

FECHA DE ADQUISICION	
NUM. DE INVENTARIO	
PROCEDENCIA	DC
NUM. DE CATALOGACION	
PRECIO	

EFFECTO DE LA APLICACION DE FOSFORO  
Y ESTIERCOL EN EL RENDIMIENTO DE  
ALFALFA EN UN SUELO DEL VALLE DE MEXICO

Por

FELIX RAMIREZ PAZ

Tesis

que somete a la consideración del H. Jurado Examinador,  
como requisito parcial para obtener el Título de  
Ingeniero Agrónomo

Enero-25-6

Acta No. -488

Aprobada

El Presidente del Jurado

El Director de la Escuela

Pres.-Ing. Hugo A Vela  
Sec.- Ing. Fernando Vaz  
Voc.- Dr. Roberto Rod  
Voc.- Ing. Lorenzo Ma  
Voc.- Ing. Raúl Gardén.

RESULTADO

UNANIMIDAD

UNIVERSIDAD DE COAHUILA

ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA "ANTONIO NARRO".

Buenavista, Coah., Enero de 1960.

## BIOGRAFIA

El autor nació, el 9 de junio de 1932 en Santa Catarina Tayata, Oaxaca, siendo sus padres los señores Ismael Ramirez Bautista e Isabel Paz de Ramírez.

Su instrucción primaria la realizó en la Escuela Primaria Federal, de su pueblo natal, en los años de 1944 a 1949, y la secundaria en la Escuela Práctica de Agricultura de Reyes Mantecón, Oaxaca, de 1950 a 1951 inclusive, terminando su preparatoria en la Escuela Práctica de Agricultura de La Huerta, Michoacán, en el año de 1952.

Ingresó en 1953 a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", en Saltillo, Coah., para seguir la carrera de Ingeniero Agrónomo, recibiendo en 1957 el correspondiente Certificado de Pasante.

Desde su egreso del mencionado Plantel ha estado prestando sus servicios profesionales en la Sección de Suelos de la Oficina de Estudios Especiales, S. A. G.

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

## AGRADECIMIENTO

El autor hace presente su profundo agradecimiento al Dr. Reggie J. Laird, Jefe de la Sección de Suelos de la Oficina de Estudios Especiales, S.A. ( por la oportunidad que le brindó para conducir el presente trabajo, y por su valiosa orientación técnica en el desarrollo del mismo.

## DEDICATORIA

Con amor y veneración a mi Alma Mater, la  
Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro"

Con profunda gratitud a todos mis Maestros.

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

- Cuadro 1. Análisis químico de las muestras de suelo.  
1959 .....
- Cuadro 2. Análisis mecánico y textura de las muestras  
de suelo del experimento .....
- Cuadro 3. Número de riegos dados por año e intervalos  
en días .....
- Cuadro 4. Rendimiento medio en los años de 1957 a 1959 ..
- Cuadro 5. Número de matas en seis cortes por metro  
cuadrado .....
- Cuadro 6. Número de tallos por metro cuadrado de ocho  
tratamientos en cinco cortes .....
- Cuadro 7. Porcentaje de nitrógeno contenido en alfalfa  
seca desarrollada en tres niveles de fertilización  
fosfórica .....
- Cuadro 8. Porcentaje de nitrógeno contenido en los  
rendimientos de alfalfa de tres años y toneladas  
de nitrógeno extraídas por el cultivo .....
- Cuadro 9. Contenido de fósforo expresado en ppm .....
- Cuadro 10. Utilidades con el uso de fósforo en los  
años de 1957, 1958 y 1959 .....
- Figura 1. Relación funcional entre el rendimiento total  
de alfalfa en tres años de producción y las cantidades  
de  $P_2O_5$  aplicadas .....
- Figura 2. Comparación de la cosecha de alfalfa en 4 m<sup>2</sup>  
con aplicaciones de 0 y 160 kg/ha de  $P_2O_5$  .....
- Figura 3. Relación entre la producción diaria de alfalfa  
fertilizada con 0 y 320 kg/ha de  $P_2O_5$  durante dos años  
y medio de desarrollo .....
- Figura 4. Comparación de la producción de alfalfa en  
tres años, en parcelas fertilizadas con diferentes  
niveles de  $P_2O_5$  y estiércol .....
- Figura 5. Comparación de la producción total de alfalfa  
en tres años con la aplicación de 80 y 160 kg/ha de  
 $P_2O_5$  en la siembra, y de 120 kg/ha aplicados en tres  
porciones .....

## INDICE

BIOGRAFIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
DEDICATORIA .....	
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS .....	
INTRODUCCION .....	
REVISION DE LITERATURA .....	
Efecto del Fósforo en el Rendimiento de la Alfalfa .....	
Efecto del Fósforo Aportado al Cultivo en el Contenido de Fósforo en el Tejido de la Planta ..	
Efecto del Fósforo en el Contenido de Nitrógeno en el Tejido .....	
MATERIALES Y METODOS .....	
Localización y Clima .....	
Suelo .....	
Algunas Características Físicas y Químicas del Suelo .....	
Diseño Experimental .....	
Variedad .....	
Siembra .....	
Observaciones de Campo .....	
Cortes .....	
Análisis de Nitrógeno y Fósforo en la Alfalfa ..	
RESULTADOS Y DISCUSION .....	
Efecto del Fósforo en el Rendimiento de Alfalfa (Peso Seco) .....	
Relación entre el Efecto del Fósforo y el Período de Crecimiento .....	
Comparación del Efecto del Fósforo y Estiércol en el Rendimiento de Alfalfa en Tres Años .....	
- Efecto de la Fertilización Fosfórica en el Mantenimiento de la Población .....	
- Efecto del Fósforo en el Contenido de Nitrógeno en Alfalfa .....	
Análisis Económico .....	
CONCLUSIONES .....	
RESUMEN .....	
BIBLIOGRAFIA .....	
APENDICE .....	

## INTRODUCCION

Está demostrado que la alfalfa es de alta calidad nutritiva para el ganado vacuno, usada como forraje o heno; en la actualidad ha superado su importancia ya que es ampliamente utilizada en la preparación de alimentos concentrados para el ganado del ganado porcino y aves. Además, ocupa un vasto terreno en la agricultura por la superficie que se dedica a su cultivo en México, según datos de la Dirección de Economía Rural (1). Los rendimientos se reportan en peso verde:

Zonas estadísticas	Superficie hectáreas	Rendimiento ton/ha	Valor en pesos
de .....	17 684	43.64	54 034 027
do .....	177	40.35	407 037
fico Norte ...	13 792	45.15	52 480 041
fico Sur .....	3 898	37.85	11 327 209
ro .....	51 789	48.62	182 697 732
al .....	87 340		300 946 046

Estas cifras indican que fueron superadas las correspondientes a los cinco años anteriores en la forma siguiente: En superficie 51.5 por ciento, en rendimiento 4.4 por ciento y en valor 109.2 por ciento.

No existen referencias en México que indiquen que en alguna parte del país esté sujeto el cultivo de alfalfa a una práctica de fertilización, dependiendo los rendimientos del nivel natural de fertilidad del suelo en que se desarrolle.

Al iniciar el trabajo de este reporte se pretendió conocer el efecto de niveles de estiércol y de niveles y épocas de aplicación de  $P_2O_5$  en el rendimiento, contenido de nitrógeno y color en el tejido de la alfalfa. Se incluyeron ocho tratamientos, correspondiendo cinco de ellos a niveles de  $P_2O_5$ , dos niveles de estiércol, aplicados en el momento de la siembra, no distribuido en porciones a través del ciclo de desarro--

## REVISION DE LITERATURA

Efecto del Fósforo en el Rendimiento  
de la Alfalfa

El efecto del  $P_2O_5$  y otras características han sido estudiadas en muchas partes, pero sólo se mencionan los siguientes resultados.

Truesdell (19), en trabajos realizados en la Universidad de Wisconsin, reporta un gran incremento relativo en el desarrollo de la alfalfa y algunas otras leguminosas como resultado de las aplicaciones de  $P_2O_5$  en comparación con no leguminosas. La aplicación de fosfatos produjo un desarrollo mucho más rápido en el estado inicial del ciclo.

Estudiando Niedig et al. (10) en Idaho el efecto de las adiciones de fósforo en el rendimiento de alfalfa, encontraron que este elemento incrementó los rendimientos de alfalfa en cuatro a los seis suelos estudiados. Los suelos áridos dieron una respuesta más grande a las aplicaciones de  $P_2O_5$  que los suelos de tierras húmedas.

Westover et al. (21) en pruebas preliminares efectuadas en los años de 1917 a 1924, encontraron que los rendimientos de alfalfa pueden ser beneficiosamente incrementados en el Valle de California con aplicaciones de superfosfatos. También reportaron que el rendimiento de semilla de esta leguminosa superó apreciablemente al de las parcelas que no recibieron superfosfato.

En tres pruebas de fertilizantes hechas en el Colegio de Agricultura de New Mexico, Waterpaugh y Staten (20), usando 135 y 180 libras por acre de superfosfato de calcio al 45% de  $P_2O_5$  anuales 135 y 180 libras en años alternados, encontraron que con 135 y 180 libras por acre de superfosfato de calcio anualmente y 180 libras en años alternados se obtuvieron los resultados más altos.

Prince et al. (15) estudiando las necesidades de fosfatos para la producción de alfalfa en 20 suelos de New Jersey, reportaron que con la aplicación de 200 libras por acre de ácido fosfórico en cinco suelos el rendimiento se incrementó; pero logra-

n un incremento aún más alto en cuatro suelos en donde se ha-  
a aplicado una cantidad equivalente a la capacidad de fijación  
fósforo previamente determinada.

Bear y Wallace (4) trabajaron en 20 suelos en New Jersey;--  
14 de ellos la alfalfa respondió a la aplicación de  $P_2O_5$ , re-  
rtando además que este elemento junto con otros en deficien--  
a son grandemente responsables en la falla o corta vida del -  
ltivo en New Jersey. En estudios para determinar la dosis más  
ecuada de  $P_2O_5$  y el efecto de diferentes materiales fosfóri--  
s en el Colegio de Agricultura de Utah, concluyeron Nielson  
al. (11) que la dosis de aplicación de más utilidad fué la  
80 libras de  $P_2O_5$  por acre, aproximadamente, aunque podría -  
r una dosis más alta en un suelo más deficiente en este elemer  
; finalmente, los resultados mostraron que la efectividad de  
s materiales fosfóricos depende del contenido de fósforo apro  
chable ( $P_2O_5$ ).

Salee et al. (18) en un estudio para predecir la necesidad  
fósforo er la alfalfa mencionan que con una aplicación de --  
0 libras por acre de  $P_2O_5$  se produjeron incrementos de 4.5 a  
2 toneladas de heno en un período de dos años.

Efecto del Fósforo Aportado al Cultivo  
en el Contenido de Fósforo en el Tejido  
de la Planta

Es indudable que la calidad nutritiva de la alfalfa depende  
ncipalmente del nivel de fertilidad del suelo en que se desa-  
olle. Blair y Prince (5) reportan que con la aplicación de  
sforo al cultivo de alfalfa el heno tiende a elevar su contení  
del elemento aplicado.

Prince et al. (15) con aplicaciones de 200 libras de fosfa  
o por acre, encontraron que el contenido de  $P_2O_5$  fué de 39,4%  
; que el de la alfalfa desarrollada sin ninguna aplicación, y  
; el contenido en alfalfa desarrollada en suelo que recibió --  
; dosis equivalente a la capacidad de fijación fué 69% más al-  
que el testigo. El porcentaje de  $P_2O_5$  en las raíces de la -

alfalfa que recibió fósforo fué tan alto como el de la parte  
a.

Bear y Wallace (4), en 20 suelos estudiados, encontraron -  
la alfalfa de 14 de estos suelos que recibieron fósforo, in-  
centó notablemente el contenido de fósforo en el tejido de la  
ta, y reportan para una alfalfa desarrollada en condiciones  
mas 0.27% de  $P_2O_5$ .

En muestras colectadas en suelos de pH menor de 6 se les en-  
bajo contenido de fósforo.

Martin et al. (9) tomando muestras de 32 campos comerciales  
os que el 75 por ciento parecían normales y en el 25 por cien-  
e sospechaba deficiencia, los analizaron determinando el  $PO_4$   
luble en ácido acético al 2% y encontraron la siguiente rela-  
entre ppm de  $PO_4-P$  en los tejidos y cuatro categorías de su-  
encia de este elemento:

$PO_4-P$	Calificación
Más de 2,000	alto
1,000 a 2,000	adecuado
500 a 1,000	bajo
menos de 500	deficiente

Nielson et al. (11) encontraron que el contenido de fósforo  
heno de la alfalfa aumenta con la aplicación fosfatada, y  
an como nivel crítico de fósforo un 0.18%

Pretty y McCall (14) en la Universidad del Estado de Michi-  
usando materiales calizos sobre suelos en condiciones de in-  
dero, encontraron que la cal incrementa la toma de fósforo  
a alfalfa, debido principalmente al incremento del rendimien-  
o sea que el contenido de este elemento en la alfalfa no se  
a apreciablemente por la adición de cal al suelo.

Sallee et al. (18) reportaron que el contenido medio de fós-  
en la alfalfa aumentó de 0.15% en el testigo a 0.18% en  
las que recibieron 80 libras de  $P_2O_5$  por acre, y de 0.15% a  
a las que se aplicó 320 libras por acre. En estudio de  
nadero encontraron que la zona de transición correspondía  
ppm de  $PO_4-P$  y en condiciones de campo se localizaba en --

ppm de  $\text{PO}_4\text{-P}$  en tejidos muestreados cuando la alfalfa tenía por ciento de flores.

Efecto del Fósforo en el Contenido de  
Nitrógeno en el Tejido

Truesdall (19) y Niedig et al. (11) reportaron que la fertiación de la alfalfa con  $\text{P}_2\text{O}_5$  produjo un incremento en el con-ido de nitrógeno total. Bear y Wallace (4) encontraron que heno de alfalfa desarrollada en un suelo en condiciones óptide fertilidad debe tener 3% de nitrógeno total:

## MATERIALES Y METODOS

### Localización y Clima

El trabajo se condujo en el Lote San Ignacio del Campo Agrícola Experimental "El Horno", de la Oficina de Estudios Especiales, adyacente a la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingco. Las condiciones climáticas y edáficas en el Campo citadas son representativas de una extensa zona productora de alfalfa que rodea a la Capital. Sus coordenadas geográficas son: 98° 53' longitud Oeste y 19° 31' latitud Norte. Su altitud sobre el nivel del mar es de 2,249 metros.

El clima es templado, sin estación invernal definida, semihúmedo, con invierno seco (7). La temperatura media es de 16.1° C con máxima de 34.0° C y mínima de -6.0° C. Estos datos representan el promedio de veinte años. Durante el invierno son comunes las heladas de corta duración. La precipitación anual es alrededor de 770 mm.

### Suelo

1. Muestreo. Dado que al iniciar el trabajo no se planeó en la tesis no se muestreo el suelo antes de sembrar sino hasta el tercer año de establecido el cultivo, con el fin de conocer el nivel natural de fertilidad del suelo mediante el análisis químico efectuado en el Laboratorio. El muestreo se hizo en varios puntos comprendidos en las calles que separaban al experimento, tomando muestras de la capa arable, 0-15 cm, y del subsuelo 15-30 cm. Para observar si sufrió alguna modificación en la fertilidad se volvió a muestrear a las mismas profundidades en las parcelas que recibieron los niveles de 0, 80, 160 y 320 kg/ha de fósforo después del último corte utilizado para este trabajo.

En el primer muestreo se empleó una pala recta de boca ancha tomando de la capa arable 40 kg y del subsuelo 2, colocándolos separadamente en bolsas de manta debidamente etiquetadas. En el segundo muestreo se usaron barrenas tipo Veihmeyer y la cantidad tomada fué la que se obtuvo de cinco puntos por parcela par

dos profundidades. Los análisis de las muestras de suelo se hicieron en el laboratorio del mismo Campo.

Algunas Características Físicas y Químicas del Suelo

El suelo es arcilloso y ligeramente alcalino (pH de 7.3); - contenido de materia orgánica es de 1.72; bajo en fósforo y - en potasio y calcio.

Estando las muestras en el laboratorio se dejaron secar al pasándolas posteriormente por un tamiz de malla número 10 y procedió al análisis. Los resultados se presentan en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Análisis químico de las muestras de suelo.  
1959

Muestra	pH	N total	Mat. org.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Calcio	Aplicación	
							%	%
Primer muestreo								
5	7.3	0.11	1.72	4.24	450	4950		
0	7.4	0.09	1.38	2.65	460	5250		
Segundo muestreo en parcelas de alfalfa después de 3 años								
5	7.2	0.15	2.14	4.44	375	4800	0	kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
0	7.4	0.12	1.38	3.18	420	4950	"	" "
5	7.2	0.16	2.07	5.30	385	5675	80	" "
0	7.4	0.10	1.38	4.44	370	5775	"	" "
5	7.2	0.15	2.07	6.10	345	5100	160	" "
0	7.3	0.11	1.38	3.71	400	4800	"	" "
5	7.2	0.15	2.07	6.89	320	5313	320	" "
0	7.5	0.11	1.38	5.30	360	5800	"	" "

Los resultados de análisis del primero y segundo muestreo - suelo indican que el contenido de nitrógeno total aumentó de a 0.15 por ciento o sea un 0.04 por ciento más que el contenido del suelo antes del cultivo. No se registró aumento de fósforo en las parcelas después de tres años de establecido el cultivo; en cambio, hubo ligero ascenso en el contenido de fósforo

Cuadro 2. Análisis mecánico y textura de las muestras del suelo del experimento

Profundidad	Arena	Limo	Arcilla	Clasificación
cm	%	%	%	
Primer muestreo				
0-15	22.00	42.90	35.10	Arcilla
15-30	17.00	50.90	32.10	"
Segundo muestreo en parcelas de alfalfa después de 3 años				
0-15	20.10	44.20	35.70	Arcilla
15-30	19.00	48.20	32.80	"
0-15	19.00	48.20	32.80	"
15-30	16.00	58.20	25.80	"
0-15	20.10	48.20	31.70	"
15-30	18.00	54.20	27.80	"
0-15	20.10	43.20	36.70	"
15-30	19.00	48.20	32.80	"

a medida que aumentaba el nivel de  $P_2O_5$  aplicado.

Blair y Prince (5) analizando varias muestras de suelo e contraron que el contenido de fósforo se incrementaba ligeramente con el aumento de aplicación previa de  $P_2O_5$  en alfalfa.

El contenido de materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black, modificación de Walkley (22). El nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl y el fósforo potasio y calcio aprovechables se midieron según el método de Peech y English (16). La reacción se midió con potenciómetro usando electrodos de vidrio. Se determinó la textura usando método de Bouyoucos (2).

#### Diseño Experimental

Tamaño de las parcelas. Se usó un suelo representativo del Campo Experimental, procurando que fuera lo más uniforme posible, pensando en que el muestreo debería hacerse con una máquina segadora especial; entonces la parcela debería ser justamente de un tamaño limitado, de manera de poder evitar el err

experimental, y se optó por uno de 8 m x 3 m empleando un diseño de bloques al azar.

Tratamientos. En este experimento se pretendió:

- a. Determinar el efecto de 5 niveles de fertilización fosfórica en el rendimiento de alfalfa (seca).
- b. Determinar el efecto de la época de aplicación del fósforo - sobre el rendimiento de la alfalfa
- c. Determinar el efecto del estiércol de establo sobre el cultivo de alfalfa, comparado con la fertilización fosfórica.

De acuerdo con lo anterior se usaron los ocho tratamientos - siguientes:

1. 0 kg/ha de fósforo ( $P_2O_5$ )
2. 40 " " " "
3. 80 " " " "
4. 160 " " " "
5. 320 " " " "
6. 120 " " de  $P_2O_5$ : 40 kg/ha al principio del experimento, 40 kg/ha un año después y 40 kg/ha exactamente a los dos años
7. 10 ton/ha de estiércol
8. 40 ton/ha de estiércol.

El experimento contó con un testigo que sirvió para comparar la efectividad de los demás tratamientos.

La aplicación del fósforo se hizo poco antes de la siembra en los tratamientos 2, 3, 4 y 5. En el tratamiento 6 se aportaron únicamente 40 kg/ha en el momento mencionado para los otros tratamientos, 40 kg/ha al completar el cultivo un año y 40 kg/ha cuando el cultivo tuvo dos años de establecido.

La aplicación del estiércol en los tratamientos restantes se hizo incorporando el material poco antes de la siembra.

Se usó superfosfato de calcio como fuente de fósforo, con - 18.5 por ciento de  $P_2O_5$ .

El superfosfato de calcio y el estiércol se aplicaron al - voleo, distribuyéndolos a mano.

### Variedad.

La variedad de alfalfa usada fué Valenciana, originaria de Valencia, España. La semilla se obtuvo de una casa comercial local y corresponde al grupo de alfalfas comunes. Es planta de -- fotoperíodo corto.

Esta variedad tiene mucha semejanza con la variedad Apaseo, en lo que respecta a su crecimiento, pero su color verde es ligeramente más pálido y las hojas un poco más grandes. No es muy comercial y sólo se le ha cultivado en algunas partes de México. Buller et al. (3) señalan las siguientes características agronómicas: Recuperación intermedia después del corte, hábito semi-latente en invierno, resistencia media a las heladas, del peso seco total el 40 por ciento corresponde al peso de las hojas; el grado de infección por la peca, Pseudopeziza medicaginis, y por mildiú vellosa, Peronospora trifoliorum, fué menor que en las de más variedades, o sea que es la más resistente a tales enfermedades.

### Siembra

Preparación del terreno. El lote donde se estableció el experimento recibió un barbecho perfecto con equipo reversible de dos discos de 61 cm de diámetro, de tracción mecánica, alcanzando una profundidad de 20 cm. Se dieron dos pasos de rastra pesada, de tracción mecánica, y un paso de plancha para nivelar.

Método y densidad. Una vez preparado el terreno se procedió a trazar las parcelas lo que se llevó a cabo con una cinta metálica, hilos de ixtle, un marro de acero y estacas de madera. La aplicación del superfosfato de calcio y del estiércol se hicieron por parcelas delimitadas por hilos, incorporando el estiércol -- con un paso de rastra ligera.

La semilla se distribuyó uniformemente (17 de diciembre, de 1956) a razón de 25 kg/ha de semilla viable, en todo el lote, estabilizándola a una profundidad correcta mediante el paso de un tipo especial de rastra (cultipacker) formada de rodillos corrugados. Esta siembra se hizo en seco dando inmediatamente a con-

tinuación un riego por aspersión, que duró el tiempo suficiente como para suministrar la humedad necesaria para la germinación de la semilla. Una vez establecida la alfalfa se proporcionaron los riegos necesarios, trazando de antemano las regaderas con una zanjeadora de tracción mecánica.

#### Observaciones de Campo

Prácticas de riego. La eficiencia en el uso de los elementos nutritivos depende en gran parte de los métodos de aplicación del agua y de las cantidades adecuadas para los distintos tipos de cultivo, en todas aquellas zonas donde no se cuenta con humedad natural suficiente. Los riegos dados se determinaron mediante las siguientes bases:

- a. Aprovechando experiencias de años anteriores en los cultivos de trigo y alfalfa.
- b. Mediante observaciones de síntomas de marchitamiento en la planta.
- c. Por la apariencia de las condiciones de humedad del suelo.

En el cuadro 3 se indica el número de riegos dados e intervalos entre los mismos.

Cuadro 3. Número de riegos dados por año e intervalos en días

Riego #	1956	1957	1958	1959	Fechas del riego # 1
1	0*	29	39	17	1956 Dic. 18
2		14	15	11	1957 Ene. 18
3		16	20	17	1958 Feb. 4
4		27	17	17	1959 Ene. 9
5		14	13	14	
6		11	15	19	
7		11	15	45	
8		18	34	101	
9		25	173	34	
10		26	17*	53	
11		40	4*	25*	
12		24		3*	
13		20			
14		31			
15		69*			
16		9*			

\* riego por aspersión

Nota. Para saber la fecha de cualquier riego únicamente se debe tener en cuenta la fecha del primer riego del año que se desee. Por ej., se desea conocer la fecha del 4º riego de 1958; el primero en este año se dió el 4 de febrero o sea a los 35 días del año; entonces se tiene que agragándole los intervalos de días del 2º, 3º y 4º riegos da un total de 87 días transcurridos del año ( $35 + 15 + 20 + 17 = 87$ ), o sea que corresponde a marzo 27.

En el cuadro 4 se encuentran marcados riegos por aspersion en los años segundo, tercero y cuarto, dado que había facilidad para hacerlo así, pues había necesidad de usar este sistema en cultivos adyacentes.

Todos los riegos por inundación se dieron en el sentido de la longitud máxima de las parcelas, tomando el agua de un canal localizado a 3 m de la cabecera, para lo cual se usaron 6 sifones para amelgas de 12 m x 32 m y cuando se habían regado dos terceras partes de dicha longitud se disminuía el número de sifones para que el riego fuera más lento.

Al terminar el riego se registró exceso de agua en la parte final de la parcela, la que se drenó cuando se creyó pertinente. El número de riegos y sus intervalos estuvieron limitados a la precipitación pluvial, procurando que el cultivo no sufriera sequía.

Combate del pulgón manchado, Therioaphis (Pterocallidium) - maculata Buckton. En la primavera de los tres años se observó infestación de pulgones, plaga recientemente reportada. Durante ese tiempo se procuró combatir al insecto por medio de insecticidas, siendo suficiente una sola aplicación por año. El 8 de abril de 1957 se espolvoreó la alfalfa con BHC al 3%; el 31 de marzo de 1958 se hizo aspersion con paratión, usando 250 gramos de producto 100 por ciento activo disueltos en 400 litros de agua, por hectárea. En 1959 la infestación fué más temprana lo que hizo necesaria una aspersion con paratión el día 5 de febrero, en la misma proporción que la usada en 1958

Efecto de heladas. En los meses de invierno son frecuentes en la región las heladas de corta duración, afectando únicamente a la parte aérea de la alfalfa. En estos meses su desarrollo es limitado y por lo tanto disminuyen los rendimientos. La recuperación, después de los cortes, es lenta, y aumenta el intervalo de días entre los cortes al aumentar la intensidad del frío y el número de días.

#### Población.

Matas. En el momento del muestreo de la alfalfa se tuvo la precaución de ir cortando mata por mata, a fin de facilitar la determinación del número de éstas por metro cuadrado. El conteo se hizo en 2 metros cuadrados por cada parcela en las cuatro repeticiones, en las siguientes fechas de 1959: enero 29, julio 13, agosto 17, septiembre 22, octubre 28 y diciembre 8. En cada corte se promedió por tratamientos el número de matas registradas, en tal forma que fué posible agruparlas por cortes y analizarlos como bloques al azar, siguiendo el método de Cox y Cochran (6).

Tallos. Una vez determinado el número de matas se procedió a contar el número de tallos, también en 2 metros cuadrados por parcela y en las cuatro repeticiones; es decir, se contaba el número de tallos de 8 metros cuadrados por tratamiento, y haciendo el promedio se obtenía el número correspondiente a 1 metro cuadrado. Esto se repitió en los seis últimos muestreos de 1959, y se agruparon en la misma forma que en el caso de las matas.

#### Cortes.

El muestreo se hizo en 4 metros cuadrados cuando los nuevos brotes alcanzaban una longitud de 1.2 a 2.5 cm. Con el propósito de determinar con precisión el rendimiento de materia seca por tratamiento se siguió una secuela tal que representara las condiciones del campo.

El muestreo consistió en el uso de cuadros metálicos de 1 m x 1 m. El corte se hizo con hoz y se distribuyeron los cua

dros en pareclas de 8 x 3 m distribuidos en la mayor longitud - de éstos. Una vez terminada esta operación en todas las parcelas se procedió a tomar el peso verde de los 4 m<sup>2</sup> por parcela y a la vez una muestra de 2.5 a 3.0 kg también de cada parcela se guardó en un costal de ixtle, sujetando la muestra a desecación artificial en aire caliente. Al tener seguridad de que el material estaba bien seco se pesó y finalmente se calculó el rendimiento de materia seca que se analizó estadísticamente.

Esta práctica se condujo en cada uno de los cortes y a continuación se dan las fechas de éstos comprendidos en los tres años.

1957	1958	1959
Jun. 4	Ene. 31	Ene. 14
Jul. 19	Mar. 22	Feb. 19
Sep. 9	Abr. 29	Mar. 23
Oct. 25	Jun. 3	Abr. 29
Dic. 9	Jul. 7	Jun. 6
	Ago. 6	Jul. 13
	Sep. 15	Ago. 17
	Oct. 22	Sep. 22
	Nov. 27	Oct. 28
		Dic. 8

El rendimiento del primer corte no se tomó en consideración al reportar este trabajo ya que consistía en una mezcla de alfalfa y malas hierbas. Además, a causa de la mala población de alfalfa en una repetición en el primer año de cosecha, se descartaron los datos ya que no se consideraron dignos de confianza.

#### Análisis de Nitrógeno y Fósforo en la Alfalfa

Además de determinar el efecto de los niveles y métodos de aplicación del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en el rendimiento, se pensó en investigar la influencia de los diferentes niveles de este elemento en el contenido de fósforo y nitrógeno en el tejido de la planta para lo cual se tomó la muestra de la manera siguiente (18):

Antes de muestrear para determinar el rendimiento, se cortaron 35 tallos de alfalfa en cada parcela, al azar, no aproximándose demasiado al límite de ésta para evitar el posible efecto de bordo. Una vez colectados los tallos se les despojó de las hojas, sin maltratarlos, y se tomó el tercio medio de cada uno, guardándolos en bolsas de papel, con su correspondiente referencia. Los tallos dentro de estas bolsas se dejaron secar bien al aire, y antes de molerlos se sometieron a secamiento durante 8 horas en un horno eléctrico graduado a 68° C. Para la molienda se usó un molino eléctrico con una mala del número 40. Posteriormente se remitieron al laboratorio para analizar el contenido de fósforo extraído con ácido acético al 2%. Se empleó el método de Johnson y Ulrich (8).

Una vez determinado el peso seco de las muestras de los cortes de agosto 17, septiembre 22 y octubre 28 de 1959, se separaron las de los tratamientos 0, 80 y 320 kg de fósforo, para molerlas, y en seguida se llevaron al laboratorio para analizar el contenido de nitrógeno.

Adyacente a este experimento existía otro, denominado "rotación de cultivos", al cual corresponden algunos tratamientos de alfalfa de diferentes edades. A esta alfalfa se le dieron los mismos cortes en las tres fechas arriba indicadas, y se le sometió a los mismos pasos que los del experimento en estudio para determinar también el contenido de nitrógeno.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos obtenidos por cortes se analizaron estadísticamente, encontrándose que en 1957 no hubo diferencia entre tratamientos. En 1958 se encontró diferencia significativa entre tratamientos en los cortes de marzo 22, abril 29, junio 3 y noviembre 27. En 1959 hubo diferencia significativa para tratamientos en todos los cortes, excepto el del 29 de abril.

Además de los análisis por cortes se agruparon en tal forma que fué posible analizar todos los rendimientos por año para determinar si había o no interacción de cortes por tratamientos, lo que se encontró únicamente en 1958. En el Apéndice se encuentra un ejemplo de agrupación de datos y análisis.

En el cuadro 4 se muestran los rendimientos medios por hectárea y por cortes en los años en estudio.

Cuadro 4. Rendimiento medio en los años de 1957 a 1959

Tratamiento	1957	1958	1959
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.65	2.56	2.25
40 " "	2.59	2.91	2.68
80 " "	2.88	3.09	2.65
160 " "	3.03	3.25	3.25
320 " "	2.86	3.18	3.48
120 " " (40 anuales)	2.78	2.97	2.97
10 ton/ha estiércol	2.60	2.82	2.52
40 ton/ha estiércol	2.59	3.07	3.42
DMS al 5%	----	0.08	0.11
DMS al 1%	----	0.11	0.15

Estos datos indican que en 1958 todas las aplicaciones de pentóxido de fósforo y de estiércol incrementaron estadísticamente los rendimientos, correspondiendo el superior a la aplicación de 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que superó en 0.69 ton/ha de materia seca al testigo; siguiendo en importancia el de 320 kg/ha, con

0.62 ton. ligeramente inferior al anterior. En 1959, al igual que en 1958, los tratamientos con  $P_2O_5$  y estiércol superaron no tablemente al testigo, siendo los más beneficiosos los de 320 kg/ha de  $P_2O_5$ , que produjo un incremento de 1.23 ton/ha de mate ria seca, y el de 40 ton/ha de estiércol, con un incremento de 1.17 ton/ha.

Con el objeto de que en este trabajo se pueda reportar el resultado obtenido en forma bien definida, se optó por resumir los rendimientos de los tres años, o sea los correspondientes a 23 cortes, lo que a continuación se presenta y se discute.

#### Efecto del Fósforo en el Rendimiento de Alfalfa (Peso Seco)

En la Fig. 1 se muestra gráficamente la respuesta de la al falfa en tres años a la fertilización fosfórica. La curva pare ce ser de tipo logarítmico y en ella se puede notar que la pen diente a bajos niveles de fósforo es muy pronunciada, comparado con los más altos, lo que indica que los incrementos en rendi miento por kilogramo de fósforo aplicado es mayor para pequeñas aplicaciones que para las mayores.

Con aplicaciones de 80 kg/ha de fósforo se tuvo una produc ción de 120 kg de materia seca por kilogramo de fósforo aplica- do. Con un segundo aumento de 80 kg de fósforo se produjeron - 53 kg de materia seca por kilogramo de fósforo aplicado. Inter polando encontramos que con un tercer aumento de 80 kg de fósfo- ro se tuvo una producción de 13 kg de materia seca por kilogramo de fósforo aplicado. Finalmente, se observa que con un cuarto - aumento de 80 kg/ha de fósforo se logró una producción de 5 kg - por kilogramo de fósforo aportado.

La curva también puede interpretarse diciendo que con los - niveles de 80, 160, 240 y 320 kg/ha de fósforo se lograron incre- mentos de 9.6, 13.8, 14.8 y 15.2 ton/ha, respectivamente, de ma- teria seca con respecto al testigo.

La Fig. 2 muestra una comparación de rendimiento de alfalfa cosechada en parcelas de 4 m<sup>2</sup> fertilizadas con con 0 y 160 kg/ha

de fósforo.

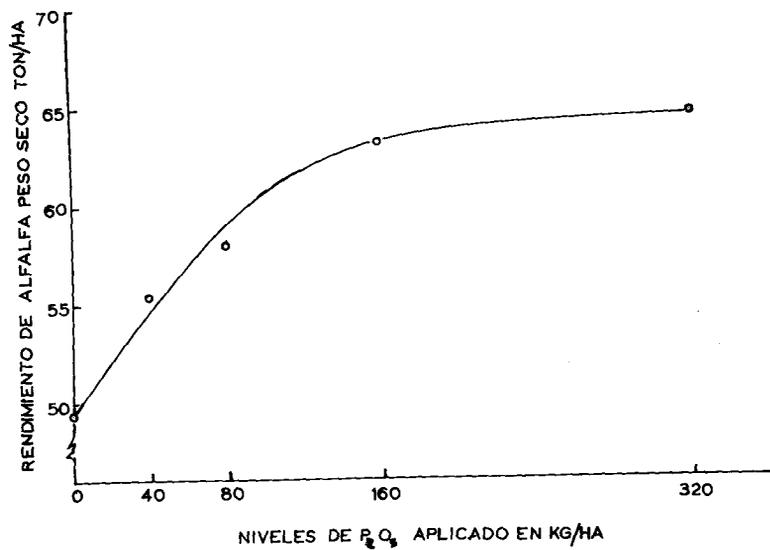


Fig. 1. Relación funcional entre el rendimiento total de alfalfa en tres años de producción y las cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas.



Fig. 2. Comparación de la cosecha de alfalfa en 4 m<sup>2</sup> con aplicaciones de 0 y 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Relación entre el Efecto del Fósforo y el  
Período de Crecimiento

Para estudiar el efecto del fósforo en el rendimiento de la alfalfa en diferentes partes de su ciclo, se tomaron en consideración los rendimientos de los 23 cortes efectuados desde julio 19 de 1957 a diciembre 8 de 1959. El rendimiento por corte se dividió entre el número de días transcurridos entre los cortes para conocer el rendimiento diario.

La Fig. 3 se construyó colocando los rendimientos diarios en el eje de las ordenadas y el período de crecimiento en el eje de las abscisas, iniciándose cada intervalo trimestral de la abscisa el día primero de los meses señalados.

Para un nivel dado de fertilidad la máxima producción se manifiesta durante los siete meses comprendidos de marzo a septiembre, sufriendo una variación cuya intensidad depende de las condiciones ambientales, siendo mayor el rendimiento en el segundo año de establecida la alfalfa.

En 1957 no fué definida la respuesta de 320 kg/ha de  $P_2O_5$ ; en cambio, en los siguientes dos años la respuesta fué muy notable.

Durante los siete meses mencionados se obtuvieron dos producciones máximas con ambos niveles. En 1958 la primera, en mayo, fué de 114 kg diarios de materia seca para el tratamiento de 320 kg/ha de fósforo, siendo el rendimiento del testigo 32% menos. La segunda producción máxima se registró en agosto, siendo también ésta de 114 kg de materia seca para el tratamiento de 320 kg/ha de fósforo; el testigo fué 26% menos.

En 1959 la primera producción máxima ocurrió en el mes de marzo siendo de 89 kg de materia seca para el tratamiento que llevó fósforo, y de 55 kg para el testigo o sea 38% menos. La segunda corresponde al mes de agosto con una producción de 79 kg de materia seca por día con el nivel de 320 kg/ha de fósforo, y de 52 kg el testigo, lo que equivale a 34% menos.

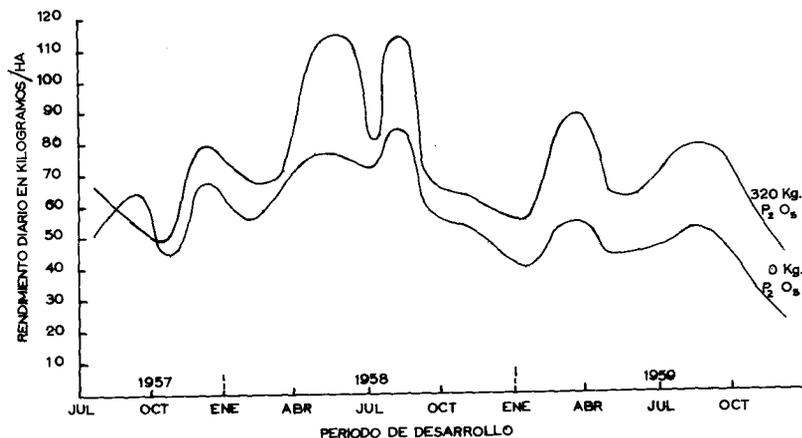


Fig. 3. Relación entre la producción diaria de alfalfa fertilizada con 0 y 320 kg/ha de  $P_2O_5$  durante dos años y medio de desarrollo.

La primera producción máxima de los dos niveles de fósforo en 1958 y 1959 probablemente se deban a condiciones de alta temperatura y a la ausencia de enfermedades (mildíu y peronospora). Luego sigue una notable zona de disminución de rendimientos que se localiza entre los dos rendimientos máximos mencionados, lo que pudo ser provocado por (a) la presencia de enfermedades, ya que en esa época las condiciones de humedad son favorables para el desarrollo de éstas, y (b) la intensidad de la luz, limitada por los días nublados. La segunda máxima producción quizá se deba a: (a) menor infección de enfermedades, pues en esta época disminuye la humedad atmosférica por las escasas lluvias; (b) como casi ya no llueve no se registran muchos días nublados y por lo tanto aumentan las horas-luz.

El efecto del pentóxido de fósforo fué menor en los meses de invierno, en los años de observación. Aunque los rendimientos logrados en 1959 son menores que los de 1958, corresponden éstos a la influencia de un efecto mayor. De acuerdo con esto, el mayor efecto del pentóxido de fósforo ocurre cuando la temperatura, luz, humedad, etc., son adecuados.

Comparación del Efecto del Fósforo y Estiércol  
en el Rendimiento de Alfalfa en Tres Años.

En la Fig. 4 se comparan los rendimientos obtenidos con el empleo de 10 y 40 ton/ha de estiércol con los niveles de 0, 40, 80, 160 y 320 kg/ha de fósforo.

El rendimiento con la aplicación de 10 ton/ha de estiércol superó al testigo en 4.13 toneladas de materia seca, que equivale a un 8.4%, y la aplicación de 40 kg/ha de fósforo superó al testigo en 5.93 toneladas, que representan un 12%. El rendimiento logrado con 40 ton/ha de estiércol fué mayor en 4.82 ton/ha de materia seca al obtenido con la aplicación de 80 kg/ha de -- fósforo; estas 4.82 ton/ha de rendimiento representan un incremento en el rendimiento de 8.3% con respecto a la producción con 80 kg/ha de fósforo; y finalmente puede decirse que con una aplicación de 160 kg/ha de fósforo se tuvo 0.57 ton/ha de materia - seca más que con la de 40 ton/ha de estiércol.

El efecto del estiércol en los rendimientos de alfalfa, expresado en términos de kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea, puede - determinarse únicamente usando la curva de la Fig. 1, que se consigue interpolando los rendimientos logrados con 10 y 40 ton/ha de estiércol, nos indica que el rendimiento que se obtuvo -- con 10 ton/ha de estiércol equivale al obtenido con la aplica-- ción de 32 kg/ha de fósforo, y que el rendimiento logrado con 40 ton/ha de estiércol equivale a la respuesta de 142 kg/ha de fósforo.

De acuerdo con lo anterior puede decirse que el estiércol tiene un gran valor nutriente en el cultivo de la alfalfa por -

su alto contenido de fósforo. Nielson et al. (11) dicen que el fósforo es el nutriente de valor principal contenido en el estiércol que es empleado por la alfalfa.

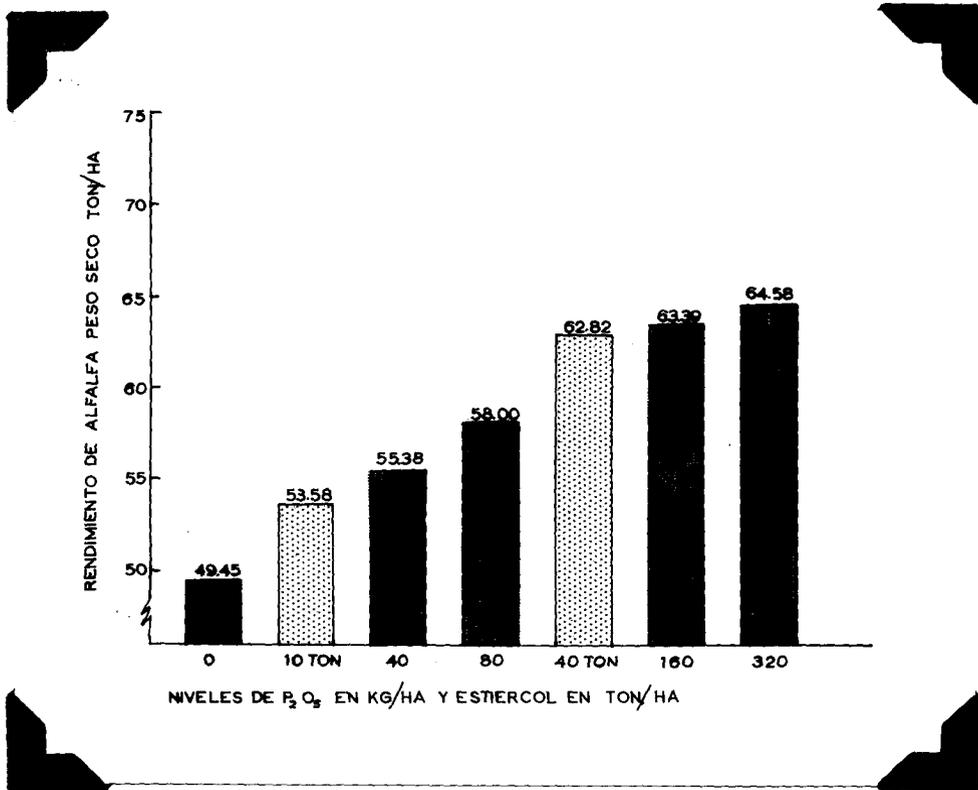


Fig. 4. Comparación de la producción de alfalfa en tres años, en parcelas fertilizadas con diferentes niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y estiércol

#### Efecto de la Epoca de Aplicación del Fósforo

En la Fig. 5 se muestra la comparación entre los rendimientos obtenidos con 80 y 160 kg/ha de fósforo aplicados en el momento de la siembra y 120 kg/ha distribuidos en la siguiente manera: Una tercera parte en el momento de la siembra, otra al año de establecido el cultivo y la última tercera parte a los dos años.

El tratamiento con 120 kg/ha de fósforo distribuidos en tres porciones, superó al tratamiento con 80 kg/ha de fósforo

en 0.89 ton/ha de alfalfa seca, mientras que el de 160 kg/ha de fósforo superó al de 80 kg/ha en 4.50 ton/ha de materia seca.

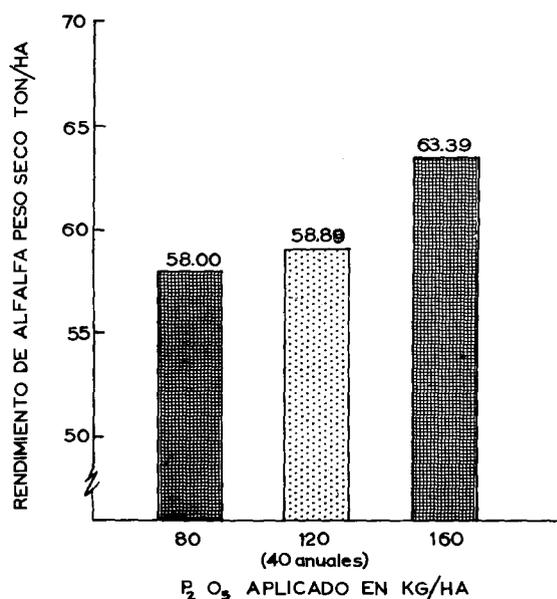


Fig. 5. Comparación de la producción total de alfalfa en tres años con la aplicación de 80 y 160 kg/ha de  $P_2O_5$  en la siembra, y de 120 kg/ha aplicados en tres porciones

Si se transporta a la Fig. 1 el rendimiento obtenido con 120 kg/ha de fósforo a que nos estamos refiriendo e interpolando, encontramos que dicho rendimiento corresponde al efecto de 82 kg/ha de fósforo, y si entramos con 120 kg/ha de fósforo sobre el eje de las abscisas, siguiendo la ordenada hasta localizar la curva, encontramos que el rendimiento es de 61.8 ton/ha.

Es decir, los incrementos en rendimiento con la aplicación de 120 kg/ha de fósforo, todo o en tres porciones, fueron de 12.35 y 9.45 ton/ha, respectivamente. Esto muestra que la eficiencia máxima del fósforo resultó de la aplicación de todo el elemento en la siembra.

La respuesta más reducida con la aplicación de 120 kg/ha de fósforo en tres porciones en vez de una sola aplicación total en la siembra, se debió probablemente que sólo un porcentaje del fósforo aportado fué aprovechado por el cultivo en el primer año, un porcentaje menor que el anterior en el segundo año y un porcentaje menor que en el segundo año se aprovechó en el tercero. Si esto fué lo que sucedió entonces a la porción aplicada en el segundo año le falta un año para completar su efectividad y a la del tercer año (o sea al completar el cultivo dos años) le faltó dos años.

El presente estudio difiere de otros anteriores y de otras partes. Nielson et al. (11) encontraron que la época de aplicación es relativamente sin importancia, aunque los beneficios de la aplicación al voleo en cultivos establecidos pueden demorarse algo por condiciones desfavorables de humedad. Waterpauch y Staten (10) encontraron que la aplicación de 180 libras/acre de  $P_2O_5$  en años alternos fué uno de los tratamientos de más utilidad.

#### Efecto de la Fertilización Fosfórica en el Mantenimiento de la Población

El número promedio de matas de los seis cortes se agruparon en la forma indicada en el cuadro 5.

De acuerdo con el análisis de variancia y la prueba de "t" se concluye lo siguiente:

(a) Los tratamientos con 120 kg/ha (40 por año) de fósforo y 10 ton/ha de estiércol reportaron un número de matas estadísticamente superior al testigo.

(b) Los tratamientos con 40 y 120 kg/ha (40 anuales) de -

do con lo anterior se ve que los niveles de 40 kg/ha de  $P_2O_5$  y de 10 ton/ha de estiércol fueron más que suficientes para mantener una población adecuada, y que los demás niveles ejercieron su efecto sobre el desarrollo de los tallos, lo que se comprueba con la diferencia en rendimientos ya discutidos.

Cuadro 6. Número de tallos por metro cuadrado de ocho tratamientos en cinco cortes

Tratamiento	Fecha de cortes					Promedio
	7-13	8-17	9-22	10-28	12-8	
0 kg/ha $P_2O_5$	499	441	390	390	337	411
40 " "	499	494	482	451	405	466
80 " "	557	460	461	445	388	462
160 " "	522	494	463	442	420	468
320 " "	528	482	464	448	460	476
120 (40 anuales)	560	488	468	475	458	489
10 ton/ha estiércol	523	458	475	424	428	462
40 ton/ha estiércol	533	501	476	411	454	475
Promedio	552	477	460	436	419	
DMS al 5%						26
DMS al 1%						35

#### Efecto del Fósforo en el Contenido de Nitrógeno en Alfalfa

Los porcentajes de nitrógeno contenidos en alfalfa de tres cortes efectuados en 1959 se muestran en el cuadro 7.

Los datos promedios indican que a medida que aumenta el nivel de fósforo disminuye ligeramente el contenido de nitrógeno en la alfalfa. Esto no puede explicarse ya que algunos investigadores han encontrado que la aplicación de  $P_2O_5$  ocasiona un incremento del contenido de nitrógeno. Usando los datos en cuestión se puede estar en condiciones para determinar la cantidad de nitrógeno total extraído por las cosechas según se muestra -

Cuadro 7. Porcentaje de nitrógeno contenido en alfalfa seca desarrollada en tres niveles de fertilización fosfórica

Tratamiento	Fechas			Promedio
	8-17	9-22	10-28	
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.66	3.69	3.67	3.67
80 " "	3.67	3.73	3.35	3.58
320 " "	3.78	3.68	3.45	3.64

en seguida (cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de nitrógeno contenido en los rendimientos de alfalfa de tres años y toneladas de nitrógeno extraídas por el cultivo

Tratamiento	Rendimiento	Contenido	Nitrógeno
	en tres años	de nitrógeno	extraído
	ton.	%	ton.
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	49.45	3.67	1.815
80 " "	58.00	3.58	2.076
320 " "	64.58	3.64	2.351

La cantidad extraída de nitrógeno por la cosecha dependió del rendimiento obtenido por cada tratamiento.

La gran cantidad de nitrógeno extraído por la cosecha y el aumento del mismo elemento en el suelo (Cuadro 1) después de tres años de establecida la alfalfa, es el resultado de la fijación del nitrógeno atmosférico por las bacterias. Al tomar los porcentajes medios de nitrógeno obtenidos en el tercer año para calcular el nitrógeno extraído durante los tres años, se consideraron los resultados obtenidos al analizar alfalfas de uno, dos y tres años de establecidas en el experimento de rotación de cultivos, cuyos resultados fueron los siguientes:

Tratamiento	8-17	9-22	10-28	Promedio
un año	3.70	3.73	3.76	3.73
dos años	3.60	3.67	3.80	3.69
tres años	3.67	3.73	3.81	3.73

Estas cifras demuestran que el contenido de nitrógeno en alfalfa de diferentes edades no varía.

Efecto de la Fertilización Fosfórica sobre el  
Contenido de Fósforo en el Tejido de la Planta

En el cuadro 9 se indica el contenido de fósforo en alfalfa del corte del 17 de agosto de 1959.

Cuadro 9. Contenido de fósforo expresado en ppm.

Tratamiento	Contenido de fósforo ppm.
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	852
40 " " .....	937
80 " " .....	838
160 " " .....	1008
320 " " .....	1397
120 (40 anuales) .....	969
10 ton/ha estiércol .....	757
40 ton/ha estiércol .....	1152

El contenido de fósforo aumentó de 852 ppm en el testigo a 1008 ppm con la aplicación de 160 kg/ha de fósforo, o sea un incremento de 156 ppm. Comparando también al testigo con el tratamiento que recibió 320 kg/ha de fósforo, se observa que dicho nivel superó al testigo en 545 ppm de fósforo. Esto demuestra que al aumentar la dosis de fósforo la planta toma mayor cantidad de este elemento.

Con la aplicación de 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados en tres porciones en diferentes épocas, el contenido de fósforo en el tejido de la planta correspondió aproximadamente en igual cantidad que si se hubiera aplicado todo en el momento de la siembra.

Con la aplicación de 40 ton/ha de estiércol el contenido de fósforo en el tejido correspondió a la aplicación de 200 kg/ha de pentóxido de fósforo en el momento de la siembra.

Lo anterior no debe tomarse como dato preciso ya que se -- trata solamente del análisis de un solo corte.

### Análisis Económico

Un somero estudio nos puede indicar si la producción adicional de alfalfa paga el costo del fósforo y el de su aplicación.

El costo de una tonelada de superfosfato de calcio al 18.5 por ciento de  $P_2O_5$ , puesta en el campo donde se llevó a cabo el estudio, fué de \$ 422.00, y el costo de su aplicación a mano -- fué de \$ 80.00, es decir, un total de \$ 502.00. Con este dato se encuentra que un kilogramo de pentóxido de fósforo cuesta -- \$ 2.72.

Una tonelada de alfalfa verde está valorada en \$ 69.11 (1) vendida en planta, y ésta tiene un 20% de materia seca (porcentaje determinado en cada uno de los cortes).

Considerando el costo de adquisición y el de aplicación de una dosis de 15 ton/ha de estiércol, el promedio por tonelada -- es de \$ 23.00. En el cuadro 9 se muestran los datos correspondientes.

Los tratamientos con con 160 y 320 kg/ha de  $P_2O_5$  y 40 ton/ha de estiércol son los más lucrativos, dando una utilidad total en tres años de \$ 4,382, \$ 4,358 y \$ 3,700 por hectárea, respectivamente, la cual es superior al costo del elemento y del es-- tiércol, o sea un promedio de \$ 1,461, \$ 1,463 y \$ 1,233 anuales. Los tratamientos de mayor utilidad por peso invertido en la compra del elemento fertilizante fueron los de 40, 80 y 160 kg/ha -- de  $P_2O_5$ .

La aplicación de fósforo que hubiera dado la máxima ganancia se puede determinar empleando los datos del cuadro 10 y se encuentra que 80 kg de materia seca tiene aproximadamente igual

Cuadro 10. Utilidades con el uso de fósforo en los años de 1957, 1958 y 1959.

Tratamiento	Rendimiento total en ton/ha	Incremento arriba del testigo	Valor del increm'to \$ 345.55/tonelada	Costo de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a \$2.72 el kg.	Costo del estiércol \$23.00 tonelada	Utilidad neta en el incremento	Utilidad por peso invertido
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	49.45	-----	-----	-----			
40 " "	55.38	5.93	\$ 2049.00	\$ 109.00		\$ 1940.0	\$ 17.80
80 " "	58.00	8.55	2954.00	218.00		2736.0	12.55
160 " "	63.39	13.94	4817.00	435.00		4382.0	10.07
320 " "	64.58	15.13	5228.00	870.00		4358.00	5.01
120 (40 anuales)	58.89	9.44	3262.00	326.00		2936.0	9.01
10 ton/ha de estiércol	53.58	4.13	1427.00		\$ 230.00	1197.0	5.20
40 ton/ha de estiércol	62.82	13.37	4620.00		920.00	3700.0	4.02

valor que 10 kilogramos de pentóxido de fósforo.

Con este dato, empleando la Fig. 1 se determinan los incrementos en los rendimientos para aumentos sucesivos de 10 kg/ha - de  $P_2O_5$ , empezando en 160 kg/ha de  $P_2O_5$ , según se muestra en seguida:

Aumentos sucesivos	Incrementos en rendimiento
160-70	300
170-180	250
180-190	200
190-200	140
200-210	100

Los incrementos por aumentos sucesivos de 10 kg/ha de  $P_2O_5$  son de 300, 250, 200, etc., kilogramos de materia seca.

El aumento máximo que da un incremento económico es el quinto que incrementó en 100 kilogramos de materia seca; es decir, la aplicación que dió la ganancia máxima fué la de 210 kg/ha de pentóxido de fósforo.

Lo anterior se demuestra trasladando los 210 kg/ha de  $P_2O_5$  a la Fig. 1, con lo que se obtiene un rendimiento de 64.00 toneladas de materia seca; de modo que substrayendo 49.45 toneladas correspondientes al testigo, se tiene una diferencia de 14.55 - toneladas.

Con los precios fijados para la alfalfa y fósforo en este análisis económico se tiene una utilidad de \$ 4,456.80, según se comprueba como sigue:

Alfalfa 14.55 ton. x \$ 345.55	=	\$ 5027.80
$P_2O_5$ 210 kg. x \$ 2.72		571.00
Utilidad neta	=	\$ 4456.80

## CONCLUSIONES

1. El efecto del fósforo en el rendimiento de alfalfa demostró que la cantidad más adecuada fué la de 210 kg/ha de  $P_2O_5$  pues incrementó el rendimiento en 14.55 ton/ha de materia seca en tres años con respecto al testigo.
2. Existe relación entre la magnitud de respuesta del pentóxido de fósforo y el período de desarrollo. La respuesta mayor ocurrió en la parte del año en que las condiciones fueron óptimas para el crecimiento de la alfalfa. También se notó que la respuesta fué menor en el primer año, mayor en el segundo y aún mejor en el tercero.
3. El tratamiento testigo fué superado en 4.13 y 5.93 toneladas de materia seca con las aplicaciones de 10 y 40 tons/ha de estiércol, respectivamente. La respuesta en rendimiento con 10 ton/ha de estiércol resultó equivalente a la de aplicar 32 kg/ha de  $P_2O_5$ , y la de 40 ton/ha a la de 142 kg/ha de  $P_2O_5$ .
4. La aplicación de todo el pentóxido de fósforo en el momento de la siembra fué más efectivo que la distribución del fertilizante en porciones en el período de tres años.
5. Se encontró que las parcelas con aplicaciones más fuertes de  $P_2O_5$  y de estiércol tenían menos matas al final del ciclo que las demás, pero el número de tallos por metro cuadrado fué estadísticamente mayor en las parcelas que recibieron  $P_2O_5$  y estiércol que en las testigos.
6. El contenido de fósforo en el tejido a los tres años con 0 kg/ha de  $P_2O_5$  fué superado en 156 y 545 ppm con las aplicaciones de 160 y 320 kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente.
7. El contenido de nitrógeno en el tejido no fué afectado con las aplicaciones de  $P_2O_5$ .
8. Después de tres años de establecida la alfalfa, el contenido de nitrógeno total en el suelo aumentó en 0.04%, no encontrándose efecto en su contenido entre los niveles de fósforo.
9. No hubo aumento de fósforo en el suelo después de tres años de establecida la alfalfa; en cambio hubo ligero ascenso al aumentar la dosis de aplicación de pentóxido de fósforo.

## RESUMEN

En la Estación Agrícola "El Horno", Chapingo, México, se inició en diciembre de 1956 un experimento para determinar el efecto del estiércol y el fósforo y la época de aplicación de este último en el rendimiento de la alfalfa y el contenido de ésta de fósforo y nitrógeno. Este reporte se refiere a los resultados obtenidos en los años de 1957, 1958 y 1959.

La mencionada Estación es representativa de la región del Valle de México en la cual se cultiva extensamente la alfalfa, sobre todo para el ganado lechero. El suelo usado es arcilloso y profundo, de origen lacustre, con pH ligeramente alcalino: su contenido de materia orgánica es de 1.72%.

Los niveles usados fueron 0, 40, 80, 160 y 320 kg/ha de  $P_2O_5$  y 120 kg/ha del mismo material distribuidos en tres porciones durante el ciclo de desarrollo de la alfalfa, y 10 y 40 ton/ha de estiércol. Los cortes se efectuaban cuando los brotes alcanzaban una longitud de 1.25 a 2.5 cm y en cada corte se calculaba el rendimiento, expresado en materia seca. Los resultados son los siguientes:

1. Todas las aplicaciones de fósforo y estiércol mostraron decidida ventaja en el rendimiento.
2. La edad del cultivo influyó en la magnitud del efecto del fósforo, aumentando al transcurrir el tiempo.
3. Con aplicaciones ligeras de pentóxido de fósforo se logró una utilidad mayor por peso invertido.
4. La aplicación de 40 ton/ha de estiércol produjo un rendimiento equivalente al de 142 kg/ha de  $P_2O_5$ .
5. No tuvo influencia la época de aplicación del  $P_2O_5$ .
6. Los niveles más altos de  $P_2O_5$  y de estiércol ocasionaron menor número de matas, y el número de tallos aumentó con todas las aplicaciones de estiércol y fósforo.
7. Con las aplicaciones de  $P_2O_5$  se observó aumento en el contenido de fósforo en el suelo.
8. Después de tres años de alfalfa el contenido de nitrógeno total en el suelo aumentó en 0.04 por ciento.
9. El contenido de fósforo en el tejido de la alfalfa se incrementó ligera pero progresivamente al ir aumentando los niveles de fósforo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1958. Boletín Mensual de la Dirección de Economía Rural, S. A. G., México. No. 390: 667.
2. Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. Jour. 43: 434-438.
3. Buller, R. E., Valdivieso G., R. y R. Garza T. 1958. Comportamiento de variedades seleccionadas de alfalfa. O. E. E. Folleto Técnico No. 32. S.A.G.
4. Bear, F. E., and A. Wallace. 1950. Alfalfa, its mineral requirements and chemical composition. New Jersey Agr. Exp. Sta. Bul. 748.
5. Blair, A. W., and A. L. Prince. 1939. Studies on the nitrogen, phosphorus and mineral requirements of alfalfa. New Jersey Agr. Exp. Sta. Soil Sci. 47: 459-466.
6. Cochran, G. W., and M. G. Cox. 1950. Experimental Designs. John Wiley & Sons Inc. New York.
7. Contreras Arias, A. 1942. Mapa de las Provincias Climatológicas de la República Mexicana. Inst. Geog. División de Geografía, Meteorología e Hidrología. S. A. F. México.
8. Johnson, C. M., and A. Ulrich. 1959. II. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agr. Exp. Sta. Bul. 766: 49052.
9. Martin, W. E., et al. 1955. Potassium deficiency of alfalfa in California. Better Crops with Plant Food No. 10, pag. 6.
10. Niedig, E. E., et al. 1923. Effect of sulfur, calcium and phosphorus on the yield and composition of alfalfa on six types of Idaho soils. Soil Sci. 16: 127-136.
11. Nielson, R. F., et al. 1955. Fertilizer requirements of alfalfa hay in Utah. Utah Agr. Exp. Sta. Bul. 374.
12. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. A. O. A. C. 8th edition. Washington, D. C.
13. Padilla, A. R. y W. R. Young. 1958. El pulgón manchado de la alfalfa en México. O. E. E. Folleto Técnico No. 25. S. A. G.

14. Pretty, K. M., and W. W. McCall. 1957. The effect of three liming materials on soil reaction and the yield and phosphorus uptake of alfalfa. Michigan Agr. Exp. Sta. Vol. 40-2: 318-326
15. Prince, A. L., et al. 1948. Phosphorus supplying powers of 20 New Jersey soils. New Jersey Agr. Exp. Sta. Soil Sci. 65: 297-308.
16. Peech, M., and L. English. 1944. Rapid microchemical soil tests. Soil Sci. 57: 167-195.
17. Ramirez Lozano, M. R. 1955. Estudio sobre el comportamiento forrajero de once variedades de alfalfa en el Valle de México. Tesis. Escuela S. de Agricultura "A. Narro", Saltillo, Coah.
18. Saltee, W. R., et al. 1959. High phosphorus for alfalfa. Calif. Agriculture Vol. 13-8.
19. Truesdell, H. W. 1917. The effect of phosphorus on alfalfa and alfalfa bacteria. Soil Sci. 3: 77-97.
20. Watenpauch, H. N., and G. Staten. 1936. Phosphate for alfalfa. New Mexico Agr. Exp. Sta. Bul. 239.
21. Westover, H. L., and E. G. Noble. 1926. Fertilizer experiments with alfalfa conducted at the United States, Yuma Field Station. Bord Calif. 1919-1925. Department Bul. No. 1418, U. S. D. A., Washington, D. C.
22. Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. -- Effect of variation in digestion conditions and of inorganic soils constituents. Soil Sci. 63: 251-264.

## APENDICE

Rendimientos de materia seca en 4 m2 en 1958

Trat.	Fechas de corte									Suma	
	1-31	3-22	4-29	6-3	7-7	8-6	9-15	10-22	11-27		
I	A	1.14	1.29	1.04	1.13	.98	.97	.92	.81	.62	8.90
	B	1.16	1.27	1.04	.49	.82	.92	.91	.71	.57	7.89
	C	.97	1.40	1.20	1.27	1.02	1.10	.93	.89	.79	9.57
	D	1.43	1.40	1.42	1.34	1.13	1.08	.95	.91	.80	10.46
	S	4.70	5.36	4.70	4.23	3.95	4.07	3.71	3.32	2.78	36.82
II	A	1.39	1.46	1.46	1.52	1.01	1.26	1.10	1.01	.87	11.08
	B	1.21	1.25	1.09	1.51	.85	1.00	.92	.73	.55	9.11
	C	1.30	1.28	1.59	1.68	1.13	1.33	1.06	1.04	.78	11.19
	D	1.31	1.38	1.66	1.37	.97	1.10	1.02	.96	.68	10.45
	S	5.21	5.37	5.80	6.08	3.96	4.69	4.10	3.74	2.88	41.83
III	A	1.29	1.41	1.35	1.39	1.18	1.09	.94	.85	.73	10.23
	B	1.56	1.58	1.52	1.62	1.13	1.04	1.15	.89	.69	11.18
	C	1.54	1.50	1.42	1.66	1.16	1.22	1.07	.99	.77	11.33
	D	1.51	1.52	1.60	1.74	1.06	1.36	1.13	1.05	.79	11.76
	S	5.90	6.01	5.89	6.41	4.53	4.71	4.29	3.78	2.98	44.50
IV	A	1.40	1.42	1.32	1.31	1.15	1.29	.92	.98	.69	10.48
	B	1.42	1.50	1.71	1.72	.85	1.20	1.46	1.11	.79	11.76
	C	1.13	1.62	1.62	1.73	1.22	1.38	1.21	.72	.98	11.61
	D	1.47	1.63	1.70	1.55	.99	1.05	1.08	.98	.83	11.28
	S	5.42	6.17	6.35	6.31	4.21	4.92	4.67	3.79	3.29	45.13
V	A	1.43	1.48	1.64	1.73	1.31	1.22	1.10	1.03	.90	11.84
	B	1.57	1.54	1.85	1.64	1.04	1.28	1.08	.82	.71	11.53
	C	1.37	1.45	1.62	1.55	.99	1.08	.97	1.02	.97	11.02
	D	1.44	1.40	1.58	1.48	1.06	1.44	1.20	.93	.90	11.43
	S	5.81	5.87	6.69	6.40	4.40	5.02	4.35	3.80	3.48	45.82
VI	A	1.19	1.48	1.33	1.44	1.06	1.18	.99	.87	.89	10.43
	B	1.57	1.54	1.43	1.44	1.16	1.03	.99	.86	.70	10.72
	C	1.42	1.45	1.54	1.52	1.33	1.25	1.13	.91	.79	11.34
	D	1.24	1.40	1.54	1.29	1.03	1.21	1.07	.87	.70	10.35
	S	5.42	5.87	5.84	5.69	4.58	4.67	4.18	3.51	3.08	42.84
VII	A	1.31	1.46	1.36	1.40	1.07	.98	1.00	.78	.76	10.12
	B	1.33	1.35	1.60	1.40	.83	1.16	1.08	.85	.67	10.27
	C	1.14	1.33	1.35	1.43	1.14	1.05	.69	.86	.69	9.68
	D	1.44	1.28	1.52	1.36	.99	1.17	1.14	.97	.74	10.61
	S	5.22	5.42	5.83	5.59	4.03	4.36	3.91	3.46	2.86	40.68
VIII	A	1.24	1.36	1.41	1.64	.95	1.16	1.16	.89	.84	10.65
	B	1.25	1.42	1.58	1.03	1.10	1.06	1.19	.83	.75	10.21
	C	1.72	1.62	1.87	1.60	1.07	1.18	1.29	.92	.93	12.20
	D	1.59	1.44	1.64	1.68	1.14	1.31	1.22	.94	.93	11.89
	S	5.80	5.84	6.50	5.95	4.26	4.71	4.86	3.58	3.45	44.95

		Cortes	
Repeticiones		1-31	43.48
A	83.73	3-22	45.91
B	82.67	4-29	47.60
C	87.94	6-3	46.66
D	88.23	7-7	33.92
		8-6	37.15
S	342.57	9-15	34.07
		10-22	28.98
		11-27	24.80
		S	342.57

Análisis de Variación							
Causas de variación	G.L	S.C	C.M	F	Tabla		
					5%	1%	
Repeticiones	3	0.34	0.1133	21.38	2.65	3.88	**
Cortes	8	17.13	2.2141	417.75	1.98	2.60	**
Fertilizantes	7	1.76	0.2514	47.43	2.05	2.73	**
Cortes x fert's	56	0.96	0.0171	3.23	1.42	1.62	**
Error	213	4.00	0.0053				
Total	287	24.19					

$$\text{Error standard} = \sqrt{\frac{2 S^2}{N}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.0053}{36}} = 0.017$$

Prueba de "t"

$$\begin{aligned} \text{DMS al 5\%} &= 1.97 \times 0.017 \times 2 \ 500 = 84 \text{ kg/ha} \\ \text{DMS al 1\%} &= 2.60 \times 0.017 \times 2 \ 500 = 110 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Tratamiento	Rendimiento promedio ton/ha
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.56
40 " "	2.91
80 " "	3.09
160 " "	3.25
320 " "	3.18
120 (40 anuales)	2.97
10 ton/ha estiércol	2.82
40 ton/ha estiércol	3.07
DMS al 5%	0.08
DMS al 1%	0.11

## Número de tallos por m2 en 1959

Tratamiento	Fecha de corte					Promedio
	7-13	8-17	9-22	10-28	12-8	
0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	499	441	390	390	337	411
40 " "	499	494	482	451	405	466
80 " "	557	460	461	445	388	462
160 " "	522	494	463	442	420	468
320 " "	528	482	464	448	460	476
120 (40 anuales)	560	488	468	475	458	489
10 ton/ha estiércol	523	458	475	425	428	462
40 ton/ha estiércol	533	501	476	411	454	475

$$\text{Factor de corrección} = \frac{(18554)^2}{40} = 8\ 606\ 273$$

$$\text{S.C. cortes} = \frac{(4221)^2 + \dots + (3350)^2}{8} - \text{fc} = 56\ 689$$

$$\text{S.C. tratam.} = \frac{(2057)^2 + \dots + (2375)^2}{5} - \text{fc} = 18\ 692$$

$$\text{S.C. totales} = (499)^2 + (441)^2 + \dots + (411) + (454)^2 - \text{fc} = 86\ 803$$

## Análisis de Variación

Causas de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Cortes	4	56 689	14 172	34.74 **
Tratamientos	7	18 692	2 670	6.54 **
Error	28	11 422	408	
Total	39	86 803		

$$\text{Error standard} = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 408}{5}} = 12.8$$

$$\text{DMS al } 5\% = 12.8 \times 2.02 = 26 \text{ tallos por m}^2$$

$$\text{DMS al } 1\% = 12.8 \times 2.70 = 35 \text{ tallos por m}^2$$