

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE ALFALFA  
BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y  
DENSIDADES DE SIEMBRA**

Moisés Béjar Hinojosa  
Antonio Valdez Oyervides  
Rommel de la Garza Garza  
Regino Morones Reza

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

## RESUMEN

Se realizó una investigación con el propósito de determinar el efecto de la densidad de siembra y la fertilización fosfatada y potásica, sobre el rendimiento y calidad de semilla de alfalfa, así como también, evaluar el comportamiento de los componentes del rendimiento en la variedad INIA-76. Para el factor densidad de siembra, se manejaron los niveles 1, 3, 5 y 7 kg de semilla/ha; para el fósforo 0, 90, 180 y 270 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y para potasio 0, 30, 60 y 90 kg de K<sub>2</sub>O/ha. Los tratamientos fueron seleccionados con base a una Matriz Plan Puebla I para tres factores, obteniéndose 14 combinaciones, a las cuales se adicionó un testigo absoluto. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con seis repeticiones. Se evaluaron 10 componentes de rendimiento, una variable de calidad física y tres variables de calidad fisiológica. El Tratamiento 1-90-30 presentó las medias más altas para todos los componentes de rendimiento, y produjo la mayor cantidad de semilla (405 kg/ha), en una sola cosecha. Los componentes que mostraron una correlación significativa con el rendimiento fueron: tallos con racimos por planta, racimos por planta, vainas por planta y semillas por planta; siendo el número de tallos con racimos por planta, el que presentó el mayor efecto directo sobre el rendimiento. La mejor calidad física de la semilla evaluada mediante el peso de 1000 semillas, fue obtenida por los Tratamientos 3-90-30, 3-90-60 y 3-180-30, con medias de 2.11, 2.12 y 2.15 g, respectivamente. En cuanto a la calidad fisiológica, todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales en su capacidad de germinación, pero en cuanto al vigor, evaluado en primer conteo y por clasificación de plántulas, los Tratamientos 3-90-60, 3-180-30, 3-180-60, 5-90-60 y 1-90-30, resultaron ser superiores a los demás. Los coeficientes de correlación

mostraron que no existe correlación significativa ( $P < 0.05$ ), entre el rendimiento y la calidad física y fisiológica de la semilla. La densidad de siembra, fue el factor que afectó más significativamente, tanto a al rendimiento como a sus componentes; mientras que el fósforo y el potasio, afectaron principalmente la calidad de la semilla. En el análisis económico el Tratamiento 1-90-30 fue el mejor.

**Palabras clave:** Alfalfa, *Medicago sativa* L., rendimiento y componentes, calidad de semilla, densidad de siembra, fósforo, potasio.

## ABSTRACT

Yield and quality of alfalfa seed under different levels of fertilization and seeding rates. A research work was carried out in order to determine the effects of the seeding rate, and phosphorus and potassium fertilizers on the yield and quality of alfalfa seed, as well as to evaluate their effect on yield components with cv. INIA-76. Seeding rate was assessed at four levels (1, 3, 5 and 7 kg/ha); and phosphorus and potassium were at 0, 90, 180 and 270 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 0, 30, 60 and 90 kg K<sub>2</sub>O/ha, respectively. Treatments were selected using a Plan Puebla I matriz for three factors, obtaining fourteen combinations; in addition a control witness was included. A random block experimental design with six replications was used. Ten yield components were evaluated; one variable of physical quality and three of physiological seed quality. The treatment 1-90-30 showed the highest values in all the yield components and as a result it had the highest seed yield (405 kg/ha)

in a single harvest. The components that showed a significant correlation with the yield were: stems with racemes per plant, racemes per plant, pods per plant, and seeds per plant; and the variable stems with racemes per plant had the highest direct effect on the yield. Treatments 3-90-30, 3-90-60 and 3-180-30 resulted in the highest physical seed quality values (2.11, 2.12 and 2.15 g, respectively) for the 1000-seed weight test. In relation to physiological seed quality there were no significant differences for the treatments. On germination capacity; nevertheless, the treatments 3-90-60, 3-180-30, 3-180-60, 5-90-60 and 1-90-30, showed the highest values on the vigor test. There was no significant correlation between seed yield and the physical and physiological seed quality ( $P < 0.05$ ). Seeding rate affected more significantly the yield components and the seed yield; and phosphorus and potassium affected mainly the seed quality. The highest economic rate was obtained with the treatment 1-90-30.

**Key words:** Alfalfa, *Medicago sativa* L. yield and its components, seed quality, seeding rate, phosphorus, potassium.

## INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el cultivo forrajero por excelencia en México, tanto por sus altos volúmenes de producción, como por su gran calidad nutritiva. Sin embargo, actualmente más del 90 % de la semilla necesaria para establecer nuevas áreas, o renovar las ya existentes (285000 ha), se importa, ocasionando por consecuencia una gran fuga de divisas y además

estos materiales no responden tan favorablemente bajo nuestras condiciones ecológicas, debido a que fueron generados para resolver una problemática muy particular de otros lugares.

Resulta importante señalar que en México, existen áreas con enorme potencial para producir semilla de esta leguminosa, más sin embargo, hasta la fecha y por diferentes razones, no se ha establecido un programa integral de producción al respecto.

Dentro de los factores controlables de la producción, que inciden fuertemente sobre el rendimiento de semilla de alfalfa, se encuentran la fertilización y la densidad de siembra; al respecto Hofbauer (1982) y Rodríguez (1996) reportan que la práctica de la fertilización es muy aconsejable, ya que ciertos nutrientes como el fósforo y el potasio, desempeñan importantes funciones en las plantas destinadas a producir semilla. Por su parte Ivanov y Lapa (1982) encontraron que la relación óptima de P:K fue de 2:1, para aplicar en alfalfa para producción de semilla; mientras que Semenou (1976) indica que la aplicación de 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> más 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha, incrementaron el rendimiento de semilla en un 29.5 %. En un estudio sobre fertilización con estos nutrientes en alfalfa, Geller (1978) encontró que se incrementaron el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso de 1000 semillas.

En cuanto al efecto de la fertilización sobre la calidad de las semillas, Roberts (1972) y Copeland y McDonald (1985), reportan que en la mayoría de los casos las semillas con deficiencias minerales, desarrollaron pobremente al compararse con las semillas normales, a menos que sean plantadas en un suelo que sea nutricionalmente adecuado y provea los elementos esenciales faltantes.

En lo que respecta a la densidad de siembra, Maslinkov *et al.* (1982) y Kowithayakorn (1982), encontraron que con densidades bajas de siembra se incrementa el ahijamiento, el número de flores y puntos de fructificación por planta, el número de vainas y semillas por vaina, y como consecuencia, el rendimiento de semilla. Por su parte Wynn y Palmer (1974) mencionan que se pueden obtener buenos rendimientos de semilla, manejando densidades de siembra de 0.5 a 2.0 kg/ha, sin aparente ventaja de densidades más altas.

En México, Aguirre (1976) reporta que densidades de 1 kg de semilla/ha permitieron obtener rendimientos de hasta 900 kg/ha. Por su parte, Askarin *et al.* (1996), al evaluar cuatro espaciamientos entre hileras y cuatro densidades de siembra, encontraron que estos factores no tuvieron efecto sobre la calidad de la semilla de alfalfa.

Con base en lo anteriormente expuesto, esta investigación se planteó con el objetivo de determinar el efecto conjunto de la densidad de siembra y la fertilización fosfatada y potásica, sobre el rendimiento y la calidad de la semilla de alfalfa, así como también evaluar en que medida se ven afectados los componentes del rendimiento.

Ho: El rendimiento y calidad de la semilla de alfalfa no se ve afectada por el efecto conjunto de la densidad de siembra y fertilización fosfatada y potásica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuya ubicación geográfica es 25° 23' de latitud norte y 101° 80' de longitud oeste, con una altitud de 1785 msnm, el clima es

seco templado, con verano cálido, con temperatura media anual de 17.1 °C y precipitación media anual de 345 mm. Los suelos son de textura migajón arcilloso, medianamente ricos en materia orgánica, medianamente pobres en nitrógeno y fósforo, aprovechables y medianos en potasio intercambiable. El pH es de 8.03 (medianamente alcalino).

La fase de análisis de calidad se realizó en el laboratorio de Ensayo de Semillas, perteneciente al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la propia Universidad. Se utilizó semilla de la variedad INIA-76 con un 80 % de germinación normal y un 18 % de semillas duras.

Los factores en estudio, así como sus respectivos niveles, fueron los siguientes: densidad de siembra (1, 3, 5 y 7 kg de semilla/ha); fósforo (0, 90, 180 y 270 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha); y potasio (0, 30, 60 y 90 kg de K<sub>2</sub>O/ha). El diseño experimental utilizado en la fase de campo, fue bloques al azar con seis repeticiones, y los tratamientos fueron seleccionados con base a una Matriz Plan Puebla I, para tres factores, obteniéndose 14 combinaciones a las cuales se adicionó un testigo absoluto (Cuadro 1).

La parcela total fue de 4 surcos de 4 m de largo, a una separación de 0.80 m. La parcela útil consistió de los 2 surcos centrales, eliminando 0.5 m de las orillas. Para la fase de laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados para producción de semilla de alfalfa. UAAAN. 1996.

No. Tratamiento	D S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kilogramos por hectárea	K <sub>2</sub> O
1	3	90	30
2	3	90	60
3	3	180	30
4	3	180	60
5	5	90	30
6	5	90	60
7	5	180	30
8	5	180	60
9	1	90	30
10	7	180	60
11	3	0	30
12	5	270	60
13	3	90	0
14	5	180	90
15*	1	0	0

DS Densidad de Siembra \* Testigo Absoluto P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = K<sub>2</sub>O=

La siembra y fertilización del experimento se realizó el día 19 de noviembre de 1995. Los riegos se aplicaron al inicio, por aspersión, y posteriormente por gravedad, a intervalos de 15 días. El control de malezas se hizo tanto en forma mecanizada, como manual. Durante el desarrollo del cultivo se tuvo incidencia de *Diabrotica* spp, la cual se controló químicamente.

En cuanto a enfermedades, no hubo incidencia considerable. Para promover una adecuada polinización se colocaron 2 colmenas de abejas domésticas *A. mellifera*. La semilla se cosechó cuando se tenía aproximadamente un 75 % de vainas color café oscuro.



## **Variables evaluadas**

Cuando las plantas se encontraban en estado de llenado de vainas, se tomaran 5 plantas al azar con competencia completa, dentro de la parcela útil, con el fin de tomar las lecturas y así evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas a componentes del rendimiento, los cuales fueron: tallos por planta, tallos con racimos por planta, racimos por talloa, racimos por planta, vainas por racimo, vainas por planta, semillas por vaina, semillas por planta, diámetro de corona y rendimiento de semilla aprovechable por hectárea.

Para evaluar la calidad física de la semilla, en los diferentes tratamientos, se consideró la variable peso de 1000 semillas (PMS), la cual se cuantificó en semilla aprovechable, pesando 8 muestras de 100 semillas, dentro de cada una, de tres repeticiones y posteriormente, se calculó el promedio y se extrapoló a 1000 semillas (Moreno, 1984).

Con el propósito de determinar el efecto de los tratamientos sobre la calidad fisiológica de la semilla, se realizaron pruebas de germinación estándar y vigor, según la metodología propuesta por ISTA (1985); el procedimiento seguido para cada variable fue el siguiente:

## **Capacidad de germinación (CG)**

Se pusieron a germinar 3 repeticiones de 100 semillas por tratamiento, colocándolas en 2 hileras de 50 semillas por taco, con separación de 7 cm entre hileras, introduciendo los tacos en cámara germinadora a 25°C. El primer conteo de plántulas normales se realizó al cuarto día y un segundo conteo en el sexto día. Los resultados se

expresaron en porcentaje de plántulas normales.

### **Plántulas normales fuertes (PNF)**

Para evaluar esta variable se aprovechó la misma prueba de germinación estándar, realizándose la cuantificación durante el segundo conteo, donde se clasificaron las plántulas en; normales fuertes, normales débiles, anormales, muertas y latentes.

### **Análisis estadístico**

Las variables agronómicas fueron analizadas mediante un diseño experimental bloques al azar, cuyo modelo es  $U_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$ ; mientras que las variables de calidad física y fisiológica, se analizaron bajo el diseño completamente al azar, (modelo  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$ ). En aquellas variables en las que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar un segundo análisis, con base en la metodología propuesta por Turrent (1985) para el caso de la Matriz Plan Puebla I, utilizando un efecto mínimo significativo (EMS 10 %), para la significancia en la parte factorial y una diferencia mínima significativa (DMS 5%), normal o desglosada para las demás comparaciones.

### **Correlaciones**

Con el fin de determinar el grado de asociación entre las diferentes variables evaluadas, se realizaron las matrices de correlación respectivas; así como también un análisis de coeficientes de sendero (Reyes y Benavides, 1993), con el propósito de descomponer

las coeficientes de correlación significativos en sus efectos directos e indirectos, sobre el rendimiento de semilla.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables agronómicas

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios de tratamientos, así como su significancia para las variables agronómicas evaluadas, detectándose diferencias significativas para la variable tallos por planta, mientras que para las variables tallos con racimos por planta, racimos por planta, vainas por planta, semillas por planta, diámetro de corona y rendimiento de semilla, las diferencias fueron altamente significativas. Al realizar el análisis de estas variables, con base en el método propuesto por Turrent (1985), se obtuvo que en todos los componentes de rendimiento, el Tratamiento 9 (1-90-30), resultó ser estadísticamente superior a los demás y por consecuencia presentó el más alto promedio en rendimiento de semilla (405 kg/ha), el cual fue estadísticamente igual ( $P < 0.05$ ) al de los Tratamientos 3, 4, 7, 8, 14 y 15 (Cuadro 3).

Al analizar los tres factores por separado, se detectó que la densidad de siembra es la que ejerce un mayor efecto sobre el rendimiento de semilla, tal como se aprecia en la Figura 1, donde a medida que se incrementa la densidad de 1 a 7 kg/ha, el rendimiento se reduce significativamente, de 405 hasta 197 kg de semilla/ha. Al comparar el Tratamiento 9 (1-90-30) con el 15 (1-0-0), se obtiene una diferencia de 88 kg a favor del primero, la cual a pesar de no llegar a ser significativa ( $P < 0.05$ ), de alguna manera nos indica que

el fósforo y el potasio están interactuando positivamente con la densidad de 1 kg, para incrementar el rendimiento, y además las plantas del tratamiento 9, al ser más vigorosas tendrán una mayor persistencia y desarrollo durante los años posteriores, y por consiguiente su rendimiento sería mayor.

Las resultados obtenidos concuerdan con lo que reportan autores como Aguirre (1976) y García (1987), ya que a densidades de siembra bajas las plantas están más

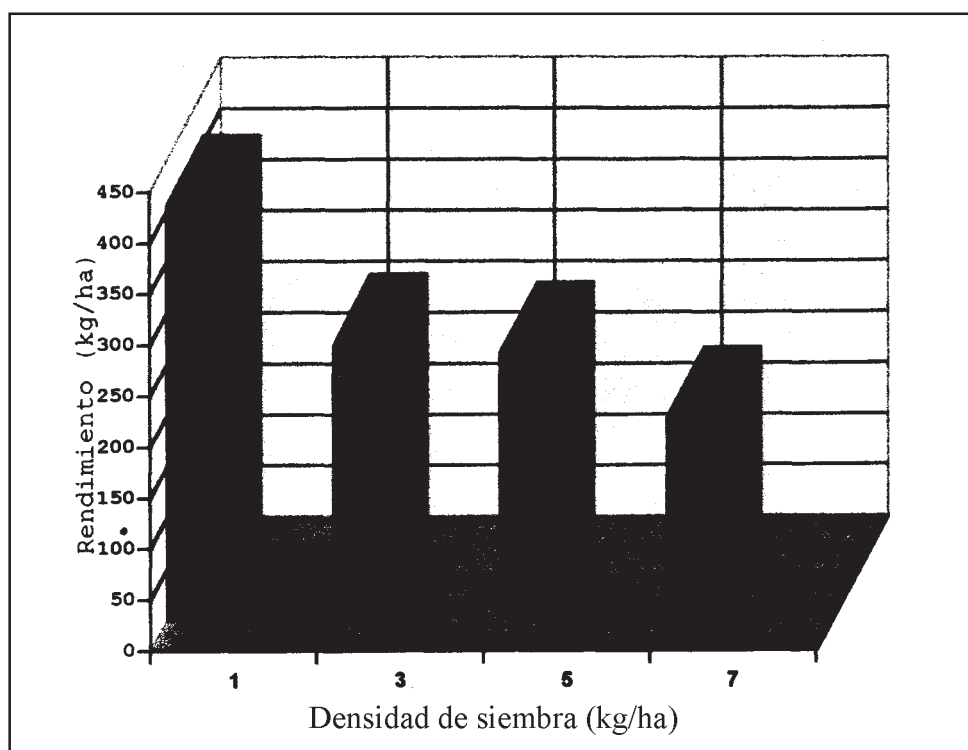


Figura 1. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de semilla de alfalfa. UAAAN. 1996.

espaciadas y pueden hacer un uso más eficiente de los nutrientes, luz y agua; además, como mencionan Rodríguez (1996) y Semenou (1976), la aplicación de los nutrientes fósforo y potasio promueven un mayor desarrollo de las plantas y por consiguiente, un mejor rendimiento de semilla.

## **Variables de calidad física**

Para este tipo de variables, el análisis presentado en el Cuadro 2, detectó diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos de la variable peso de mil semillas, por lo que al realizar el análisis por el método gráfico-estadístico, se obtuvo que tanto los efectos principales de los tres factores, como su interacción, resultaron ser significativos y al realizar la comparación entre las diferentes combinaciones, se obtuvo que el Tratamiento 3 (3-180-30), con una media de 2.15 g, fue estadísticamente igual a la media de los Tratamientos 1 (3-90-30) y 2 (3-90-60), pero superior a los demás, apreciándose esto en el Cuadro 3. Es importante señalar que a medida que se incrementa el número de semillas producidas, su peso específico tiende a reducirse, tal como se obtuvo en el Tratamiento 9 (1-90-30), el cual presentó el mayor rendimiento (405 kg/ha), pero sólo alcanzó un peso de 1000 semillas de 2.0 g, lo cual coincide con lo que menciona García (1987), ya que a medida que una planta produce una mayor cantidad de semillas, difícilmente podrá canalizar la cantidad adecuada de fotosintatos que requiere cada una de ellas, para poder alcanzar una alta calidad física.

**Cuadro 2.** Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación para el factor tratamientos de las variables evaluadas en producción de semilla de alfalfa. UAAAN 1996.

**Variables**

<b>Agronómicas</b>	<b>C M</b>	<b>C V (%)</b>
Tallos por planta	0.48*	15.40
Tallos con rac/planta	0.81	17.30
Racimos por tallo	0.33NS	12.80
Racimos por planta	18.86**	25.40
Vainas por racimo	0.06NS	11.59
Vainas por planta	195.16**	29.60
Semillas por vaina	0.03NS	10.91
Semillas por planta	1043.08	34.09
Diámetro de corona	0.36	20.60
Rendimiento de semilla	24652.80	34.70
<b>Físicas</b>		
Peso de mil semillas	0.009**	1.82
<b>Fisiológicas</b>		
C.G. al primer conteo	177.04**	8.91
C.G. al segundo conteo	27.18NS	
6.56		
Plántulas normales fuertes	108.12**	8.60

\*, \*\*: Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente

C M: Cuadrados Medios

C V: coeficientes de Variación

NS: No significativo

C.G: Capacidad de Germinación

El efecto importante que tienen el fósforo y el potasio sobre el peso específico de la semilla, se puede detectar claramente, al comparar el testigo (1-0-0) con el Tratamiento

3 (3-180-30), donde este último con una media de 2.15 g, es estadísticamente superior a la media del testigo que fue de 2.05 g; al respecto autores como Geller (1978) y Rodríguez (1996), remarcen la importancia de estos nutrimentos en el metabolismo general de la planta, y como consecuencia, en la obtención de semilla de calidad

## **Variables de calidad fisiológica**

El análisis presentado en el Cuadro 2 muestra diferencias altamente significativas para las variables capacidad de germinación al primer conteo y plántulas normales fuertes, no habiendo significancia para la capacidad de germinación en segundo conteo. Al practicar el análisis de la matriz para las dos primeras variables, se detectó que para el factor densidad, los niveles de 1, 3 y 5 kg, fueron estadísticamente iguales, así como también para el fósforo los niveles 0, 90 y 180 kg/ha, mientras que para el potasio los niveles 30 y 60 kg fueron iguales entre si y superiores a 0 y 90 kg/ha. Al comparar las diferentes combinaciones, se obtuvo que las tratamientos de la parte factorial (1 al 8) fueron estadísticamente iguales a los Tratamientos 9, 11 y 13, y superiores a los demás, observándose que el promedio mas bajo lo presenta en ambas variables el testigo absoluto (1-0-0), con medias de 42 y 44 % (Cuadro 3); por lo que se puede enfatizar que para este tipo de variables de calidad fisiológica, los factores que afectan más significativamente son el fósforo y el potasio, ya que como lo reportan Copeland y McDonald (1985), estos nutrimentos juegan un papel importante en la fisiología de la planta y en la germinación y vigor de las semillas.

**Cuadro 3.** Medias de tratamientos de las principales variables evaluadas en la producción de semilla de alfalfa. UAAAN. 1996.

Tratamiento	RS	PMS	CGI	CGII	PNF
1(3-90-30)	272	2.11	58	68	57
2(3-90-60)	280	2.12	62	74	63
3(3-180-30)	336	2.15	65	71	65
4(3-180-60)	388	2.09	65	77	66
5(5-90-30)	218	2.03	59	70	57
6(5-90-60)	236	1.93	64	76	62
7(5-180-30)	308	2.03	60	72	57
8(5-180-60)	322	2.08	55	69	55
9(1-90-30)	405	2.00	59	73	58
10(7-180-60)	197	2.04	48	68	54
11(3-0-30)	269	2.08	55	72	55
12(5-270-60)	189	1.99	43	68	48
13(3-90-0)	233	2.01	53	75	60
14(5-180-90)	293	2.04	47	69	52
15(1-0-0)	317	2.05	42	69	44

RS Rendimiento de semilla (kg/ha)

PMS Peso de 1000 semillas (g)

CGI Capacidad de germinación en primer conteo (%)

CGII Capacidad de germinación en segundo conteo (%)

PNF Plántulas Normales Fuertes (%)

## Correlaciones

Al realizar la matriz de correlaciones respectiva para las variables agronómicas, se obtuvo que el rendimiento de semilla muestra una correlación positiva y significativa, con las variables tallos con racimos por planta, racimos por planta, vainas por planta y semillas por



planta con valores de  $r=0.63$ ,  $0.60$ ,  $0.57$  y  $0.59$ , respectivamente; mientras que las variables diámetro de corona y tallos por planta, presentaron valores medios de  $0.50$  y  $0.48$ , sin llegar a ser significativos. Más sin embargo, el diámetro de corona si mostró una correlación significativa y positiva con la mayoría de los componentes de rendimiento, lo cual significa que al tener las plantas una mayor reserva de carbohidratos en la corona y las raíces, esto ocasiona un mayor vigor en la parte aérea y a la vez una mayor capacidad reproductiva; resultados similares fueron encontrados por Dovrat *et al.* (1969) y Kowithayakorn (1982).

Al manejar los coeficientes de correlación de estas seis variables en un análisis de coeficientes de sendero, se obtuvo que la variable tallos con racimos por planta es la que influye más fuertemente sobre el rendimiento, tanto por su efecto directo ( $1.1956$ ), como por los efectos indirectos que se presentan al relacionarse con las demás variables; al respecto García (1987), encontró resultados muy similares, ya que al trabajar con diferentes densidades de población, obtuvo que las plantas mayormente espaciadas producían un mayor número de tallos con racimos, variable que junto con vainas por planta, contribuyó considerablemente al rendimiento de semilla.

Con respecto al grado de correlación entre las variables rendimiento de semilla y las variables de calidad física y fisiológica, no se encontró una correlación significativa entre ellas, lo cual indica que no necesariamente los tratamientos de mayor rendimiento, tienen a su vez 1a mejor calidad física y fisiológica de semilla.

Es importante resaltar, que al observar la respuesta de la planta a los diferentes factores, tanto para las variables agronómicas, físicas y fisiológicas, se puede determinar que el Tratamiento 9 (1-90-30), al tener una baja densidad de plantas, promovió que éstas

tuvieran una menor competencia y pudieran desarrollarse adecuadamente, produciendo un buen rendimiento de semilla y a la vez su calidad está dentro de valores aceptables, siendo en ocasiones estadísticamente igual a la de los tratamientos que mostraron los valores más altos; además al practicarse un análisis económico se encontró que, este tratamiento obtuvo la mayor tasa de retorno a capital variable.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidas y a las condiciones bajo las cuales se realizó este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

La mejor combinación de densidad de siembra y fertilización fosfatada y potásica, que permitió obtener el mayor rendimiento de semilla, así como una buena calidad física y fisiológica fue el Tratamiento 9 (1-90-30).

Los componentes de rendimiento mayormente afectados por los tratamientos, fueron: tallos por planta, tallos con racimos por planta, racimos por planta, vainas por planta, semillas por planta y diámetro de corona.

Las componentes que mostraron una correlación significativa con el rendimiento de semilla, fueron: tallos por racimos por planta, racimos por planta, vainas por planta y semillas por planta; siendo el primero de ellos el que contribuyó más fuertemente con el rendimiento, tanto por sus efectos directos como indirectos.

El principal factor que afectó tanto a los componentes, como al rendimiento mismo, fue la densidad de siembra al nivel de 1 kg de semilla/ha, siendo el mejor.

Los nutrimentos fósforo y potasio, afectaron significativamente la calidad física y

fisiológica de la semilla.

No existe una correlación significativa entre el rendimiento y la calidad física y fisiológica de la semilla.

La mayor rentabilidad económica se obtuvo con el Tratamiento 9 (1-90-30).

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, R.J. 1976. Producción de semilla de alfalfa en México. En: Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (CIANOC). Semillas de Plantas Forrajeras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. p. 51-56.
- Askarian, M., J.G. Hampton and M.J. Hill. 1996. Effect of row spacing and sowing rate on seed production of lucerne (*Medicago sativa* L.) cv. *Grassland orange*. Seed Abstracts 19 (7) :316.England.
- Copeland, L.O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Second edition. MacMillan. Publishing Company. USA. 321 p.
- 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. USA.
- García, M.J.A. 1987. Efecto de densidad de población en la producción de semilla de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Fitomejoramiento. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., 168 p.
- Geller, A. 1978. Effect of fertilizers on seed yields of irrigated lucerne. Herbage Abstracts.

48(1):26. England.

Hofbauer, J. 1982. The influence of chemical substances on the seed yield of lucerne.

Herbage Abstracts 52(12):618. England.

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. and Tech. 13:299-335. The Netherlands.

Ivanov, S.N. and V.V. Lapa. 1982. Effect of levels of mineral nutrition on seed yield and biochemical composition of lucerne. Herbage Abstracts 52(12):544. England.

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. England.

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

Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAN. México, D.F. 383 p.

Reyes, V., M.H. y A. Benavides M. 1993. El análisis de senderos en la investigación agronómica. Folleto de Divulgación Vol. III No. 4. Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., 22 p.

Roberts, E.H. 1972. Viability of seeds. Syracuse University Press. New York pp. 114-143. USA.

Rodríguez, S. F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT Editor, S.A. 3a. impresión. México, D.F. pp. 69-81.

Semenou, A.L. 1976. Effect of phosphorus and potassium fertilizers and sowing methods on seed yield and quality in lucerne. Herbage Abstracts 6 (4):160. England.

- Turrent, F.A. 1985. El método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la Matriz Plan Puebla I. 2a. edición. No. 5, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx., 45 p.
- Wynn, R.B and T.P. Palmer. 1974. Seeding rates, row spacing and lucerne (*Medicago sativa* L. cv. Saranac) seed production. *Herbage Abstracts* 46 (4): 160. England.