerse que algunas características como por ejemplo el número de semillas por vaina y la altura del primer racimo en los tallos de hecho se comportaron como características independientes y de mínima asociación con el resto de caracteres estudiados, en cambio la exposición de resultados en lo general permitió identificar características como altura de planta, número de tallos por planta y número de tallos sin racimos las cuales denotaron asociación y estar influyendo en la acumulación de materia seca en la planta, lo cual de manera indirecta influye y está asociado al rendimiento de semilla de alfalfa, por otra parte, fue posible identificar también algunas características que de manera directa están asociadas al rendimiento de semilla como el número de racimos por planta, el número de vainas por planta y el número de tallos con racimos entre otras, el Cuadro 4.11 muestra una matriz de -

correlaciones en base a la cual fue abordada la presente exposición de resultados, el lector podrá recurrir a ella, en caso de requerir mayor información sobre algunas características analizadas en esta sección de resultados.

El análisis de correlación muestra que es muy compleja la serie de relaciones e interacciones entre las variables estudiadas y en atención a ello se trató de ofrecer al lector información de mayor profundidad acerca de la importancia relativa de cada variable y del tipo de relaciones - que estas presentan en la estructura biológica de una planta cultivada para la producción de semilla.

Orientada la investigación en este sentido, se encontró que del conjunto de características evaluadas ocho de ellas cuando estuvieron involucradas en un análisis de regresión múltiple, reportaron un $r^2 = .999$ el cual representa un coeficiente de determinación bastante aceptable de la característica rendimiento de semilla, una relación de las características mencionadas es la siguiente:

Número de tallos con racimos por planta

Distribución de racimos en el tallo

Número de vainas por planta

Número de racimos por tallo

Número de racimos por planta

Número de tallos por planta

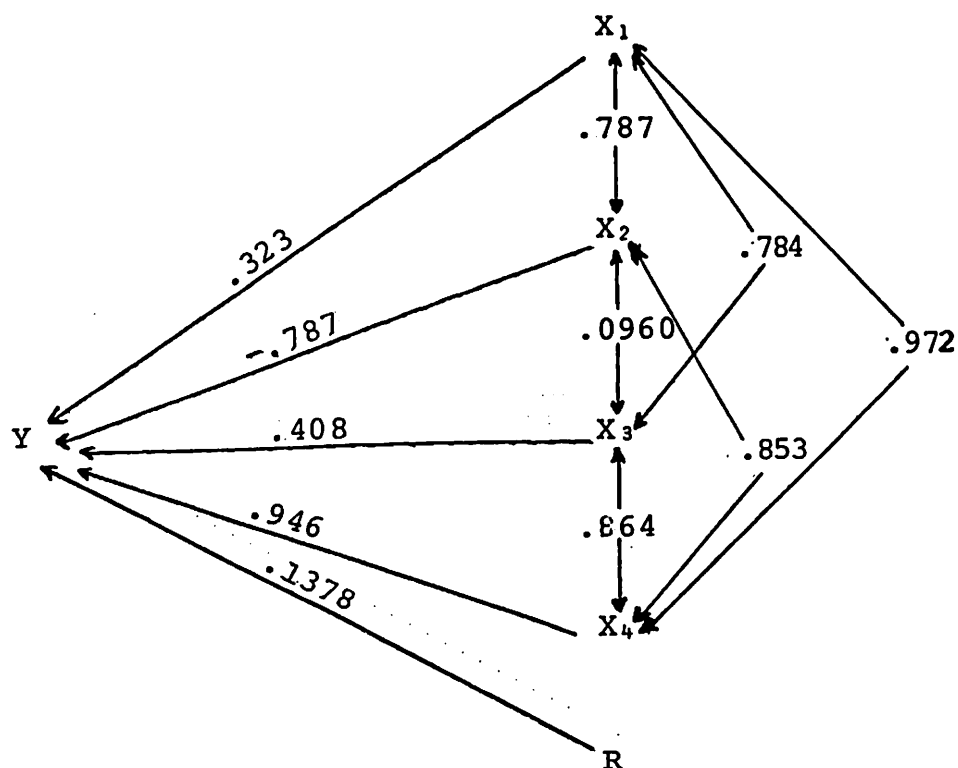
Número de semillas por vaina

Número de vainas por racimo

Este agrupamiento de variables, producto del análisis de regresión Stepwise y el coeficiente de determinación anteriormente mencionado habla de la importancia relativa de estas características en la expresión biológica del rendimiento de semilla en plantas de alfalfa, sin embargo, dentro de este subgrupo de variables, se pueden detectar algunas - que por su grado de determinación pueden ser consideradas de mayor importancia relativa para estudiar el potencial de rendimiento de semilla en un cultivar de alfalfa.

La identificación de las mismas requirió del análisis de regresión múltiple y específicamente del valor de r^2 , de esta manera se encontró que las cuatro primeras características enumeradas como son: número de tallos con racimos por planta, distribución de racimos en los tallos, número de vainas por planta y número de racimos por tallo reportaron un $r^2 = 0.981$ cuando estuvieron incluidas en un análisis de regresión para estimar el rendimiento de semilla, lo anterior permitió asignarles a las mismas un mayor grado de importancia relativa hacia el rendimiento de semilla.

Las relaciones entre las mismas fue estudiada llevando a cabo una descomposición de los efectos particulares que determinan un coeficiente de correlación, a través del análisis de coeficientes de senderos, en función de considerar - que el rendimiento de semilla, ésta linealmente determinado por las cuatro características en estudio y un factor o efecto residual que comprende la influencia de variables desconocidas, el análisis de los datos llevó a proponer el siguiente esquema de relación causal:



donde:

Y = rendimiento de semilla

X_1 = número de tallos con racimos

X_2 = distribución de racimos en el tallo

X_3 = número de racimos por tallo

X_4 = número de vainas por planta

R = factor residual

$\rightarrow$ = indica influencia directa de una variable independiente hacia la variable dependiente

$\leftrightarrow$ = indica correlación entre variables independientes.

El cual es explicado de manera particular por los siguientes resultados:

Número de tallos con racimos hacia rendimiento de semilla $r = 0.951$

Efecto directo X_1	0.323
Efecto indirecto vía Distribución de racimos	-0.619
Efecto Indirecto vía N° de racimos por tallo	0.328
Efecto indirecto vía N° de vainas por planta	0.919

Total de Efectos951

Distribución de racimos en el tallo hacia rendimiento de -
semilla $r = 0.675$

Efecto Directo X_2	-0.787
Efecto indirecto vía N° de tallos con racimos	0.254
Efecto indirecto N° de racimos por tallo . . .	0.401
Efecto indirecto N° de vainas por planta. .	0.807

Total de Efectos675

Número de racimos por tallo hacia rendimiento de semilla $r = 0.733$

Efecto directo X_3	0.418
Efecto indirecto vía N° de tallos con racimos	0.253
Efecto indirecto vía distribución de racimos por tallo	-0.755
Efecto indirecto vía N° de vainas por planta	0.817

Total de Efectos733

Número de vainas por planta hacia rendimiento de semilla $r = 0.950$

Efecto directo X_4	0.946
Efecto indirecto vía N° de tallos con racimos	0.314
Efecto indirecto vía distribución de racimos por tallo	-0.671
Efecto indirecto vía N° de racimos por tallo	0.361

Total de Efectos95

$r^2 = 0.981$

Como resultados específicos se encontró que la característica más importante que explica las variaciones en el rendimiento de semilla de alfalfa es el número de vainas por planta, siguiéndole en orden de importancia el número de racimos por tallo y el número de tallos con racimos por planta, en tanto que la distribución de racimos en el tallo reporta una influencia negativa hacia rendimiento de semilla cuando fueron considerados sus efectos directos.

El número de vainas por planta presenta influencia positiva hacia rendimiento de semilla a través del número de tallos con racimos y el número de racimos por tallo con los cuales se encuentra correlacionado, sin embargo, la característica distribución de racimos compensa su contribución, ya que su efecto a través de ella indica una influencia negativa hacia rendimiento de semillas, este comportamiento es comprensible si se considera que la mayor distribución de racimos en el tallo no siempre es un indicador de mayor número de vainas y consecuentemente de semillas, pues este aspecto está en función del tamaño de los racimos y el número de vainas por racimo.

El número de racimos por tallo influye positivamente en el rendimiento de semilla cuando son considerados sus efectos directos, sin embargo, puede influir indirectamente en este, a través del número de vainas por planta y a través del número de tallos con racimos, los datos indican que esta característica actúa negativamente a través de la distribución de racimos en el tallo.

El número de tallos con racimos indica estar asociado positivamente con rendimiento de semilla y tiene efectos también positivos a través del número de vainas por planta y del número de racimos por tallo, sin embargo, su influencia a través de la distribución de racimos en el tallo es también negativa.

La distribución de racimos en el tallo parece ser - que no presenta un efecto determinante en el rendimiento, - los datos indican un efecto directo negativo, sin embargo, - está correlacionado positivamente con rendimiento de semilla, ésta situación indica que su influencia es fundamentalmente indirecta y a través de otros componentes de rendimiento, - como el número de vainas por planta, el número de tallos - con racimos y el número de racimos por tallo.

Variación de la Contribución Reproductiva de Genotipos Individuales

Un estudio profundo de la variación de la contribución reproductiva de los genotipos individuales hacia la siguiente generación y sobre todo de los efectos de esta variación, requeriría ser planeado adecuadamente con este único objetivo y contar con más de una generación de estudio, consideraciones que no fueron posibles en el presente estudio, el cual sólo pretende en una primera etapa, demostrar que existe variación en la contribución reproductiva hacia la siguiente generación y que esta puede ser modificada por la densidad de población, en función de la cual podrán -

delinearse en forma teórica las posibilidades de cambios en el comportamiento varietal.

Analizando el comportamiento de las plantas individuales en cada una de las 10 densidades de población, con respecto a su capacidad de producción de racimos, los cuales son una razonable medida de la contribución gamética de los genotipos; se ha encontrado que hay diferencias significativas en la producción de racimos por planta, entre cada una de las densidades de población y con ello se demuestra que las poblaciones difieren en su capacidad para producción de racimos a nivel de plantas individuales, sin embargo, como no es común que en un mismo lote de producción de semilla se utilicen diferentes densidades de población, la exposición se limitará a evaluar que fué lo que ocurrió en cada una de las densidades de población.

La población testigo, en este caso una población densa, presentó una media de producción de racimos relativamente baja, en comparación a las poblaciones espaciadas, su coeficiente de variación fue de 185.16 por ciento y de las plantas evaluadas sólo el 50 por ciento de ellas aportó racimos y por consiguiente podemos concluir, de acuerdo a los resultados, que un 50 por ciento de la población estudiada no participará genéticamente en la siguiente generación.

De no existir cambios en la varianza de contribución reproductiva de los genotipos, se esperaría que los coeficientes de variación fueran relativamente constantes, en -

cada una de las densidades, aun cuando las medias de producción fueron diferentes según se estableció al principio de esta exposición, sin embargo, al analizar las poblaciones espaciadas se encontró que conforme se incrementa el espacimiento entre plantas y consecuentemente se reduce la densidad de población, los coeficientes fueron reduciéndose hasta alcanzar un valor mínimo de 54.4 por ciento en el tratamiento 30 cm entre plantas, con espaciamientos mayores el coeficiente de variación mostró una tendencia a incrementarse. - En forma paralela fue encontrado que en espaciamientos de - cinco centímetros entre plantas, el 70 por ciento de las plantas presentó racimos y sólo el 30 por ciento no participaron de la siguiente generación, lo cual indica un mejor comportamiento en relación a la población testigo, El espaciamiento 10 cm entre plantas presentó un 95 por ciento de plantas - con racimos y sólo un cinco por ciento de plantas sin racimos, e igual comportamiento presentó el espaciamiento de 15 cm entre plantas, a partir del espaciamiento 20 cm, todas las plantas evaluadas presentaron racimos, con excepción de los tratamientos 35 y 45 cm entre plantas, que presentaron un cinco por ciento de plantas sin racimos. El Cuadro 4.12 muestra los resultados obtenidos y es consistente con los planteamientos expuestos anteriormente.

Esta presentación de resultados demuestra que efectivamente el cultivar de alfalfa presenta una contribución diferencial de racimos hacia la siguiente generación, aún - cuando las relaciones de competencia fueron minimizadas, sin

Cuadro 4.12. Producción de racimos de 20 plantas individuales tomadas al azar de cada densidad de población estudiada.

Testigo	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm
8	37	137	179	42	258	255	53	286	105
24	0	61	47	150	82	264	89	202	40
0	22	136	93	139	235	212	77	166	85
0	25	213	127	125	158	228	108	37.7	37
0	27	44	69	185	195	234	164	225	22
0	0	39	38	126	128	141	0	91	358
0	5	51	64	419	315	219	52	96	371
11	15	23	98	98	52	88	168	86	185
7	0	104	78	139	55	107	121	73	200
4	0	75	63	89	148	51	163	14	157
0	0	204	0	70	42	229	237	132	13
0	0	7	6	128	85	82	183	145	103
48	63	66	107	120	74	186	206	237	130
0	20	0	24	404	123	112	281	201	171
8	28	3	37	198	71	170	144	150	41
8	13	16	103	32	104	39	79	51	41
3	53	29	34	142	161	101	174	132	96
3	7	41	36	29	8	78	63	104	0
0	47	32	10	20	45	64	88	112	131
0	13	4	55	83	194	26	73	41	203
Tot. 124	375	1285	1268	2688	2533	2886	2523	2921	2489
Med. 6.2	18.75	64.25	63.4	134.4	126.65	144.3	126.15	146.05	124.45
D.ST. 11.48	19.17	63.52	44.84	108.11	81.12	78.59	70.49	88.64	103.74
Var. 131.95	367.56	4035.25	2011.09	11688.04	6580.87	6177.58	4970.02	7857.94	10762.78
C.V. 185.16	102.84	98.86	70.72	80.43	64.05	54.46	55.87	60.69	83.35

embargo, la variabilidad en dicha contribución puede ser reducida si se buscan las densidades óptimas en las cuales todos los genotipos tengan la oportunidad de expresar su potencial reproductivo, en este caso el comportamiento de 30 cm entre plantas, que representa también el tratamiento de densidad de población más productivo en términos de rendimiento de semilla.

Si la contribución diferencial de genotipos se establece como un evento posible y las relaciones de competencia intrapoblacional alteran aún mas dicha contribución, - sería lógico proponer que el establecimiento de poblaciones densas para producción de semilla de alfalfa no es una práctica recomendable, para evitar cambios en el comportamiento varietal a través de generaciones sucesivas de multiplicación del mismo material.

El efecto de la varianza en la contribución gamética de los individuos, por si solo plantea a mediano plazo - la posibilidad de cambios en las frecuencias génicas, sobre todo en el caso de materiales heterogéneos como la variedad Moapa-69 en estudio y si a ello le agregamos el efecto de competencia que implica incrementar la frecuencia de individuos no reproductivos, entonces el número real de individuos que participa en la siguiente generación se reduce, incrementando consecuentemente la probabilidad de endogamia y deriva genética aleatoria, ambos efectos poco deseables en las poblaciones de alfalfa.

DISCUSION

La producción de semilla de alfalfa es una actividad agrícola fuertemente influenciada por los factores ambientales, sobre todo en la etapa de desarrollo reproductivo, los cuales pueden ser determinantes en un momento dado del potencial de rendimiento de un cultivar de alfalfa; específicamente la presencia de lluvias durante el período de floración - afecta la acción de los insectos polinizadores, propicia problemas de acame en el cultivo, brinda las condiciones propicias para la presencia de malezas y favorece el crecimiento excesivo y rebrote de las plantas.

El establecimiento del experimento ocurrió en primavera y esta situación influyó en la determinación del potencial de rendimiento de semilla en el mes de junio; la mayoría de experiencias sobre producción de semillas en la región, proponen como más adecuado realizar la siembra en el otoño, si se quiere producir semilla en el primer año de establecimiento y en tales propuestas se encuentra implícito que la siembra en este período permiten llegar a la primavera con plantas ya establecidas, con un adecuado crecimiento vegetativo y radicular, lo cual facilita el manejo del cultivo para producir semilla en el mes de junio; esto es un poco más difícil de lograr cuando la siembra se realiza en primavera. La presente investigación fue planeada inicial-

para establecer el experimento en el otoño, lo cual no fue posible y por lo tanto, se tuvo que planear su establecimiento para la primavera; este último aspecto retrasó considerablemente la cosecha de semilla hasta un período en el cual las condiciones ambientales no fueron las más adecuadas, no sólo por la presencia poco común de lluvias, sino porque las experiencias en producción de semilla indican que en general el rendimiento de semilla de otoño es bajo.

Todos estos factores aunados a la presencia de insectos dañinos a la semilla, fueron los limitantes principales de la presente investigación; sin embargo, aún bajo estas condiciones circunstancialmente desfavorables, la investigación arrojó una serie de resultados que de conjunto proponen información útil para la planeación de programas de producción de semilla de alfalfa en la región de estudio.

El primer aspecto a considerar es que puede combinarse la producción de semilla de alfalfa con la producción de forraje ya que esta última actividad además de representar una práctica de manejo necesaria en los programas de semillas, presenta niveles no despreciables de producción de forraje, que como quedó establecido en la presente investigación, bajo ciertas condiciones pueden aceptablemente competir con producciones obtenidas de poblaciones densas.

Los cortes de forraje como mencionan Richard y Ahlgren (1967), Abu-Shakra *et al.* (1977) entre otros autores, favorecen la acumulación de carbohidratos en las raíces y

estos se encuentran fuertemente asociados a volúmenes mayores de producción de semillas.

Por otra parte los resultados de la presente investigación muestran que después de un año de establecido el cultivo los rendimientos de forraje compensan el efecto diferencial de las densidades de población. Son dos los mecanismos biológicos que regulan tal comportamiento a nivel de población, la presión selectiva intensa que propicia eliminación de genotipos en altas densidades por efecto de extrema competencia y la mayor capacidad de amacollamiento de las plantas espaciadas, que las identifican como mas productivas biológicamente, en comparación a plantas individuales establecidas en poblaciones densas.

Los resultados son consistentes con las propuestas de Donald (1963), Willey y Heat. (1969) y Leach y Clements (1984) pues el estudio de las poblaciones de alfalfa con respecto a rendimiento de forraje, reveló que el primer año de establecimiento, la producción de las poblaciones densas fue extremadamente superior al de las poblaciones espaciadas, sin embargo, conforme el cultivo se fue desarrollando las relaciones de competencia se intensificaron en las poblaciones densas, en tanto que la productividad de las plantas espaciadas se incrementó hasta casi igualar el rendimiento de las poblaciones testigo.

Estadísticamente el rendimiento de forraje presentó una respuesta lineal y curvilínea en las primeras etapas de desarrollo para posteriormente mantenerse relativamente estable.

Un aspecto a considerar en la producción de forraje es la calidad del mismo en términos de relación tallo-hoja y de calidad nutritiva. La presente investigación no evaluó este aspecto, sin embargo, el estudio de plantas individuales permitió detectar una serie de respuestas morfológicas intraplanta las cuales seguramente tendrán un impacto en la calidad del forraje producido; los resultados indican que el potencial de rendimiento se compensa después de un período de tiempo determinado, por lo tanto habría que planear una serie de estudios para determinar si este mecanismo compensatorio afecta significativamente la calidad del forraje producido.

Un estudio acerca de la producción de semilla sería incompleto si no fuera acompañado de una evaluación de los componentes de rendimiento que se encuentran determinando biológicamente la capacidad de producción de semilla de las poblaciones. Liang y Riedl (1964) proponen que los caracteres agronómicos que mas influyen en el rendimiento de semilla son altura de planta, número de tallos y número de semillas por racimo, aún cuando los valores de correlación reportados por los mismos autores son extremadamente bajos; el presente estudio reveló que los caracteres más importantes en la expresión biológica del rendimiento de semilla son el número de tallos con racimos por planta, la distribución de racimos en el tallo, el número de vainas por planta y el número de racimos por tallo, los cuales reportan un $r^2 = .981$. encontrando también que cuando fueron considerados el número

de racimos por planta, número de tallos por planta, número de semillas por vaina y el número de vainas por racimo, el valor de r^2 se incrementó a .999. Los datos muestran cierto grado de coincidencia con los autores señalados, sin embargo, los resultados del presente estudio indican que por lo menos la característica de altura de planta no es tan determinante como otros componentes de rendimiento estudiados aún cuando tal característica está asociada al rendimiento de semilla.

Bajo las condiciones del presente estudio fueron evaluadas 14 características relacionadas directa e indirectamente al rendimiento de semilla de las cuales se encontraron dos que no fueron afectadas significativamente por los tratamientos de densidad de población, como fueron el número de semillas por vaina y la altura del primer racimo. Pankiw *et al.* (1977) reportaron que el número de semillas por vaina no varió dentro de años; esta referencia apoya la afirmación que estos dos caracteres pueden ser calificados como relativamente constantes dentro de un cultivar de alfalfa, tal como se muestra en los resultados de la presente investigación, los cuales proponen en relación a esto, que la variación en el rendimiento de semilla de los tratamientos estudiados, fue explicada por alteraciones morfológicas de otros componentes de rendimiento.

Es interesante discutir en forma específica el comportamiento del número de tallos en las modalidades de producción total de tallos, número de tallos sin racimos y -

número de tallos con racimos, para poder visualizar como una misma característica, puede presentar una respuesta diferencial a los efectos de densidad de población. Fue encontrado al respecto que el número de tallos en poblaciones espaciadas fue incrementado conforme la densidad de población fue menor, es decir, las plantas presentaron mayor capacidad de producción de tallos conforme las relaciones de competencia fueron minimizadas, presentando una respuesta curvilínea de cuarto grado. Al evaluar el número de tallos sin racimos por planta, se observó una respuesta lineal, incrementándose el número de tallos sin racimos conforme la densidad de población fue menor, en correspondencia al mayor número de tallos producidos por planta; la característica número de tallos con racimos mostró una respuesta cuadrática a las densidades de población estudiadas alcanzando sus valores máximos entre los espaciamientos 30 y 40 cm entre plantas. Lo anterior significa que no es tanto el número de tallos por planta quien determina el potencial de rendimiento de semilla, sino el número de tallos con racimos en proporción al total y este último aparentemente indica tener un límite biológico después del cual deja de haber respuesta al efecto de densidades.

El límite biológico para producción de tallos con racimos fue afectado significativamente por las relaciones de competencia, sin embargo, como ha sido establecido en la sección de resultados, las plantas individuales de alfalfa mostraron capacidad para establecer un balance entre el número

de tallos con racimos y el número de tallos sin racimos, el cual bajo las condiciones del presente estudio fue alcanzado cuando las plantas llegaron a producir 60 por ciento de tallos con racimos y 40 por ciento de tallos sin racimos. Este comportamiento de las plantas individuales propone que la acumulación de materia seca es un factor que limita la producción de racimos dentro de ciertos límites de competencia, de tal manera que a menor acumulación, lo cual ocurre en las poblaciones densas, la producción de racimos es limitada de acuerdo a la disponibilidad de fotosintetizados en la planta; no obstante cuando las plantas se encuentran en condiciones extremas de espaciamientos, su capacidad de acumulación de materia seca es mayor y si ésta capacidad rebasa ciertos límites deja de haber una respuesta en la producción de tallos con racimos. No se espera que los valores observados en el presente estudio sean constantes en otro tipo de poblaciones o condiciones ambientales, no obstante las tendencias observadas podrían ser relativamente similares, sobre todo si la respuesta se evalúa no a nivel de tallos con racimos y sin racimos, sino a nivel de número de racimos por planta.

Entre el resto de características evaluadas como componentes de rendimiento se detectaron cinco con una respuesta cuadrática que en términos generales mostró incrementos hasta lograr valores máximos en los espaciamientos entre 25 y 30 cm después de los cuales se detectó un decremento marcado; las características con este comportamiento fueron altura de

planta, distribución de racimos en el tallo; número de vainas por racimo, número de racimos por tallo y número de racimos por planta.

En general las características que denotaron una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados, estuvieron correlacionadas en menor o en mayor grado con el rendimiento de semilla, que también denotó este tipo de respuesta; la utilidad de este comportamiento es que en un momento dado tales características podrían usarse como estimadores aproximados del potencial de rendimiento de semilla de un cultivar de alfalfa en precosecha.

Algunos autores como Rumbaugh (1963) corroboran esta respuesta; específicamente para la altura de planta o longitud de tallos, fue reportada una respuesta curvilínea al tratamiento de densidades de población; propone también este autor que el número de tallos se reduce cuando las plantas son establecidas en poblaciones densas, lo cual también fue confirmado por la presente investigación.

El número de vainas por planta y el número de semillas por planta, fueron características que reportaron una respuesta curvilínea a los tratamientos; su expresión biológica estuvo fuertemente asociada al comportamiento de características como el número de tallos con racimos y el número de racimos por planta y la capacidad de las plantas para acumular mayores cantidades de materia seca; su comportamiento coincidió con el rendimiento de semilla a nivel poblacional y esto sugiere que las plantas de alfalfa presentan

un mecanismo natural de compensación de su capacidad productiva que es aplicable también a la producción de estructuras directamente relacionadas al rendimiento de semilla.

La mayor productividad establecida para las plantas espaciadas, deja de ser económicamente aceptable cuando el número de plantas por metro cuadrado es menor de ciertos límites; bajo las condiciones del presente estudio fue establecido de acuerdo a los resultados obtenidos, que espaciamientos entre 20 y 30 cm entre planta son adecuados para alcanzar el mayor número de vainas por metro cuadrado, ya que en espaciamientos mayores el número de plantas sería limitativo del potencial de rendimiento por unidad de superficie; este mismo comportamiento fue encontrado al evaluar la característica número de racimos por metro cuadrado.

El mayor número de tallos por metro cuadrado reportado en las poblaciones densas, en respuesta al mayor número de plantas por unidad de superficie, indica que la limitante para producir semilla en estas poblaciones no es el número de tallos por unidad de superficie, sino el número de racimos por tallo, número de vainas por racimo entre otros componentes de rendimiento de semilla no menos importantes.

La producción de semilla presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad estudiados, encontrándose que la producción máxima de semilla se obtuvo entre los espaciamientos 20 y 30 centímetros entre plantas, tal como estuvo previsto de acuerdo a la evaluación de los componentes de rendimiento. Algunos autores como Kowithayakorn - -

(1982) indican que los mayores rendimientos de semilla se obtienen entre 11 y 25 plantas por metro cuadrado, lo cual no se aleja demasiado de los resultados del presente trabajo, el cual sugiere que el número de plantas puede reducirse aún mas, hasta un mínimo de cinco plantas por metro cuadrado con el objeto de minimizar al máximo los efectos de competencia y maximizar la capacidad productiva de las plantas.

Lo anterior plantea una limitante bastante seria que no podría dejar de señalarse, como es la dificultad agronómica para establecer inicialmente este tipo de poblaciones considerando el tamaño de la semilla y las técnicas tradicionales de siembra; sin embargo, propone también una reducción en los costos por adquisición de un volumen menor de semilla. Estos aspectos entre otros tendrían que tomarse en cuenta, para el establecimiento de lotes de producción de semillas con estas características.

Establecer este tipo de población de alfalfa implica manejar volúmenes de semilla entre .100 y .500 kg/ha, lo cual podría dificultar como se señaló anteriormente la labor de siembra. Algunos agricultores en regiones productoras de semilla de alfalfa en los Estados Unidos prefieren realizar la siembra en surcos relativamente densos y luego cruzar los surcos con una escarda para dejar plantas espaciadas según la densidad de población deseada. La pelletización de la semilla para incrementar su tamaño usando algún material inherente es otra alternativa de solución al problema; ambas perspectivas de solución demandarían una serie de trabajos de

investigación tendientes a determinar su efecto y utilidad práctica, sin embargo, cualquiera de ellas que sea definida implica considerar los riesgos de eliminación de plantas de alfalfa cuando estas se encuentran en estado de plántula.

Los rendimientos de semilla fueron entre 29 y 97 - kg/ha bajo las condiciones indicadas al inicio del presente capítulo, sin embargo, el potencial de rendimiento estimado a partir de componentes de rendimiento, indicó capacidad biológica para obtenerse entre 445 y 1296 kg/ha; las experiencias de producción de semilla de alfalfa en esta región indican rendimientos que oscilan entre 150 y 930 kg/ha, (Hernández 1967; y Estrella y Dávila, 1981) en lotes comerciales con una media de rendimiento de 500 kg/ha, lo cual le imprime - cierto grado de validez a la estimación realizada en el presente estudio.

Los datos indican que el potencial de rendimiento se abatió en un 90 por ciento aproximadamente debido a los siguientes factores: presencia de lluvias en la etapa de floración, presencia de insectos como chinches *Lygus* y calcido de la semilla, acame de las plantas, presencia de malezas, rebrote de las plantas en estado de llenado de vainas o ineficiencia de insectos polinizadores debido a condiciones ambientales adversas; Dovrat *et al.* (1969) reportan reducciones de rendimiento de hasta un 85 por ciento con respecto a una cosecha de semillas anterior cuando se cosechó semilla en el mes de octubre que fue el período de cosecha del presente estudio; otros autores como Walter y Jensen (1970), Abu-Shakra

et al. (1977) y Sevecka y Mistina (1980) confirman que la presencia de lluvias en la etapa de floración es determinante de reducciones marcadas en el rendimiento y calidad de la semilla de alfalfa.

La producción de materia seca según Porter y Reynolds (1975) está correlacionada positivamente con la densidad de población y tal planteamiento es válido, sólo si la evaluación se realiza por unidad de superficie ya que si la evaluación se lleva a cabo a nivel de plantas individuales el resultado sería diferente. El presente estudio indica que la producción de materia seca a nivel de plantas individuales fue superior en plantas espaciadas que en plantas establecidas en poblaciones densas; la acumulación de materia seca por planta presentó una respuesta cuadrática a los tratamientos de densidad alcanzando sus valores máximos en los espaciamientos 35 y 40 cm entre plantas, observándose similar comportamiento para el peso seco de tallos y hojas y el peso seco de flores y frutos; la acumulación de materia seca en las plantas estuvo fuertemente asociada al rendimiento de semilla bajo ciertos límites del rango de densidades de población estudiados y manifestó una relación estrecha con la altura de plantas y número de tallos por planta confirmando los planteamientos de Frakes *et al.* (1961).

El índice de cosecha aún cuando reportó valores extremadamente bajos, indicó que la mayor eficiencia de las plantas se logró en el espaciamiento 30 cm entre plantas, lo cual coincide con los máximos rendimientos obtenidos bajo -

las condiciones del presente estudio; este resultado asocia de manera consistente los rendimientos de semilla a una mayor eficiencia en las plantas.

Lo complicado y extenso de los grados de asociación entre las variables estudiadas, dificultan presentar en esta sección los niveles de correlación encontrados entre las variables; el lector interesado en este aspecto podrá remitirse directamente a la sección de resultados; sin embargo, se considera importante puntualizar que, como señala Dovrat *et al.* (1969) y Melton (1972), los componentes de rendimiento son fuertemente influenciados por el ambiente y pueden variar de un ambiente a otro; no obstante, su estudio es fundamental para entender las interacciones y los aspectos biológicos de terminantes del rendimiento de semilla.

El presente estudio permitió detectar las principales características que se encuentran influyendo en el rendimiento de semilla de las cuales las más importantes resultaron ser: el número de vainas por planta con un $r = .950$, no sólo por su valor de correlación hacia rendimiento, sino por su influencia directa y su nivel de determinación, le sigue en importancia la característica número de racimos por tallo - que a pesar de presentar un valor de $r = .733$ presenta una influencia directa hacia rendimiento bastante aceptable, en un tercer nivel están las características de tallos con racimos con $r = .951$ y la distribución de racimos en el tallo, esta última con una influencia directa negativa hacia rendimiento de semilla, pero con un valor de correlación positivo de -

.673; estas cuatro características de conjunto reportaron un $r^2 = .981$.

Los resultados de la presente investigación indican diferencias altamente significativas entre tratamientos para la característica producción de racimos por planta y ello de muestra que la densidad de población afecta la capacidad reproductiva de las plantas, sin embargo, el estudio de las densidades en lo específico permitió detectar un amplio rango de variabilidad en la contribución reproductiva de las plantas, entendiendo por capacidad reproductiva la capacidad de los individuos de contribuir en menor o mayor grado hacia la siguiente generación en función del número de racimos - vainas o semillas producidas que representan a su vez un indicador proporcional de la contribución gamética de los individuos (Rowe, 1985).

Las poblaciones densas reportaron mayor frecuencia de individuos sin frutos o semillas y lógicamente este fue un efecto de las condiciones extremas de competencia dentro de estas densidades, que afectó considerablemente la varianza de la contribución reproductiva de los individuos. El tamaño de muestra usado sería relativamente pequeño para la evaluación de esta característica en una población grande, sin embargo, se consideró hasta cierto punto representativo de las condiciones del experimento dado el tamaño de parcelas experimentales y el número de plantas en cada una de ellas.

Los resultados demuestran que la contribución diferencial de los individuos ocurrió no sólo entre densidades, sino dentro de densidades y su efecto fue mayor en las poblaciones densas en comparación a las poblaciones espaciadas.

Existe un gran número de factores que desde esta perspectiva pueden estar determinando este comportamiento, uno de ellos y quizá el más importante son las relaciones de competencia entre los genotipos que propician una presión selectiva o selección natural hacia los individuos poco competitivos que en situaciones extremas dan lugar a la eliminación total o muerte de los mismos, lo cual trae como consecuencia una reducción del número de individuos reproductivos en la población; si el efecto es aleatorio, el problema es mínimo, pero si la presión selectiva es dirigida o desfavorable para ciertas combinaciones genéticas, es evidente que la posibilidad de cambios en el comportamiento varietal se incrementa; el presente estudio no permitió cuantificar la magnitud de dichos cambios ni su frecuencia, no obstante, pretende establecer inicialmente los riesgos de un manejo inadecuado en lo que se refiere a densidad de población para producción de semillas. Una reducción considerable de individuos reproductivos en una generación de multiplicación de semillas incrementa los riesgos de endogamia en la progenie y como señalan Veronesi y Lorenzetti (1983) los individuos originados de autofecundaciones en alfalfa son mayormente afectados por las relaciones de competencia y rápidamente eliminados de las poblaciones densas los efectos de endogamia por efecto

de reducción de individuos reproductivos generalmente se acompaña de una mayor proporción de deriva genética, cuyos efectos son extremadamente riesgosos en un cultivar de alfalfa.

Estas consideraciones permiten proponer en función de los resultados obtenidos que desde el punto de vista mantenimiento de la identidad varietal no sería muy conveniente multiplicar materiales de alfalfa en poblaciones muy densas no sólo por su menor volumen de producción, sino por los riesgos que implica en la identidad de la variedad a largo plazo.

CONCLUSIONES

1. Los espaciamientos entre plantas óptimos para lograr los mayores rendimientos de semilla bajo las condiciones de Paila Coahuila, oscilan entre 20 y 30 cm entre plantas que equivalen a establecer un número de cinco a siete plantas por metro cuadrado.
2. La densidad de población afectó significativamente la capacidad de producción de racimos, vainas y semillas de los genotipos individuales y afectó también el coeficiente de variación en la contribución reproductiva de las plantas individuales, encontrándose que las poblaciones espaciadas mostraron plantas con mayor producción de racimos y con menor coeficiente de variación en su contribución reproductiva. Altas densidades de población mostraron plantas con reducida producción de racimos y con mayor coeficiente de variación en la contribución reproductiva de las mismas.

3. En un programa de producción de semilla de alfalfa orientado a preservar la identidad genética de un material durante varios ciclos de multiplicación, no resulta adecuado usar métodos de siembra densos pues estos incrementan la varianza en la contribución reproductiva de los genotipos y la probabilidad de endogamia y cambios por deriva genética en el comportamiento varietal.
4. El espaciamiento entre plantas que reduce la varianza en la contribución reproductiva de los genotipos es de 30 cm entre plantas.
5. La densidad de población no afectó la expresión de las características número de semillas por vaina y altura del primer racimo.
6. La densidad de población afectó las siguientes características de plantas individuales: altura de planta, número de tallos por planta, número de tallos con racimos y sin racimos, distribución de racimos en el tallo, número de racimos por planta, número de vainas por planta, número de semillas por planta y producción de materia seca por planta.

7. Los componentes de rendimiento mas fuertemente asociados a la producción de semillas de alfalfa fueron el número de tallos con racimos por planta, la distribución de racimos en el tallo, el número de racimos por tallo y el número de vainas por planta.
8. A medida que las plantas son espaciadas se incrementa su capacidad de acumulación de materia seca y en lo general se aumenta su productividad.
9. La eficiencia de las plantas individuales en términos de translocación de fotosintatos hacia tejidos de interés económico para producción de semillas fue mayor en el espaciamiento 30 cm entre plantas.
10. La producción de semilla de alfalfa es una actividad agrícola fuertemente influenciada por factores ambientales, encontrándose que específicamente la presencia de lluvias en la etapa de floración del cultivo, es un factor que puede llegar a reducir los rendimientos de semilla hasta en un 90 por ciento, su efecto estuvo asociado con la presencia de malezas, rebrote, insectos dañinos a la semilla y con una reducción de la actividad de los insectos polinizadores.

11. Las poblaciones espaciadas pueden competir en forma aceptable con las poblaciones densas, en su capacidad de producción de forraje, después del primer año de establecimiento y ello hace posible combinar los programas de producción de altos rendimientos de semilla, con programas de producción de forraje durante los períodos no - adecuados para producir semilla.

RESUMEN

En la presente investigación se plantea como objetivos determinar el rango óptimo de densidad de población para obtener los mayores rendimientos de semilla de alfalfa bajo las condiciones de la región de Paila, Coahuila, estudiar el comportamiento de genotipos individuales respecto a su capacidad de producción de semillas y su varianza en la contribución reproductiva y al mismo tiempo estudiar el efecto de la densidad de población sobre componentes de rendimiento de semilla.

En esta investigación se usó la variedad Moapa-69, la cual fue establecida a espaciamientos de cinco, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 cm entre plantas dentro del surco, en relación a un testigo sembrado a una densidad de 2.187 kg/ha. La siembra se efectuó en surcos a 80 cm en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en el cual la parcela útil fue de 12 m². Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, análisis de tendencia usando la técnica de polinomios ortogonales, correlación simple y múltiple, complementado con el análisis de coeficientes de senderos.

Los resultados indicaron que los mayores rendimientos de semilla fueron obtenidos en los espaciamientos 20 a 30 cm entre plantas con un promedio de cinco a siete plantas

por metro cuadrado, encontrando que las poblaciones espaciadas superaron las poblaciones densas. La producción de forraje no mostró diferencias significativas a un año de establecido el cultivar. La población testigo registró un coeficiente de variación de 185.16 contra 54.46 por ciento del espaciamiento 30 cm entre planta, en lo que respecta a la producción de racimos por planta; este resultado indica que las poblaciones densas incrementan la varianza en la contribución reproductiva de los genotipos y consecuentemente los riesgos de endogamia y deriva genética, lo cual puede a su vez incrementar la probabilidad de cambios en el comportamiento varietal en generaciones sucesivas de multiplicación.

La densidad de población no afectó significativamente el número de semillas por vaina y altura del primer racimo, y en cambio presenta un efecto significativo en la altura de planta, distribución de racimos, número de tallos totales con racimos y sin racimos, número de racimos por planta, número de semillas por planta y producción de materia seca por planta.

Los componentes de rendimiento más estrechamente vinculados a la producción de semillas fueron el número de tallos con racimos por planta, la distribución de racimos por tallo y el número de vainas por planta, cuyos efectos combiñados en una ecuación de regresión denotaron un $r^2=.981$.

BIBLIOGRAFIA

- Abu-Shakra, S., M. Akhtar and D.W. Bray. 1969. Influence of irrigation interval and plant density on alfalfa seed production. Agron. J. 61(4):569-571. United States of America.
- _____, S., M.L. Bhatti and H. Ahmed. 1977. Effect of forage harvest frequency on subsequent alfalfa seed production and pollen quality. Agron. J. 69(5):428-431. United States of América.
- Aguirre R., . 1976. Producción de semilla de alfalfa en México. En: Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro (CIANOC). (Ed.). Semillas de Plantas Forrajeras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México p. 51-56.
- Bolton, J.L., B.P. Goplen and H. Baenziger. 1972. Distribución Mundial y Desarrollo Histórico. En: Hanson, - C.H. (Comp.). Ciencia y tecnología de la alfalfa Hemisferio Sur-Argentina. p. 1-34.
- Bula, R.J., R.S. May, C.S. Garrison, C.M. Rincker, J.G. Dean and L.J. Elling. 1974. Population characteristics of advanced generations of alfalfa synthetic increase seed from selfed, single-cross, or polycross seed. Crop Sci. 14(5):618. United States of America.
- Buller, R.E. 1957. La semilla de alfalfa, recomendaciones para su producción. Folleto de divulgación N° 24. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). México.

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1985. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. Mexico.
- Cohen, Y., H. Bielorai and A. Dovrat. 1972. Effect of timing of irrigation on total nonstructural carbohydrate level in roots and on seed yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Crop Sci. 12(5):634. United States of America
- Cowett, E.R. and M.A. Sprague. 1963. Effect of stand density and light intensity on the microenvironment and stem production of alfalfa. Agron. J. 55(5):432-434. United States of America.
- Cralle, H.T. and G.H. Heichel. 1986. Photosynthate and dry-matter distribution in effectively and ineffectively nodulated alfalfa. Crop Sci. 26(2):117-121. United States of America.
- Dawson, J.H. and C.M. Rincker. 1983. Weeds in new seedlings of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for seed production: - Competition and control. Herbage Abstracts. 53(2): 103. Ukrainian.
- Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. in Agron. 15:1-18. United States of America.
- Dovrat, A., D. Levanon and M. Waldman. 1969. Effect of plant spacing on carbohydrates in roots and on components of seed yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop - Sci. 9(1):33-34. United States of America.
- Estrella M., M. y R. Dávila. 1981. Algunos aspectos sobre la producción de semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Inédito. Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coah. México.
- Falconer, D.S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. México. p. 65-78.

- Field, T.R.O., C.G., Pearson and L.A. Hunt. 1976. Effects of temperature on the growth and development of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Herbage Abstracts*. 46 (4):145-150. Ukrainian.
- Frakes, R.V., R.L. Davis and F.L. Patterson. 1961. The breeding behavior of yield and related variables in alfalfa. II. Associations between characters. *Crop Sci*. 1(3):207-209. United States of America
- Galván C., S. y J. Espinoza A. 1979. El cultivo de la alfalfa para producción de semillas en el Valle de Apatzingán. Circular N° 3. Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico (CIAPAC). México.
- Garrison, C.S. 1960. Maintaining varietal purity and cultural and management practices. *Adv. in Agron*. 12:52-54. United States of America.
- Gasanenکو, L.S. 1977. How to increase seed production of lucerne. *Herbage Abstracts*. 47(10):333. Ukrainian.
- Geller, A. 1978. Effect of fertilizers on seed yields of irrigated lucerne. *Herbage Abstracts*. 48(1):26. Ukrainian.
- Gunn, C.R. 1972. Características de la semilla. En: Hanson, C.H. (Comp.). *Ciencia y Tecnología de la Alfalfa*. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. p. 815-826
- Hernández H., H. 1967. Producción de semilla de alfalfa en La Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah., México.
- Hill, R.R. 1976. Response to inbreeding in alfalfa population derived from single clones. *Crop Sci* 16(2):237. United States of America.
- Hunt, B.J., R.N. Peadar, W.F. Lehman and E.H. Stanford. 1970. Registro de alfalfa Moapa-69. *Crop Sci* 10(6):725. - United States of America.

- Itria C., D. y C. Bariggi. 1983. Producción de semilla de alfalfa en Argentina. *Herbage Abstracts*. 53(9):445. Ukrainian.
- Ivanov, A., G. Medvedev and V. Churzín. 1975. Lucerne stand densities and seed yields. *Herbage Abstracts*. 45(9):328. Ukrainian.
- Kastenbauer, A.S.U. and C.S. Garrison. 1974. Growth type - and yield comparisons of forage species after seed - multiplication in Germany and in the United States. I. Redclover, alfalfa and white clover. *Crop Sci.* 14(5):682-686. United States of America.
- Kehr, W.R. 1976. Cross-fertilization in seed production in relation to forage yield of alfalfa. *Crop Sci.* 16(1):81. United States of America.
- Kernick, M.D. 1961. Ecología. En: FAO (Ed.). Las Semillas agrícolas y hortícolas. Trad. de Simulta Corporation, Ginebra, Roma, Italia.
- Korzun, B.G. 1977. Application of granular insecticides to lucerne for seed production. *Herbage Abstracts*. 47(11):384. Ukrainian.
- Kowithayakorn, L. 1982. A study of herbage and seed production of lucerne (*Medicago sativa* L.) under different spacing and cutting treatments. *Herbage Abstracts*. 52(2):72. Ukrainian.
- _____ and M.J. Hill. 1983. A study of seed production of lucerne (*Medicago sativa* L.) under different plant spacing and cutting treatments in the sowing year. *Herbage Abstract*: 53(5):217. Ukrainian.
- Kumar, G.R., G. Tamaki and C.A. Johansen. 1980. Lygus bug-damage, predator-prey interaction and pest management implications on alfalfa grown for seed. In: Washington State University. Bulletin 6996 p. 2-4. College of Agriculture Research Center. United States of America.

Leach, G.J. and R.J. Clements. 1984. Ecology and grazing management of alfalfa pastures in the subtropics. - Adv. in Agron. 37:127-142. United States of America.

Lehman, W.F. 1967. Alfalfa seed chalcid (*Bruchophagus reddi* Guss). infestation cycles in relation to alfalfa - - seed production and sampling for resistance in southern California. Agron. J. 59(3):403-406. United States of America.

Li, C.C. 1956. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. Biometrics. 12(2):192-210. United States of America.

✓ Liang, G.H.L. and W.A. Riedl. 1964. Agronomic traits influencing forage and seed yield in alfalfa. Crop Sci. 4(4):394-396. United States of America.

Maslinkov, M., M. Mirtscher and N. Antoniowa. 1982. Studies on the optimal sowing rate for lucerne for seed production. Herbage Abstracts. 52(12):544. Ukrainian.

McGraw, R.L., P.R. Beuselinck and K.T. Ingram. 1986. Plant population density effects on seed yield of birds-foot trefoil. Agron. J. 78(1):201-205. United States of America.

Medvedev, G.A. 1975. Sowing rates and seed production in lucerne under irrigated conditions. Herbage Abstracts 45(9):328. Ukrainian.

Melton, B.A. 1972. Alfalfa seed production studies. In: University New Mexico State. Bulletin 597. Agricultural Experiment Station. United States of America.

_____, J. Aguirre, R. Ditterline, R. Haaland and M. - Lentner. 1977. Methods of selecting for alfalfa seed production in Southern New Mexico. Herbage Abstracts. 47(10):333. Ukrainian.

Ortegón, P.J. 1976. Importancia de la producción de semillas de plantas forrajeras en México. En: Centro de Investigaciones Agrícolas Norte Centro (CIANOC) (Ed.). Semillas de Plantas Forrajeras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. p. 1-8.

1976. Resumen de trabajos experimentales del programa de semillas de plantas forrajeras en Pabellón, Aguascalientes. En: Centro de Investigaciones Agrícolas Norte Centro (CIANOC) (Ed.). Semillas de Plantas Forrajeras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. p.83-88.

Pacuta, M. 1976. Effect of method of utilization and fertilizer application on seed quality in lucerne. *Herbage Abstracts*. 47(4):160. Ukrainian.

Pankiw, P., S.G. Bonin and J.A.C. Lieverse. 1977. Effects of row spacing and seeding rates on seed yield in red clover, alsike clover and birdsfoot trefoil. *Canadian Journal of Plant Science*. 57(2):413-418. Canadá.

Pedersen, M.W., G.E. Bohart, V.L. Marble and E.C. Klostermeyer. 1972. Prácticas de producción de semillas. En: Hansen C.H. (Comp.). Ciencia y Tecnología de la Alfalfa. Hemisferio Sur. Argentina. 829-866.

Porter, T.K. and J.H. Reynolds 1975. Relationship of alfalfa cultivar yields to specific leaf weight, plant density and chemical composition. *Agron. J.* 67(6):625-628. United States of America.

Richard, J.D. and H.L. Ahlgren. 1967. Producción Agrícola CECSA. México. p. 406-419.

- Rivera, V., E. 1973. Efecto de la separación de surcos y densidad de siembra sobre la producción de semilla de alfalfa en la región de Ciudad Delicias, Chihuahua. Seminarios Técnicos. Campo Agrícola Experimental de Ciudad Delicias Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México.
- Rowe, D.E. 1985. Variability among alfalfa clones in seed production. I. Effective population size. Crop Sci. 25(4):611-614. United States of America.
- Rumbaugh, M.D. 1963. Effects of population density on some components of yield of alfalfa. Crop Sci. 3(5):423-424. United States of America.
- _____ and D.A. Johnson. 1983. Changes in alfalfa cultivars grown in a semiarid environment. Crop Sci. 23(3):477-480. United States of America.
- Sarratt, B.S. and D.G. Baker. 1986. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Sci. 26(5):1040-1042. United States of America.
- Sevecka, L. 1979. Effect of stand layout and utilization method on seed yields of lucerne. Herbage Abstracts. 49(12):549. Ukrainian.
- _____ and T. Mistina 1980. Evaluation of the basic climatic factors affecting seed production in lucerne. Herbage Abstracts. 50(5):189. Ukrainian.
- Sybtscheva, L. 1980. Lucerne seed production in the Rasgrad Area. Herbage Abstract. 50(12):615. Ukrainian.
- Varga, P., C. Balan, T. Banciu, T. Petrovici, C. Timirgaziu, I. Tiru, T. Margineanu, F. Patrascov and A. Florea. 1981. Influence of plant density on lucerne, red clover and sainfoin seed yields. Herbage Abstracts. 51(2):60-61. Ukrainian.

- Varga, P., I. Moga, T. Stan, I. Fetev, G. Ciurdaresco, T. Banciu, M. Krauss, T. Popa, T. Petrovici, A. Florea, N. Dragomir and D. Craiv. 1976. Advances in the - - technology of seed production in perennial fodder legumes. *Herbage Abstracts*. 46(1):11. Ukrainian.
- Veronesi, F. and F. Lorenzetti. 1983. Productivity and survival of alfalfa hybrid and inbred plants under competitive conditions. *Crop Sci.* 23(3):577-580. U.S.A.
- Walter, L.E., and E.H. Jensen. 1970. Effect of environment during seed production on seedling vigor of two alfalfa varieties. *Crop Sci.* 10(6):635-638. United States of America.
- Washington State University. 1982. Identification of insect and mite pests of alfalfa and clover. Cooperative Extension College of Agriculture. Washington. United States of America.
- Willey, R.W. and S.B. Heath. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop yield. *Adv. In Agron.* 21: 281-320. United States of America.
- Wynn, W.R.B. and T.P. Palmer. 1974. Seeding rates, row spacing and lucerne (*Medicago sativa* C.V. Saranac) seed production. *Proceeding of the Agronomy Society of New Zealand* 4:63-65. New Zealand.
- Zambrana, T. 1975. Effect of multiplication of introduced alfalfa varieties (*Medicago sativa* L.) under tropical conditions. *Herbage Abstracts*. 43(10):376. Ukrainian.
- Zharinov, V.I. 1979. Actual and potential seed productivity of lucerne in the Ukrainian Forest Steppe Zone. *Herbage Abstracts*. 49(10):441. Ukrainian.
- Zurabiev, A.A. and G.D. Savell. 1981. Effect of plant spacing on lucerne seed yields in the Nonchernozem Zone. *Herbage Abstract*. 51(3):113. Ukrainian.