

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
ESCUELA DE AGRICULTURA



DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMO-ECONOMICA DE
FERTILIZACION EN ALFALFA EN LA COMARCA
LAGUNERA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR

ADOLFO CHAVEZ SANCHEZ

GUADALAJARA, JAL.

1972

Dedico este trabajo a:

Con Cariño a mi Esposa

Al Amor Adorable de mi Vida:

Mi Hija Araceli

Con Amor y Cariño a mi Madre

Ma. de los Angeles Sánchez de Chávez

Con Cariño a mi Padre

Ramón Chávez Magaña

A mis hermanos que siempre compartieron conmigo alegrías y
tristezas, y por su valiosa cooperación moral y económica:

Miguel

Sergio, Lupita y Sergio Jr

Rafael

Luis Antonio

Heriberto

Rosa Ma. del Carmen

Mario

A mis Abuelitos:

Felipe Chávez Trujillo y

Refugio Magaña (que en paz descanse)

A mi Tío Felipe Chávez M.

Por sus sabios y atinados consejos

A mis Apreciables Tíos:

Salvador, Amelia y Leonarda

Con todo el respeto que merecen

A mis Tías:

Ma. de Jesús y Josefina Sánchez

Con todo Cariño

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Julio Espinosa Hidalgo por su valiosa colaboración en la revisión de esta tesis.

A: Ing. Bonifacio Zarazua
Ing. Rigoberto Parga I.
Dr. Everardo Villarreal F.
Ing. Juan José Rojas Rangel

Por su cooperación y asesoramiento en el desarrollo de este trabajo.

A mi Escuela inolvidable, A mis Maestros y Compañeros con los que conviví largo tiempo.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron - para que fuera posible llevar hasta su fin este trabajo.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION- - - - -	1
II. ANTECEDENTES- - - - -	
A. Importancia- - - - -	3
B. Origen- - - - -	3
C. Botánica- - - - -	4
D. Requerimientos del Cultivo- - - - -	4
E. La Influencia de la Alfalfa en la Rotación de Cultivos- - - - -	5
F. Nutrición de la Alfalfa- - - - -	6
a. NITROGENO- - - - -	6
b. Síntomas de Deficiencia- - - - -	7
c. FOSFORO- - - - -	7
d. Pérdidas de Fósforo- - - - -	9
e. Síntomas de Deficiencia- - - - -	10
f. POTASIO- - - - -	11
g. Síntomas de Deficiencia- - - - -	12
h. Pérdidas de Potasio- - - - -	13
i. Fijación del Fósforo en suelos alcali- nos y calcáreos- - - - -	13
G. Estudios Realizados con Fósforo en Alfal- fa- - - - -	14
H. Estudios Realizados con Potasio en Alfalfa	18

I.	Estudios Realizados en la Comarca Lagune-	
	ra- - - - -	21
	a. Zona Central- - - - -	21
	b. Zona Poniente- - - - -	22
	c. Cuadro Matamoros- - - - -	22
III.	MATERIALES Y METODOS- - - - -	23
	CARACTERISTICAS DE LA REGION- - - - -	23
	a. Localización Geográfica- - - - -	23
	b. Demografía- - - - -	23
	c. Climatología- - - - -	24
	d. Temperatura- - - - -	24
	e. Precipitación Pluvial- - - - -	24
	f. Evaporación- - - - -	24
	g. Heladas- - - - -	24
	h. Humedad Relativa- - - - -	25
	i. Trabajos de Campo y de Gabinete- - - - -	25
IV.	DISCUSION DE RESULTADOS- - - - -	28
V.	CONCLUSIONES- - - - -	34
VI.	RESUMEN- - - - -	35
VII.	BIBLIOGRAFIA- - - - -	36
VIII.	APENDICE- - - - -	41

I. INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera, en los últimos años los cultivos forrajeros han adquirido una especial importancia debido al desarrollo logrado en la industria lechera. De los forrajes cultivados en la región la alfalfa es la que ocupa el primer lugar tanto en número de hectáreas sembradas (10,000) como en producción (800,000 ton de forraje verde) cuyo costo es de 64 millones de pesos (datos tomados del Departamento de Economía del CIANE). Por otra parte debido al sistema de alimentación acostumbrado en la región consistente en proporcionar al ganado considerables cantidades de alfalfa verde, este forraje adquiere primordial importancia para el mantenimiento y desarrollo de la cuenca lechera enclavada en la Laguna.

Sin embargo, el forraje disponible a nivel regional es insuficiente para cubrir las necesidades alimenticias del ganado existente (ganado lechero 70,000 cabezas; ganado de engorda 25,000 cabezas) ya que según datos del Departamento de Economía del CIANE la producción total obtenida en los diferentes forrajes sembrados solamente cubre el 70% de las necesidades actuales de la región.

Considerando que la fertilización es un factor básico para incrementar los rendimientos en el cultivo de alfalfa y sabiendo que el gasto por este concepto alcanza una cifra anual aproximada de seis millones de pesos, de la cual más del 80% -

corresponde a la inversión en fertilizantes fosfatados, se hace necesario realizar un uso y manejo más amplio y eficiente de éstos.

Todo lo anterior conduce a comprender el porque de la importancia y necesidad de profundizar en la investigación sobre el manejo agrícola de este cultivo con el propósito de aumentar su rendimiento y calidad con un mínimo costo por superficie.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la dosis óptimo-económica de fertilización fosfatada y potásica de la alfalfa en la Comarca Lagunera.

II. ANTECEDENTES

A. Importancia

La alfalfa es la reina de las plantas forrajeras (15), su extensión en ciertos ambientes está limitada por sus exigencias de clima y especialmente de suelo. Contiene el mayor contenido en proteínas y sales minerales en comparación con la mayoría de los demás forrajes, tiene gran velocidad de crecimiento, resistencia a la sequía y seguridad del rebrote estival; - cualidades éstas que aseguran una persistencia de la producción durante varios años aún en épocas de sequía. También mejora la fertilidad edáfica, favorable para el cultivo siguiente. Estos factores son los que hacen destacar a la Alfalfa como eje fundamental de las rotaciones agronómicas.

B. Origen

La alfalfa (género *Medicago*) es una planta esteparia procedente de las Comarcas de Asia Occidental y Persia. En esta zona existe la alfalfa de flor azul (*Medicago sativa*) que exige veranos cálidos, suelo muy calizo y una modalidad climática continental. Al norte de la región esteparia Euroasiática se encuentran otras alfalfas perennes; la más extendida e importante tiene flores amarillas y frutos falciformes (*Medicago falcata*) que logró extenderse por las riberas de los ríos de gran parte de Europa.

La colonización española introdujo la alfalfa al Perú y México extendiéndose luego por gran parte de América.

C. Botánica

La alfalfa pertenece al orden Leguminosae, familia Leguminosae y al género Medicago, Medicago sativa tiene raíz pivotante (dícese de una raíz central que se introduce perpendicularmente en el suelo) gruesa, apenas ramificada y muy profunda -- con una red de raicillas laterales muy limitadas. Por el contrario, Medicago falcata posee una raíz poco profunda, muy ramificada y fibrosa. En esta planta las raíces sirven para la conducción del agua y sales minerales, pero fundamentalmente son órganos de reserva que acumulan alimentos para permitir el rebrote vigoroso al terminar el invierno y después de los cortes ó siegas.

D. Requerimientos del Cultivo

La alfalfa requiere condiciones especiales por lo que respecta al clima y suelo. Dado su origen estepario, tiene marcada tendencia continental, con clima de verano largo y cálido, contrastes térmicos, lluvias espaciadas, mucha luminosidad y pocas nubes.

Es un cultivo que necesita abundante agua, la que puede obtener fácilmente de las capas profundas del suelo. Es apropiada para países secos o semisecos pero bien previstos de agua subterránea, de donde poder abastecerse.

Requiere suelos muy profundos, con temperaturas altas en verano, calizos, permeables, fértiles y bien aireados, sin necesidad de cultivos. Esta planta "se ahoga" en suelos demasiado compactos y excesivamente húmedos.

Las plantas leguminosas como la alfalfa son fijadoras del nitrógeno atmosférico, almacenándolo en los nódulos de sus raíces para luego cubrir sus necesidades del mismo.

E. La Influencia de la Alfalfa en la Rotación de Cultivos

Sobre este cultivo descansan las mejores rotaciones y es el eje elevador de la fertilidad del suelo; se explota dicha fertilidad residual por medio de cultivos exigentes que producen al máximo después de alfalfa. Los factores fundamentales de dicha influencia son:

- a. Almacenamiento de nitrógeno atmosférico
- b. Mejoramiento de la permeabilidad ^{del suelo} edáfica por acción vertical y horizontal de sus raíces.
- c. Rescate de fertilizantes perdidos en el subsuelo.
- d. Enriquecimiento del suelo y subsuelo en materia orgánica por descomposición lenta de sus raíces.

Debe tomarse en cuenta que la enorme masa de raíces al descomponerse da un humus muy rico en nitrógeno estable (no arrastrado por las aguas de filtración) por formar complejos arcillohúmicos o aglomerados estables física y químicamente.

Es un cultivo denso que sombrea intensamente el suelo, activa la vida de los microorganismos que pululan en él y disminuye la intensidad de ciertas plagas y enfermedades frecuentes en otros cultivos.

F. Nutrición de la Alfalfa

Son muy grandes sus exigencias en calcio, potasio y fósforo. La falta de P asimilable en el suelo limita grandemente la producción; influye tanto en la calidad como sobre la cantidad de forraje; una alfalfa rica en fósforo es más apetitosa e influye decisivamente en la calcificación de los huesos.

Klitsch también cita que con aplicaciones de 500 a 1000 - kg de superfosfato triple (230 a 460 kg de P_2O_5 /ha) y de 200 a 400 kg de cloruro de potasio (120 a 240 kg de K_2O /ha) se obtienen altos rendimientos.

a. Nitrógeno. Si las leguminosas (3) están bien abastecidas con cantidades adecuadas de nitrógeno, es principalmente - necesario que un número suficiente de bacterias noduladoras esten presentes para efectuar la fijación de nitrógeno. Hay va--rios grupos de bacterias formadoras de nódulos y cada especie inocula una leguminosa ó grupo de leguminosas. Por ejemplo las bacterias noduladoras con que se inocula la alfalfa no funcionan en la soya.

El mismo autor dice que se recomiendan aplicaciones de nitrógeno al momento de la siembra en suelos ligeros ya que las

plantas jóvenes pueden necesitar nitrógeno antes que las bacterias formadoras de nódulos comiencen a fijar este elemento.

b. Síntomas de Deficiencia. Los síntomas de las plantas deficientes en nitrógeno son: color verde más pálido que las - - otras plantas normales, presentando más tarde un color amarilllo.

c. Fósforo. Con excepción del nitrógeno (7), ningún - - otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo. Una carencia de este elemento es doblemente seria, puesto que evita que las plantas aprovechen otros nutrientes. Por ejemplo, antes del uso del fertilizante comercial, la mayor parte del nitrógeno disponible en el suelo depende indirectamente de la reserva del fósforo. Esto - se debe a la influencia vital de este último elemento sobre el crecimiento de las plantas leguminosas. Actualmente la necesidad del fósforo para la fijación simbiótica del nitrógeno por las leguminosas está universalmente reconocida. El fósforo con tribuye en las plantas en las siguientes funciones:

1. División celular y crecimiento, así como formación de albúminas.
2. Floración y fructificación, así como la formación de semilla.
3. Maduración de las cosechas; moderando así los efectos de aplicaciones excesivas de nitrógeno.

4. Desarrollo de las raíces particularmente de las raíces laterales y fibrosas.
5. Robustecimiento de la paja en los cultivos de cereales ayudando así a prevenir el acamado.
6. Aumento de la calidad de la cosecha sobre todo en forrajes y hortalizas.
7. Resistencia a ciertas enfermedades.

Es muy importante el hecho de que gran parte del fósforo presente en los suelos, normalmente no es aprovechable para las plantas. Además cuando las formas solubles de este elemento se aportan a los suelos como fertilizante, su fósforo se fija por lo común, o permanece inaprovechable incluso bajo las condiciones más ventajosas. La remoción del fósforo de los suelos por las cosechas, es baja comparada con la del nitrógeno y potasio, siendo por lo general solo de 1/3 ó 1/4 de éstos.

En suelos alcalinos la precipitación de los fosfatos es -- producida sobre todo por los compuestos cálcicos. Estos suelos se abastecen grandemente de calcio intercambiable y en muchos -- casos con CaCO_3 . Los fosfatos aprovechables reaccionan tanto -- con el ion Ca como con el carbonato.

Los fosfatos básicos de Fe y Al tienen una solubilidad mínima a un pH de 3 a 4 aproximadamente. A valores mayores de pH parte del fósforo es liberado y la capacidad de fijación queda algo reducida. No obstante, a pH de 6.5 gran cantidad de fósfo-

ro probablemente está combinada químicamente con Fe y Al. - -
Cuando el pH se acerca a 6 comienza la precipitación como com
puestos de Ca y a pH 6.5 la formación de sales insolubles de
calcio es ya un factor determinante en el aprovechamiento del
fósforo. Por encima de pH 7.0 se forman otros compuestos aún
más insolubles, como la apatita.

Estos hechos parecen indicar que el máximo aprovechamiento
de los fosfatos para las plantas se obtiene cuando el pH -
del suelo se mantiene entre 6.0 y 7.0, aún en este límite el -
aprovechamiento del fósforo es bastante bajo y los fosfatos -
solubles se fijan fuertemente en el suelo. La escasa cantidad
tomada por las plantas (alrededor del 10 al 30%) de fosfatos
añadidos en una estación determinada, se debe parcialmente a
esta fijación.

También hay que hacer constar que la materia orgánica y
los microorganismos afectan grandemente la utilización del --
fósforo inorgánico. La rápida descomposición de la materia or
gánica y en consecuencia la alta población de microorganismos
conduce a una retención temporal de fosfatos inorgánicos so--
bre el tejido microbiano.

d. Pérdidas de Fósforo. Norman dice que bajo condicio--
nes ordinarias de campo (23), el fósforo es uno de los elemento
s menos movibles en el suelo, el movimiento descendente de
éste en los suelos es excesivamente lento. El P_2O_5 aplicado -

permanece en la superficie de los suelos a pocas pulgadas del perfil a menos que sea incorporado mecánicamente a profundidades más bajas. Las formas orgánicas de fósforo pueden constituir tanto como el 65% del fósforo total disponible en suelos de textura pesada y tanto como 50% de este total puede ser retenido en la superficie de las arcillas en la capa arable de suelos de textura ligera. Así, el fósforo es muy susceptible a perderse con la erosión de las arcillas y de la materia orgánica.

Chandler (citado por Norman) concluyó que el 60% del superfosfato aplicado por un período de 26 años fue perdido por erosión en un terreno areno-margoso donde se cultivó algodón, maíz, avena y rotación de leguminosas. Las pérdidas por erosión del fósforo agregado a suelos encalados fue relacionado con la fuente de nitrógeno aplicada, aproximadamente el 75% del fósforo se perdió cuando el nitrógeno se aplicó como sulfato de amonio y 32% cuando se aplicó nitrato de amonio. Bajo una rotación maíz-algodón, se perdió un promedio de 63% del fósforo aplicado de varias fuentes.

e. Síntomas de Deficiencia. Las leguminosas son un grupo de plantas que tienen relativamente altos requerimientos de fósforo (3), pero nunca son tan altos como los de nitrógeno o potasio. En promedio el heno de leguminosas contiene 2.5% de nitrógeno, 2.0 de K_2O y 0.5% de P_2O_5 . Las semillas acumulan gran

des cantidades de fósforo.

Los síntomas de deficiencia del fósforo no están muy bien definidos, las plantas muestran un retardo en el crecimiento y las hojas presentan un color verde oscuro o azulado.

f. Potasio. Buckman y Brady 1966 (7) dicen que la mayor parte de los suelos minerales excepto los de naturaleza arenosa, tienen altas cifras de potasio total, encontrándose una -- cantidad total mayor que la de cualquier otro elemento nutritivo. Pero la cantidad de K existente en condición fácilmente -- asimilable, es casi siempre muy pequeña. La mayor porción de -- este elemento está sujeto rígidamente como parte de los minerales primarios ó está fijado en formas que son en el mejor de -- los casos, moderadamente asimilables por las plantas.

También la competencia de los microorganismos para este -- elemento, contribuye por lo menos temporalmente a su falta de aprovechamiento por las plantas superiores. Así pues, el pro-- blema de la utilización del potasio es paralelo al del fósforo y nitrógeno, al menos en este aspecto. Una gran proporción de estos tres elementos en el suelo es insoluble y relativamente no asimilable.

El potasio se pierde por lixiviación en gran cantidad; en casos extremos, la magnitud de esta pérdida puede llegar a ser casi igual a la de potasio absorbida por el cultivo.

Bajo condiciones ordinarias de campo y con una reserva nutritiva adecuada, la absorción de potasio por los vegetales es elevada, a menudo tres ó cuatro veces la del fósforo e igual a la del nitrógeno. Además, estos datos se intensifican por el hecho de que las plantas tienden a apoderarse del potasio soluble en cantidad superior a sus necesidades al haber grandes cantidades presentes de éste.

Esta tendencia se denomina "consumo de lujo" ya que el exceso de potasio absorbido al parecer no aumenta la cosecha en ningún caso.

Una cierta cantidad de este elemento es requerido para que el rendimiento sea óptimo y se le denomina "potasio requerido". Todo el potasio consumido por encima de este nivel crítico es considerado como de lujo, pues su remoción es totalmente inútil.

g. Síntomas de Deficiencia. Bear y Brown en 1949 (3) indican que las deficiencias de potasio en leguminosas tales como trébol y alfalfa son fácilmente reconocibles, manifestándose en un principio pequeños puntos y bordes en hojuela antigua. En muchas ocasiones los puntos blancos aparecen antes de que se presenten los bordes amarillos. La causa de estas deficiencias es una desintegración del tejido entre la epidermis superior e inferior y mientras más intensa es la deficiencia se extiende más el amarillamiento por toda la hoja, tornándose las

orillas cafés y luego necróticas pudiendo caerse las hojas inferiores de la planta tal como si el cultivo estuviera sufriendo por falta de humedad.

h. Pérdidas de Potasio. Poco es conocido (23) acerca de las pérdidas de potasio en campos recientemente fertilizados, pero tales pérdidas pueden ser significativas cuando ocurren - lluvias ligeras o durante el primer período de tormentas más - intensas.

Bedell (citado por Norman) reportó pérdidas anuales de -- 0.8 a 6.6 kg de potasio asimilable por hectárea, las pérdidas más altas ocurren con maíz donde las prácticas de conservación y manejo no fueron empleadas.

Knoblauch (citado por Norman) obtuvo pérdidas de K total hasta de 193 kg anuales en suelo migajón arenoso; las pérdidas se redujeron a 44 kg bajo un cultivo al que se le incorporó -- abono.

Gramíneas de tallo azulado redujeron las pérdidas de K a menos de 3 kg/ha

i. Fijación del Fósforo en suelos alcalinos y calcáreos. Hewall (citado por Norman)(22) en 1957 dice que los cultivos - solamente toman del 10 al 30% del fertilizante fosfórico aplicado al suelo, el resto 70 a 90% se cree que es consumido por los microorganismos del suelo; precipitado por los cationes so

lubles en la solución del suelo ó adsorbido por el complejo - del mismo.

Los suelos generalmente contienen de 0.10 a 0.25% de P_2O_5 y raramente más del 0.50% predominando el fósforo inorgánico - (sobre el orgánico) como sales de ácido ortofosfórico tales como: fluoruro⁻Oxi⁻ e Hidroxifosfatos de Fe, Al, Ca, Ti, Mg y Mn

Los óxidos de Fe y Al juegan un papel importante en la fijación del fósforo por el suelo.

En suelos calcáreos y alcalinos la fijación del fósforo - se debe a la formación de una amplia serie de fósforos de Ca - insolubles; estos compuestos forman soluciones sólidas y son - más difíciles de caracterizar químicamente. También hay evidencia de que el fósforo puede fijarse por el Al^{+3} ó el $Al(OH)_3$ - en la fracción de arcilla de suelos alcalinos.

G. Estudios Realizados con Fósforo en Alfalfa

Jones, Pittmann y otros investigadores en 1953 (14) reportaron que al hacer aplicaciones de fertilizante fosfatado a -- suelos bajos en fósforo disponible y altos en cal, generalmente aumentaron los rendimientos en alfalfa.

Romsdal y Schmehl en 1964 (24) sostuvieron que la respuesta de las plantas a la fertilización fosfatada está relacionada no solamente con las características de la planta, suelo y clima, sino también con las interacciones entre las caracterís

ticas del fertilizante y métodos de aplicación.

Larson y colaboradores en 1952 (18) afirman que una aplicación de superfosfato triple al año ha reportado deficiencias de fósforo en el cultivo de alfalfa; con cantidades de 33 a -- 267 kg de P_2O_5 /ha incrementaron notablemente los rendimientos y contenido de fósforo del heno de alfalfa. Los efectos resi-- duales de las cantidades más pequeñas aplicadas se abatieron -- para el final de los dos primeros años de producción pero las mayores proporciones aplicadas fueron responsables de los al-- tos incrementos de producción cuatro años después de la aplica-- ción. El contenido de fósforo asimilable ligeramente más bajo en áreas deficientes pareció relacionarse con valores ligera-- mente más altos de pH y algunos con mayores cantidades de -- $CaCO_3$ libre

Smith en 1967 (26) hizo estudios de aplicaciones senci--- llas y divididas sobre la superficie del suelo y poder compa-- rar su efecto sobre el rendimiento, composición de fósforo y -- ganancia o inversión de fertilizantes por un período de tres a cuatro años. El incremento total en rendimientos fluctuó desde 11 a 17 kg/ha. Cantidades de 21 kg de P_2O_5 /ha incrementaron el rendimiento lo suficiente para pagar el costo inicial de ferti-- lización en tres años después de la aplicación; la cantidad to-- tal más grande en pesos ganados varió de \$2,000 a \$4,687.50/ha arriba de los costos de fertilizante, partiendo de las propor--

ciones de 92.5 a 185 kg de P_2O_5 /ha. Ganancias comparables fueron obtenidas a partir de aplicaciones sencillas o divididas -- si la última fuera en años consecutivos.

Beaton, Read y Hinman en 1962 (5) observaron el efecto de la fuente de fósforo y la humedad del suelo durante el período inicial de la reacción de ésta con el fertilizante sobre la -- subsecuente asimilación del fósforo por la alfalfa. Los suelos tratados con fosfatos ajustados a cuatro diferentes tensiones de humedad fueron mantenidos a 18°C aproximadamente durante 10 semanas.

El contenido de fósforo y la absorción del mismo tanto por el ápice como por las raíces se incrementó significativamente cuando los materiales solubles en agua tales como polifosfatos de amonio y fosfato monocálcico fueron aplicados.

El contenido de humedad del suelo durante el período de -- reacción no alteró marcadamente la subsecuente asimilación de fósforo que correlacionó significativamente con la cantidad de fósforo extraído por el bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) de los -- suelos tratados. Valores más altos de correlación se obtuvie-- ron en suelos tratados con polifosfato de amonio. Una correlación significativamente negativa ocurrió con el metafosfato -- cálcico.

Stanberry y colaboradores en 1960 (28) trabajaron en evaluación de fuentes de fósforo para la producción de alfalfa --

llevándola a cabo en suelos finos, deficientes en fósforo bajo condiciones áridas. Los factores estudiados incluyeron tamaño de las partículas y métodos, cantidades y frecuencias de aplicación. Las aplicaciones de fósforo incrementaron los rendimientos de heno en un promedio de 38%.

El resumen de los tres años estudiados demostró consistentemente que el fosfato dicálcico mezclado con el suelo fue tan eficiente como el superfosfato concentrado, en incrementar los rendimientos de alfalfa. Los dos tamaños de partículas de fosfato dicálcico fueron igualmente efectivos en el período de tres años, pero las partículas más finas fueron más eficientes en el primer año.

Las cantidades más altas de aplicación, 131 kg de P_2O_5 /ha fueron de 7.71% más efectiva que 66 kg de P_2O_5 /ha en incrementar los rendimientos. Una sola aplicación inicial de fósforo por el período de tres años fue tan efectiva como la misma cantidad total aplicada anualmente (en forma dividida). Al aplicarse fosfato dicálcico, ácido fosfórico y superfosfato concentrado, todas fueron fuentes satisfactorias de fósforo.

Por su parte Beaton y Nielsen en 1958 (4) investigaron la disponibilidad de fósforo en 12 diferentes fuentes fosfatadas para alfalfa. Estos experimentos se desarrollaron en dos suelos altamente alcalinos. Los fertilizantes contenían fosfato monocálcico o materiales tales como metafosfato de calcio los

cuales convertidos a fosfatos monocálcicos reportaron los mayores incrementos en rendimiento. Sin embargo, también aumentaron los rendimientos, los tratamientos con fosfato de amonio y ácido ortofosfórico. Los fertilizantes de fosfato de amonio fueron los más efectivos en aumentar el porcentaje de fósforo presente en el tejido de alfalfa. Los materiales de fosfato de amonio y fosfato monocálcico fueron igualmente efectivos en incrementar el fósforo total absorbido por la alfalfa.

Los mismos investigadores trabajaron con sulfofosfato de amonio granulado y con yeso azufrado como fuentes de azufre para alfalfa, durante un período de tres años; en suelos deficientes de azufre. Llegando a la conclusión que la absorción de fósforo se incrementó con la fertilización de azufre.

H. Estudios Realizados con Potasio en Alfalfa.

Shotton y James en 1953 (25) realizaron estudios en suelos ligeros y muy bajos en potasio disponible para las plantas; aplicaciones de KCl antes o al momento de la siembra aumentaron los rendimientos y disminuyó el desarrollo de malezas. La fertilización más adecuada aplicando 120 a 135 kg de K_2O /ha durante los dos primeros años y en suelos más ligeros una fertilización dividida de 198 kg de K_2O /ha indicó resultados similares. Un alto abonado de potasio redujo el contenido de proteínas de la materia seca en un 2.3%

Kresge y Younts en 1962 (17) encontraron en sus trabajos realizados, que la utilización más eficiente de potasio por la alfalfa y una asociación alfalfa-orchardgrass se obtuvo cuando el potasio se aplicó en forma dividida a principios de la primavera y después del primer corte. La eficiencia estuvo reflejada por:

1. Aplicación menor de potasio para obtener máximos rendimientos.
2. La buena recuperación del potasio por la planta y
3. La favorable distribución de potasio en la planta a lo largo de la época de desarrollo.

Macleod y Bradfield en 1963 (20) dicen que el encalado incrementó la producción de alfalfa-orchardgrass. La respuesta de potasio se incrementó conforme aumento la saturación de las bases del suelo y la supervivencia de las plantas de alfalfa - en suelos encalados a pH 5.5 ó mayores dependió más del suministro de potasio. De las especies estudiadas dominó la alfalfa donde hubo suficiente potasio; pero cuando hubo limitaciones dominó el zacate Orchard. El total de carbohidratos aprovechables en los órganos de reserva de cada especie se incrementaron con la fertilización de potasio.

James y Dow en 1970 (13) evaluaron la nutrición de potasio por la alfalfa establecida en suelos bajos en potasio y sodio, indicaron respuestas en rendimiento a fertilizante potásii

co. Donde no se aplicó potasio fueron observados síntomas clásicos de deficiencia (tejidos necróticos, necrosis en los márgenes de la hoja). Las deficiencias de potasio en alfalfa estuvieron relacionadas con un incremento agudo en la absorción de sodio el cual causa toxicidad para la alfalfa.

Konekamp y Blattmann en 1954 (16) reportaron que una alta productividad en alfalfa se obtuvo en migajones arenosos (pH 6 a 6.5) con una adecuada fertilización y encalado (80 kg de P_2O_5 ; 120 kg de K_2O /ha) y sembrando las variedades apropiadas. Las raíces de la alfalfa en cuatro años penetraron a 2.3m pero alrededor de un 80% del volumen radicular se encontró en la capa de 0 a 3 cm. Las raíces de la alfalfa produjeron un promedio de 6.9 ton/ha de materia orgánica (peso seco) correspondiendo a 40 ton/ha de estiércol o abono.

Stivers y Ohlrogge en 1952 (30) investigaron la respuesta de cuatro niveles de P_2O_5 que variaron de 0 a 200 kg/ha y cuatro niveles de K_2O que variaron de 0 a 400 kg/ha a la alfalfa y fueron aplicados en bandas. El estudio se realizó en dos tipos de suelo, uno era de arena fina y el otro migajón limoso. La respuesta en rendimiento a la aplicación de fósforo ocurrió cuando el fósforo disponible tenía 17 ppm en el suelo migajón limoso. En el suelo arenoso donde se aplicó potasio uniforme, hubo incrementos altamente significativos en el segundo y tercer años y en el migajón limoso los efectos fueron claros al -

final del primer año, con un incremento muy marcado a aplicaciones de 100 kg de K_2O /ha. Las siembras de edad avanzada no mostraron correlación a la fertilización con fósforo, pero en ambos suelos 100 kg/ha de K_2O prolongaron la supervivencia de la alfalfa y además poco provecho se obtuvo con altas aplicaciones de potasio. El fósforo de las plantas se incrementó conforme aumentó la aplicación del mismo. La absorción del fósforo prácticamente no se afectó por la fertilización potásica.

↑

I. Estudios Realizados en la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se ha diferenciado en tres zonas de acuerdo con los requerimientos de fertilización nitrogenada y fosfatada.

a. Zona Central. En el CIANE se comenzó a estudiar la fertilización de la alfalfa desde 1964, Aguilar en 1965 (1) sugiere aplicar en la siembra 20 kg de N/ha y 100 kg de P_2O_5 /ha; mientras que en 1966 (2) sugiere aplicar en la siembra 20 kg de N/ha para establecimiento del cultivo y 80 kg de P_2O_5 /ha haciendo una segunda aplicación de 60 kg de P_2O_5 /ha después del quinto corte, en este año recomienda inocular perfectamente la semilla con el inoculante específico.

Sin embargo González en 1968-69 (12) encontró en sus experimentos, que en algunos suelos de esta zona se pueden obtener excelentes rendimientos de alfalfa mediante aplicaciones muy -

reducidas o aún sin la aplicación de fertilizantes fosfatados por el momento; esto se debe a que en la región se encuentran lunares de suelos diferentes en una misma zona.

b. Zona Poniente. Aguilar en 1965 (1) sugiere aplicar 20 kg de N/ha para establecimiento del cultivo y 150 kg de P_2O_5 /ha al momento de sembrar y en el segundo año aplicarse en invierno al voleo 50 kg de P_2O_5 /ha. En 1966 (2) sugiere aplicar 20 kg de N/ha y 120 kg de P_2O_5 en la siembra y después del quinto corte aplicar al voleo 100 kg de P_2O_5 cuando las condiciones del suelo lo permitan o sea que éste, esté "agrietado" e inmediatamente antes del riego y para el segundo año llevar a cabo la misma práctica de fertilización.

González en 1968-69 (12) encontró que para obtener rendimientos óptimos en los suelos de esta zona se requiere la aplicación de niveles de fósforo que varían de 160 a 240 kg de P_2O_5 /ha; encontró además, que al hacer aplicaciones divididas no hay ninguna diferencia en rendimiento cuando se aplican cantidades iguales en fósforo en ambos casos.

c. Cuadro Matamoros. Para esta zona no se tiene información.

III. MATERIALES Y METODOS

CARACTERISTICAS DE LA REGION

a. Localización Geográfica

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en la parte - Norte de la República Mexicana, entre los paralelos 25° 25' y 26° 30' de latitud y entre los meridianos 102° y 104° longitud Oeste de Greenwich con una altura sobre el nivel del mar que - varía de 1100 a 1400m. Comprende los municipios de Torreón, Ma-
tamoros, San Pedro, Francisco I. Madero, Parras y Viesca en el Estado de Coahuila y los municipios de Gómez Palacio, Tlahuali-
lo, Lerdo, Mapimí, Nazas y Rodeo en el Estado de Durango

b. Demografía

Cuadro 1 Datos de Población de la Comarca Lagunera según el - Censo de 1970.

<u>Estado de Coahuila</u>		<u>Estado de Durango</u>	
<u>Municipios</u>	<u>No. de Habitantes</u>	<u>Municipios</u>	<u>No. de Habitantes</u>
Torreón	203,153	Gómez Palacio	103,544
Fco. I. Madero	35,466	Lerdo	39,232
San Pedro	70,391	Tlahualilo	18,352
Matamoros	46,631	Mapimí	19,355
Parras	33,438	Nazas	11,650
Viesca	14,528	Rodeo	12,338

Departamento de Estadística, Torreón, Coah.

c. Climatología

Según el sistema de Koeppen el clima de la región es: seco de desierto, caliente con temperatura media anual superior a 18°C.

d. Temperatura

La temperatura media anual es de 21.1°C tomada de un promedio de 15 años habiendo temperaturas medias superiores a 20°C en los meses de abril a octubre y en los meses de noviembre a marzo oscila de 11°C a 20°C. Los meses más calurosos son: mayo, junio, julio y agosto.

e. Precipitación Pluvial

Un promedio de 15 años es de 218mm concentrándose el 83% de la precipitación en los meses de mayo a octubre.

f. Evaporación

El promedio de evaporación anual de 15 años es de 2,173mm cifra muy superior a la precipitación pluvial.

g. Heladas

Hay un descenso en la temperatura en los meses de diciembre y enero. En el mes de abril normalmente ya no se presentan heladas.

h. Humedad Relativa

La humedad relativa media anual es de 48% siendo mayor en los meses de agosto a diciembre.

Juzgando que los datos obtenidos hasta la fecha son aún muy reducidos, se planeó el presente trabajo con el objeto de determinar mediante experimentación de campo con agricultores cooperantes, la dosis óptima-económica de fertilización fosfatada y potásica en alfalfa.

i. Trabajos de Campo y de Gabinete

El Programa de Suelos del CIANE estableció, un experimento de niveles de fertilización fosfatada y potásica en alfalfa en el invierno de 1969-70 en la Pequeña Propiedad "El Compás", predio que se localiza en la Zona Central en la cual en trabajos anteriores no se ha encontrado en forma definitiva respuesta a los fertilizantes fosfatados y potásicos.

En el experimento se probaron 12 tratamientos de fertilización fosfatada con niveles de 0 - 480 kg de P_2O_5 /ha incluyendo dos tratamientos con fertilización potásica con niveles de 30 a 240 kg de K_2O /ha (Cuadro 2). Cinco de estos tratamientos se aplicaron en forma dividida, tanto el fósforo como el potasio, una parte aplicada antes de la siembra y el resto después del sexto corte. Los otros siete tratamientos fueron incorporados en una sola aplicación.

Cuadro 2. Tratamientos de Fertilización estudiados en este --
experimento. 1969-1970.

Tratamientos antes de la siembra	Tratamientos después del sexto corte	Suma total de Tratamientos
1. 0 - 0 - 0		0 - 0 - 0
2. 0 - 80 - 0		0 - 80 - 0
3. 0 - 160 - 0		0 - 160 - 0
4. 0 - 240 - 0		0 - 240 - 0
5. 0 - 320 - 0		0 - 320 - 0
6. 0 - 400 - 0		0 - 400 - 0
7. 0 - 480 - 0		0 - 480 - 0
8. 0 - 27 - 0	0 - 27 - 0	0 - 54 - 0
9. 0 - 40 - 0	0 - 40 - 0	0 - 80 - 0
10. 0 - 53.5 - 0	0 - 53.5 - 0	0 - 107 - 0
11. 0 - 120 - 30	0 - 80 - 0	0 - 200 - 30
12. 0 - 120 - 60	0 - 240 - 80	0 - 360 - 140

Como fuente de fósforo se aplicó superfosfato triple de calcio con 46% de P_2O_5 y como fuente de potasio se aplicó sulfato de potasio al 50% de K_2O . En esta ocasión no se aplicó nitrógeno para el establecimiento del cultivo como en años anteriores, pero en cambio se inculó con el inculante respectivo para esta leguminosa.

El diseño utilizado fue de bloques al azar con seis repeticiones.

Las parcelas tenían una superficie de 49m^2 de las cuales solo se cosecharon como parcela útil los 12m^2 centrales.

Se sembró la variedad Velluda Peruana siendo ésta una de las variedades recomendadas para la Comarca Lagunera por el Departamento de Forrajes del CIANE. El criterio de riegos que se siguió en este experimento fue el de aplicar dos riegos por corte, que es la práctica más común en la región dada la inexistencia de datos al respecto.

La aplicación del fertilizante se hizo al "voleo" antes de la siembra e inmediatamente después de la nivelación, tapándose luego con un paso ligero de rastra; la fertilización después del sexto corte se aplicó tres días después de éste y antes del riego. Los trabajos tales como: siembra, riegos y combate de plagas el agricultor los ejecutó como normalmente los lleva a cabo en forma comercial.

Los cortes se hicieron de acuerdo con las prácticas de manejo recomendadas por el Departamento de Forrajes de este Centro o sea, en verano cortar cuando las plantas tienen un 10% de floración y en invierno cortar cuando los brotes de la corona basal de la planta alcanzan de 3 a 5 cm de altura; en total se dieron 15 cortes. Al momento del corte se tomó una muestra de 500 g para la determinación del % de materia seca y poder calcular toneladas/hectárea de forraje seco.

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

El experimento fue suspendido después de efectuado el 150. corte debido a la alta incidencia de enfermedades (Putridión Texana: Phymatotrichum omnivorum, etc) después como consecuencia de éstas, hubo infestación fuerte de malas hierbas.

Los cortes se efectuaron con una frecuencia promedio de 25 a 30 días en la mayor parte del año excepto en invierno que se dieron con un intervalo promedio de 50 a 60 días.

Los rendimientos obtenidos de forraje verde fueron transformados mediante deshidratación al aire libre a materia seca - expresada en toneladas por hectárea, los cuales son presentados en el Cuadro 3 en forma acumulativa del 10. al 60. corte y del 70. al 150. corte dependiendo esto de la forma en que se hizo - la aplicación del fertilizante.

Como se puede observar los rendimientos obtenidos tanto en los seis primeros cortes como en los nueve últimos no hay diferencia en producción en cuanto aplicar todo el fertilizante antes de la siembra o hacerlo en forma dividida (Cuadro 3)

Comparando los rendimientos del tratamiento dos en el que se aplicó todo el fertilizante antes de la siembra (80 kg de P_2O_5 /ha) y el tratamiento nueve en el que se aplicó la misma dosis de fertilizante pero en forma dividida (40 kg de P_2O_5 antes de la siembra y 40 kg de P_2O_5 después del 60. corte), se obser-

Cuadro 3 Rendimientos acumulativos de forraje seco en ton/ha del experimento de Fertilización en Alfalfa de la P.P. "El Compás" realizado en la Zona Central de la Comarca Lagunera, durante los años 1969-70.

Tratamientos antes de la siembra	1o. al 6o. corte	Tratamientos después del 6o. corte	7o. al 15o. corte	Suma To-- tal
1. 0 - 0 - 0	17.68		19.39	37.07
2. 0 - 80 - 0	21.12		21.39	42.51
3. 0 - 160 - 0	21.39		23.57	44.96
4. 0 - 240 - 0	22.06		24.76	46.82
5. 0 - 320 - 0	22.32		24.90	47.22
6. 0 - 400 - 0	22.20		24.74	46.94
7. 0 - 480 - 0	22.51		25.04	47.55
8. 0 - 27 - 0	19.30	0 - 27 - 0	21.89	41.19
9. 0 - 40 - 0	19.66	0 - 40 - 0	23.46	43.12
10. 0 - 53.5 - 0	20.70	0 - 53.5 - 0	22.59	43.29
11. 0 - 120 - 30	21.37	0 - 80 - 0	22.39	43.76
12. 0 - 120 - 60	20.99	0 - 240 - 80	22.29	43.28
D.M.S. 5%	1.251 ton/ha		1.854	3.948
C.V.	5.16%		6.0%	7.00%

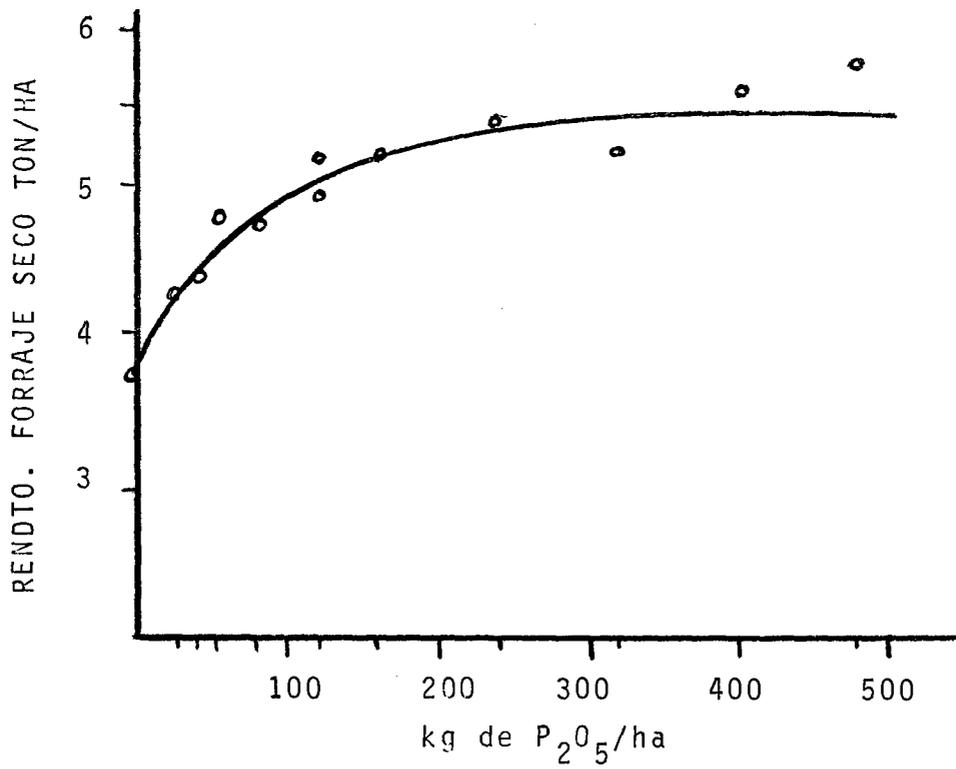
va que no hay diferencia significativa en los rendimientos después de los 15 cortes, aún cuando el rendimiento del 70. al 150. corte del tratamiento nueve es algo mayor que el del tratamiento dos, lo cual no indica que aquel sea mejor ya que al hacer la estimación de la producción total la diferencia es mínima.

La diferencia mínima significativa es distinta para los dos períodos en estudio debido a que en el transcurso de los primeros seis cortes se mantuvo una población uniforme, mientras que en el segundo período (nueve cortes) se presentó el problema de una paulatina reducción en la población de algunas parcelas debido posiblemente a la incidencia de enfermedades (podriciones de la raíz y de la corona), aumentándose por consiguiente el error experimental.

Cabe mencionar que en la mayoría de los cortes efectuados (diez) se presentó un marcado efecto por los tratamientos de fertilización, mientras que en los cortes restantes (cinco) no se detectó ningún efecto sobre los rendimientos del cultivo.

Al graficar los valores de rendimiento de cada uno de los cortes, se observa que en el primer corte estos valores se incrementan conforme se aumenta la dosis de fósforo (Figura 1) lo cual no se presenta en los cortes subsecuentes. Las curvas de rendimiento indican que éstos se incrementan en forma notable hasta una dosis de 80 a 100 kg/ha de P_2O_5 , después de la

FIG. 1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL PRIMER CORTE



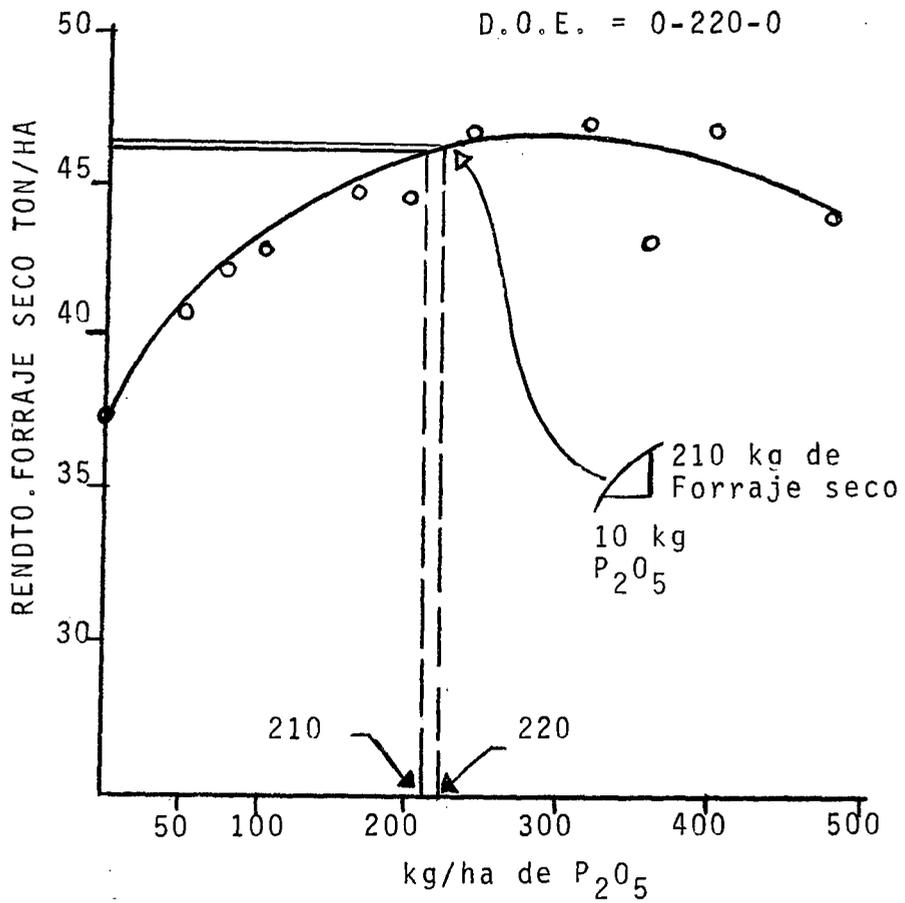
cual en ninguno de los casos se logra aumentar los rendimientos

Los rendimientos acumulativos de los 15 cortes (Cuadro 3) presentan un incremento continuo hasta el nivel de 480 kg de P_2O_5 /ha. Sin embargo, este incremento no muestra la diferencia significativa entre tratamientos, excepto en el caso de los tratamientos dos y tres que si son diferentes estadísticamente.

Con los mismos datos de rendimiento acumulativos se procedió a determinar gráficamente el valor de la dosis óptima económica, tomándose como base el costo de un kilogramo de P_2O_5 aplicado al suelo igual a \$5.88 y el precio promedio de forraje seco de alfalfa igual a \$600 tonelada. En la Figura 2 se muestra la forma como se llevó a cabo esta determinación, calculando el incremento en producción de forraje seco por cada 10 kg de P_2O_5 /ha aplicados, obteniéndose un valor igual a 220 kg de P_2O_5 /ha lo que constituye la dosis óptimo-económica de Fertilización fosfatada para alfalfa en la Comarca Lagunera. De acuerdo con la gráfica en mención se determinó que 10 kg más de P_2O_5 por hectárea aplicados al suelo el incremento obtenido en el rendimiento ya no es redituable.

En lo que respecta a las pruebas efectuadas con potasio (K_2O) como fertilizante no se observó respuesta positiva en los rendimientos del cultivo (Cuadro 3) antes al contrario, rendimientos ligeramente menores que en los tratamientos en los que no se aplicó este elemento. Lo anterior se atribuye al hecho conocido de que los suelos de la Laguna son ricos en potasio.

FIG. 2 RELACION ENTRE FERTILIZACION FOSFATADA EN KG/HA Y RENDIMIENTO DE ALFALFA EN TON/HA DE FORRAJE SECO EN 15 CORTES.



V. CONCLUSIONES

- a. Las aplicaciones de Potasio (K_2O) no aumentaron los rendimientos, esto vino a corroborar los resultados de experimentos anteriores en este mismo cultivo y en los cultivos más comunes de la región. Esto se debe a que los suelos están ricos de potasio.
- b. Los rendimientos obtenidos aplicando cantidades iguales de fertilizante fosfatado en la siembra y en forma dividida son iguales.
- c. La dosis Optimo-Económica de fertilización fosfatada para alfalfa en la Zona Central de la Comarca Lagunera alcanza cantidades de 220 kg de P_2O_5 /ha. Esta cantidad puede sugerirse para cultivos que duren dos - - años; si el cultivo dura menos de dos años se sugiere hacerlo en forma dividida aplicando la mitad de esta cantidad en la siembra y si el cultivo está en condiciones de durar otro año aplicar la otra mitad en el invierno siguiente.

VI. RESUMEN

En la Comarca Lagunera se está determinando la fertilización Optimo-Económica de fertilizante fosfatado y potásico en Alfalfa para aumentar la producción y calidad de la misma y minimizar los costos, debido al gran incremento anual (20%) del ganado lechero.

El Programa de Suelos del CIANE estableció en la Zona Central un experimento de fertilización fosfatada y potásica, utilizando 12 tratamientos; los niveles de fósforo variaron desde 0 hasta 480 kg/ha y el potasio desde 0 hasta 180 kg/ha.

El fertilizante se aplicó al voleo, todo antes de la siembra y/o 50% en la siembra y 50% después del sexto corte. No encontrándose significancia en rendimiento entre épocas de aplicación, pero sí se encontró respuesta económica a aplicaciones de 220 kg de fósforo/ha.

Las aplicaciones de potasio no incrementaron los rendi---mientos de forraje.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar S.H. 1965. Alfalfa. Informe Anual de Labores, - Programa de Suelos, CIANE-INIA-SAG pp 101.
2. Aguilar S.H. 1966. Alfalfa. Informe Anual de Labores, - Programa de Suelos, CIANE-INIA-SAG pp 114
3. Bear, F.E. Brown, B.E. et al. 1949. Plant Nutrient defi--
ciency symptoms in legumes. Washington D.C.
Hunger Signs in crops pp 274 a 281.
4. Beaton J.D. y Nielsen. 1958. The availavility to alfalfa
of phosphorus form twelve different carriers
Canadian Journal of soil science. 39:54-63.
5. Beaton et al. 1962. Phosphorus uptake by Alfalfa as - --
influenced by phosphate source and moisture
Canadian Journal of soil science 42:254-265.
6. Bruning J.L. y Kintz B.L. 1968. Analysis of variance - -
scott foresman. Computational handbook of --
statistics. pp 16-149.
7. Buckman H.O. y Brady N.C. 1966. El abastecimiento y apro
vechamiento del fósforo y potasio. UTEHA. Na
turaleza y propiedades de los suelos. pp 450
a 475.

8. Caldwell A.C. y Kline J.R. 1963. Effect of variously soluble potassium fertilizers on yield composition of some crop plants. *Agronomy Journal* - 55:542.
9. Carmer S.G. y Jackobs J.A. 1963. Establishment and yield of late summer alfalfa seedings as influenced by placement of seed phosphate fertilizer seeding rate and row spacing. *Agronomy Journal* 55:28.
10. De la Loma. 1966. Análisis de variación. UTEHA. Experimentación Agrícola. 2da. Edición pp 156-194.
11. Flores A.O. 1967. Informe Anual de Labores. Programa de Forrajes. CIANE-INIA-SAG pp 170.
12. González G.G. 1968-69. Fertilización de la Alfalfa en la Comarca Lagunera. Informe de trabajos de Invierno. CIANE-INIA-SAG pp 62-70.
13. James, D.W. y Dow A.J. 1970. Potassium deficiency and potassium-sodium relationships of Alfalfa grown on calcareous soil. *Agronomy Abstracts* pp 122.
14. Jones, C.W. et al. 1953. Effect of fertilizers on the yield and composition of rangeland alfalfa hay in England. *Soil and fertilizers* 17:61(317).

15. Klitsch, C. 1962. La alfalfa. Edición Acribia Zaragoza
Producción de Forrajes pp 23-46.
16. Konekamp A.H. y Blattman, W. 1954. Lucerne cultivation
is still important. Soils and Fertilizers -
17:285 (1216)
17. Kresge, C.B. y Younts S.E. 1962. Effect of various rates
and frequencies of potassium application on
yield chemical composition of Alfalfa and -
Alfalfa orchardgrass. Agronomy Journal 54:
313.
18. Larson, W.E. et al. 1952. The effects of phosphate - -
fertilization upon the yield and composition
of oats and alfalfa grown on phosphate - --
deficient Iowa Soils. Inglaterra. Soil and
Fertilizers 15:425(2181)
19. Mac Gregor J.M. et al. 1961. Effect of phosphate and -
potash on aminoacid content of alfalfa. - -
Agronomy Journal 53:215.
20. Mac Lead L.B. y Bradfield, R. 1963. Effect of liming -
and potassium fertilization on the yield and
composition of an Alfalfa-orchardgrass - --
association, Agronomy Journal 55:435.

21. Norman A.G. 1954. Potassium in Plant nutrition. Academic press. Advances in Agronomy 6:263.
22. Norman A.G. 1957. The fixation of phosphorus by soil. -- Academic press. Advances in Agronomy 9:95-111
23. Norman A.G. 1963. Plant nutrition losses from soils by - water erosion. Phosphorus losses. Potassium Losses. Academic Press. Advances in Agronomy 15:309-312.
24. Romsdal S.D. y Schmehl W.R. 1964. Effect of water solubility and granule size of phosphorus fertilizers on Alfalfa grown in a calcareous soil. Agronomy Journal 56:184-186.
25. Shotton F.E. y James P.J. 1953. Lucerne Fertilizer - -- trials in North-West Norfolk. Soils and fertilizers 17:285(1217)
26. Smith, C.M. 1967. Residual phosphorus for alfalfa on - - four soils in montans. Agronomy Abstracts pp 111
27. Snedecor, G.W. 1966. Experimentos de dos factores. Análisis de varianza. Iowa State Cecsa. Métodos - Estadísticos pp.347-388.

28. Stanberry, C.O. et al.. 1960. Comparison of phosphate -- sources for Alfalfa on a calcareous soil. -- SSSAP 24:364-366.
29. Still R. y Torrie J. 1960. Principles of experimental - designs Mc Graw-Hill Co.Inc. New York. - - - Principles and procedures of statistics pp 88 a 98.
30. Stivers R.K. y Ohlrogge A.J. 1952. Influence of phospho rus and potassium fertilization of two soil types on Alfalfa yield, stand and content of these elements. Inglaterra. Soil and fertili zers 16:223(1156)
31. Wells, K.L. y Parks, W.L. 1961. Vertical distribution of soil phosphorus and potassium on several - - established Alfalfa, stand thate received -- various rates of annual fertilization. SSAP 25:117-120.

A P E N D I C E

Cuadro 4. Valores de Rendimiento de Alfalfa ton/ha de forraje seco y análisis de varianza (1er corte)

Trat.	R e p e t i c i o n e s						Prom.
	A	B	C	D	E	F	
1	3.53	4.23	3.68	4.09	3.50	3.40	3.74
2	5.11	4.81	4.80	5.04	4.33	4.38	4.74
3	5.34	5.52	5.01	4.91	4.75	5.51	5.17
4	5.16	6.05	6.02	5.48	4.71	4.86	5.38
5	5.76	5.86	6.22	4.91	3.59	4.91	5.21
6	5.67	6.20	6.09	5.50	5.33	4.73	5.59
7	5.80	5.28	6.72	5.90	5.47	5.39	5.76
8	3.86	3.71	5.14	5.31	3.70	4.04	4.29
9	5.22	4.18	5.41	3.78	4.56	4.18	4.39
10	4.64	4.95	5.11	5.02	4.09	4.83	4.77
11	5.09	4.90	6.12	5.31	4.59	4.83	5.14
12	5.20	4.19	3.54	5.50	5.36	5.69	4.91
						Promedio Gral.	4.93

C.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas	
					0.05	0.01
Tratamientos	11	22.085	2.008	6.85**	1.97	2.38
Repeticiones	5	4.237	0.847	2.89*	2.59	3.37
Error	55	16.093	0.293			
Total	71					

D.M.S. 5% = 0.625 ton/ha

C.V. = 11.0%

Cuadro 5. Rendimientos promedio de Alfalfa en ton/ha de forraje seco del 1o. al 6o. cortes.

Trat.	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.	6o.
1	3.74	3.30	3.58	3.22	2.37	1.48
2	4.74	4.43	3.97	3.44	2.65	1.87
3	5.17	4.36	3.96	3.53	2.67	1.75
4	5.38	4.52	4.04	3.79	2.49	1.85
5	5.21	4.56	4.09	3.63	2.78	2.04
6	5.59	4.46	4.28	3.43	2.75	1.69
7	5.76	4.20	4.08	4.03	2.52	1.92
8	4.29	3.84	3.68	3.28	2.52	1.69
9	4.39	4.18	3.68	3.16	2.61	1.62
10	4.77	4.07	4.00	3.57	2.52	1.77
11	5.14	4.18	3.81	3.72	2.64	1.89
12	4.91	4.08	3.84	3.81	2.57	1.76
D.M.S. 5% ton/ha	0.63	0.42	0.32	0.49	N.S.	0.36
C.V.	11.0%	8.74%	7.11%	11.93%	10.6%	12.21%

Cuadro 6. Rendimiento promedio de Alfalfa en ton/ha de forraje seco de los cortes 7o. a 15o.

Trat.	7o	8o	9o	10o	11o	12o	13o	14o	15o
1	1.83	1.59	1.86	2.47	2.77	2.40	2.75	2.14	1.57
2	2.07	1.74	2.46	2.78	3.01	2.74	3.07	2.12	1.52
3	2.23	1.94	2.77	2.96	3.42	3.17	3.47	2.27	1.51
4	2.11	2.05	2.80	3.21	3.46	3.10	3.78	2.53	1.73
5	2.30	2.06	2.89	3.16	3.62	3.25	3.67	2.49	1.47
6	2.35	2.04	2.88	3.08	3.41	3.08	3.50	2.65	1.74
7	2.37	2.01	2.88	3.05	3.82	3.18	3.63	2.46	1.66
8	2.18	1.63	2.47	2.82	2.93	2.86	2.97	2.35	1.67
9	2.06	1.86	2.64	3.11	3.39	2.94	3.50	2.41	1.54
10	2.16	2.02	2.43	2.84	3.20	2.89	3.22	2.25	1.57
11	2.15	1.95	2.70	2.88	3.52	2.91	3.60	2.20	1.48
12	2.08	1.89	2.50	2.68	3.27	2.92	3.05	2.28	1.61
D.M.S.	N.S.	0.22	N.S.	0.34	0.42	0.35	0.37	N.S.	N.S.
C.V.%	13.67	13.92	23.31	17.04	19.8	17.72	18.87	28.42	37.0

FIG. 3 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA DURANTE TODO EL CICLO DEL CULTIVO.

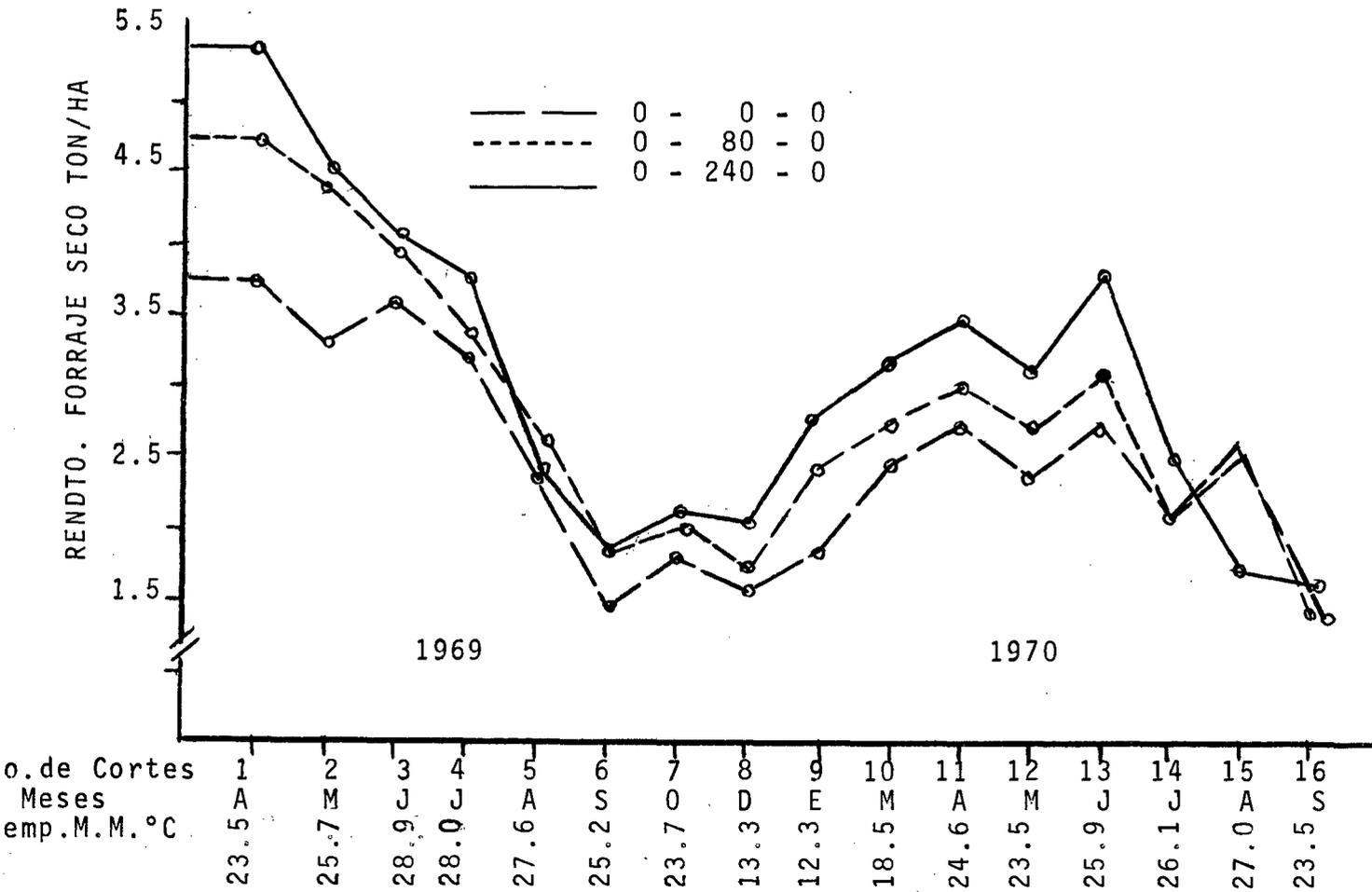


FIG. 4 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL SEGUNDO CORTE.

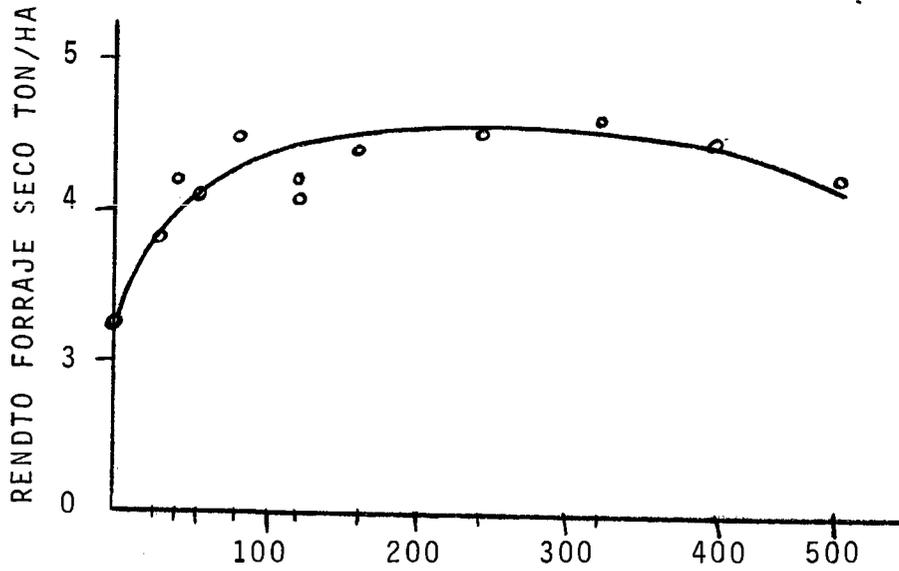


FIG. 5 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL TERCER CORTE.

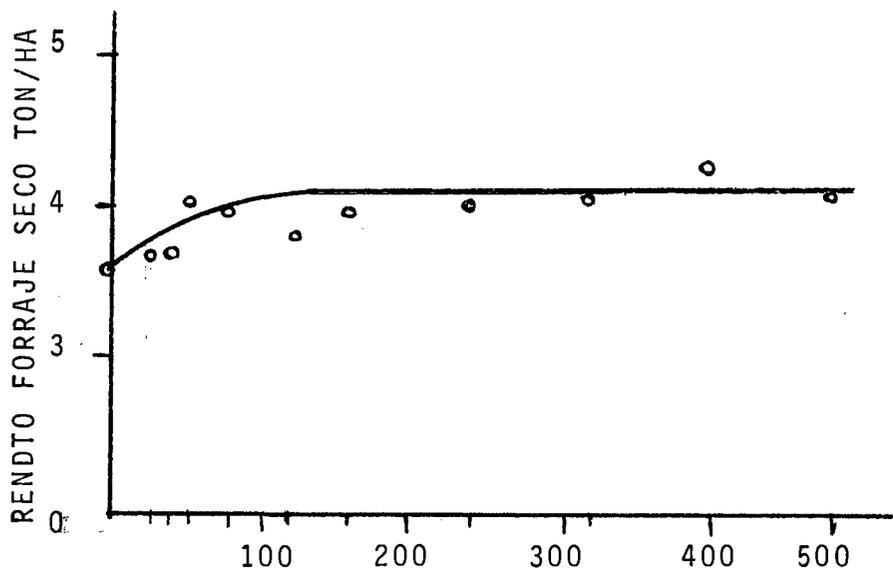


FIG. 6 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE ALFALFA EN EL CUARTO CORTE

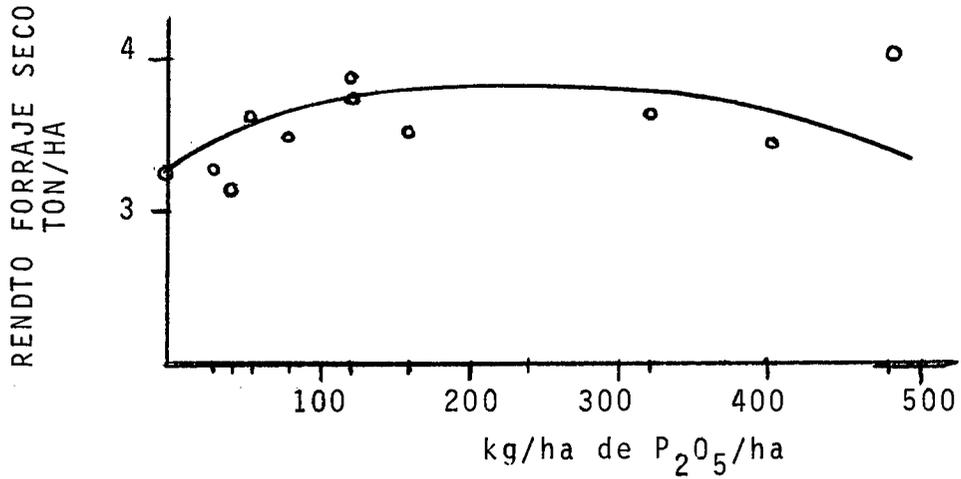


FIG. 7 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL QUINTO CORTE

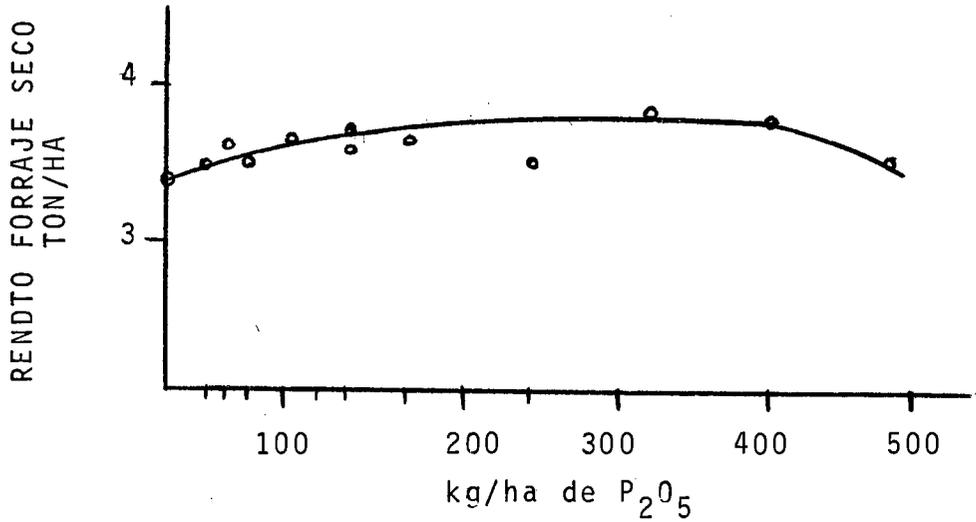


FIG. 8 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL SEXTO CORTE

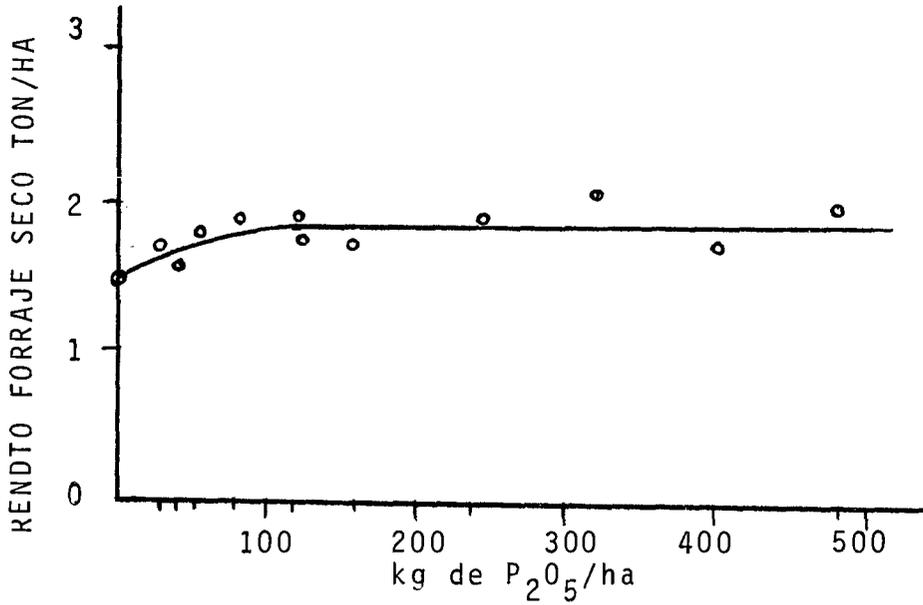


FIG. 9 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL SEPTIMO CORTE

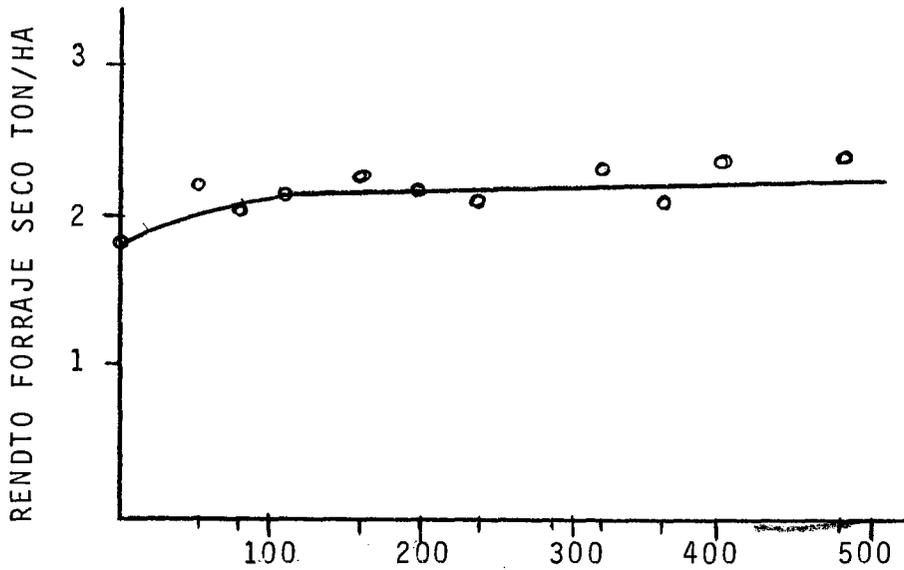


FIG. 10 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE ALFALFA EN EL OCTAVO CORTE

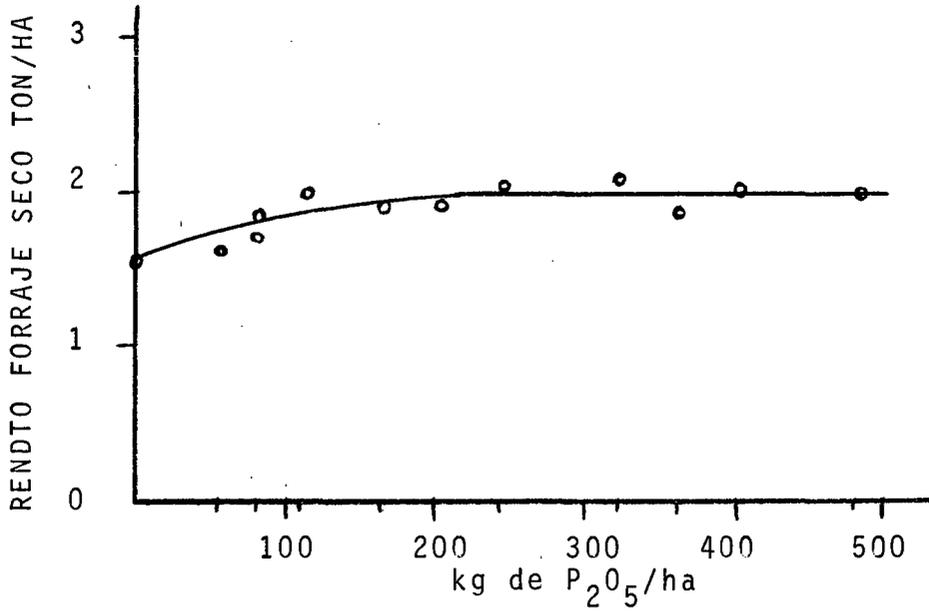


FIG. 11 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL NOVENO CORTE

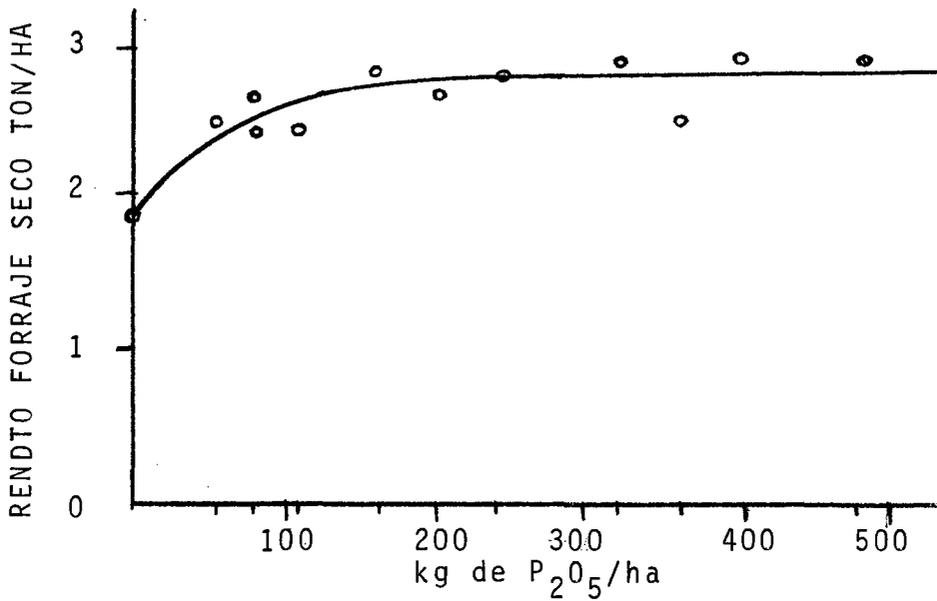


FIG. 12 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE ALFALFA EN EL DECIMO CORTE

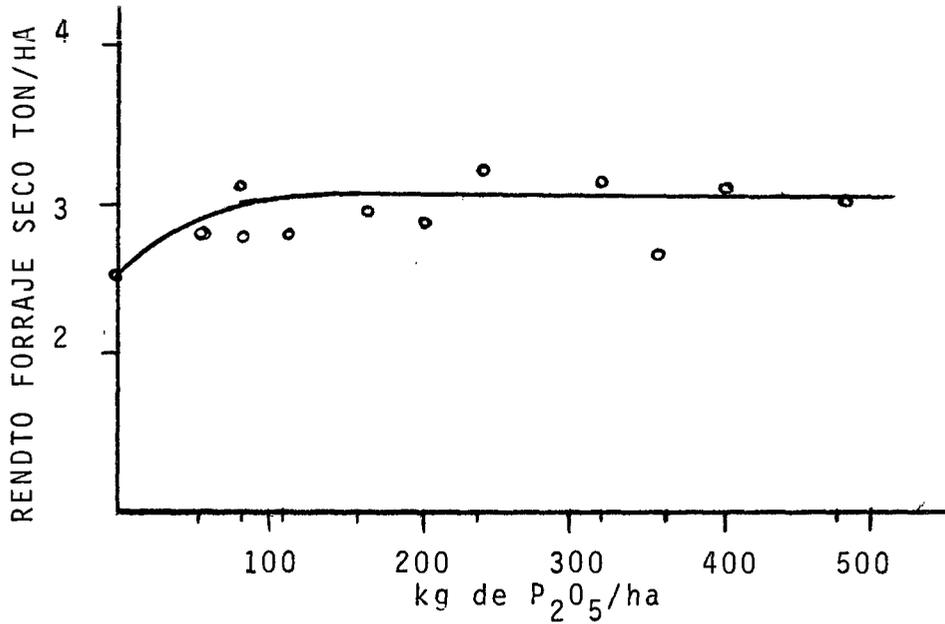


FIG. 13 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL ONCEAVO CORTE

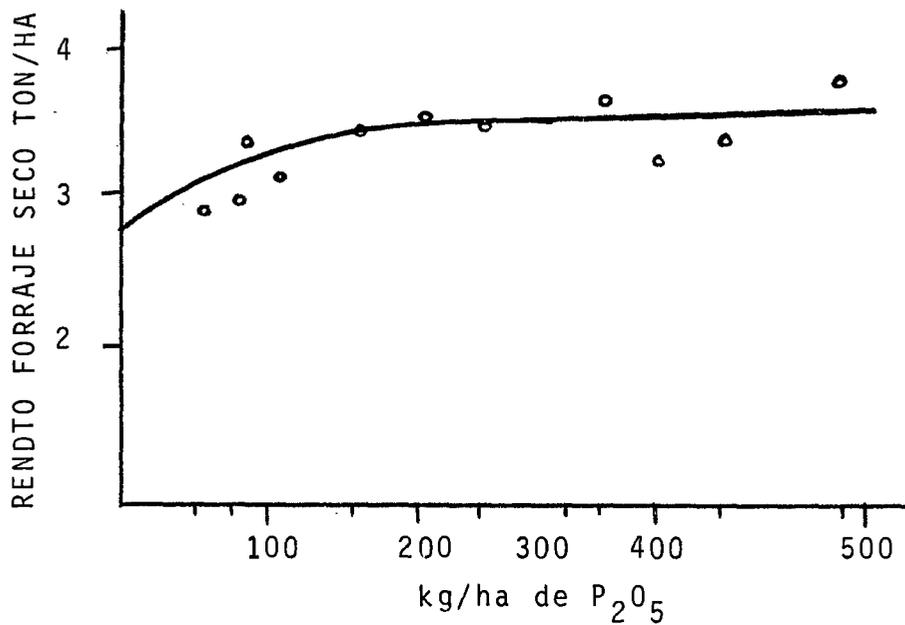


FIG. 14 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL 12o. CORTE

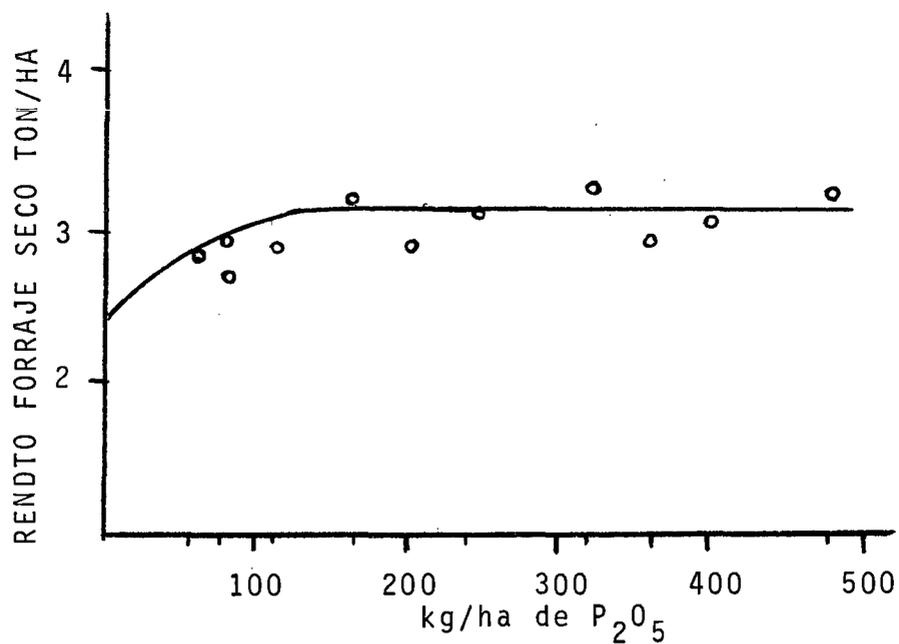


FIG. 15 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL 13o. CORTE

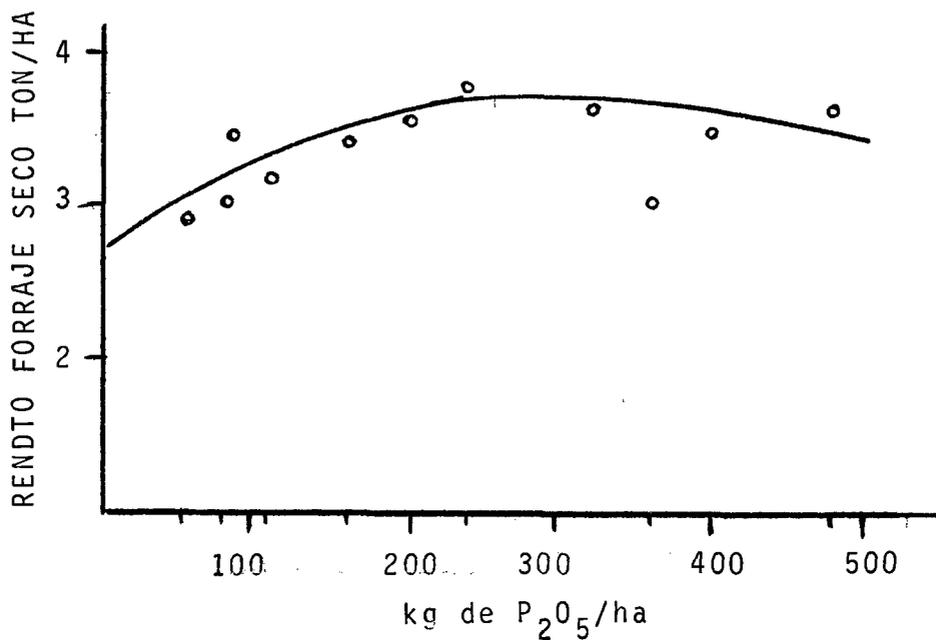


FIG. 16 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ALFALFA EN EL 14o. CORTE

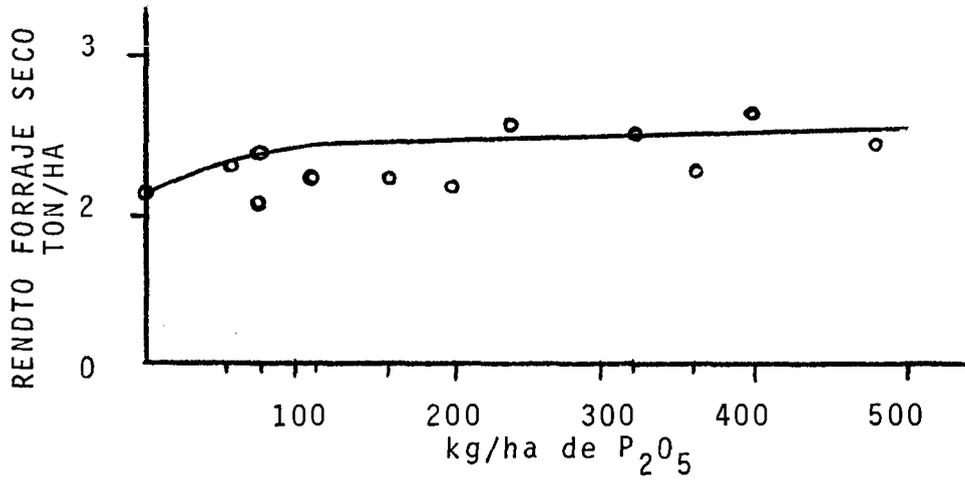
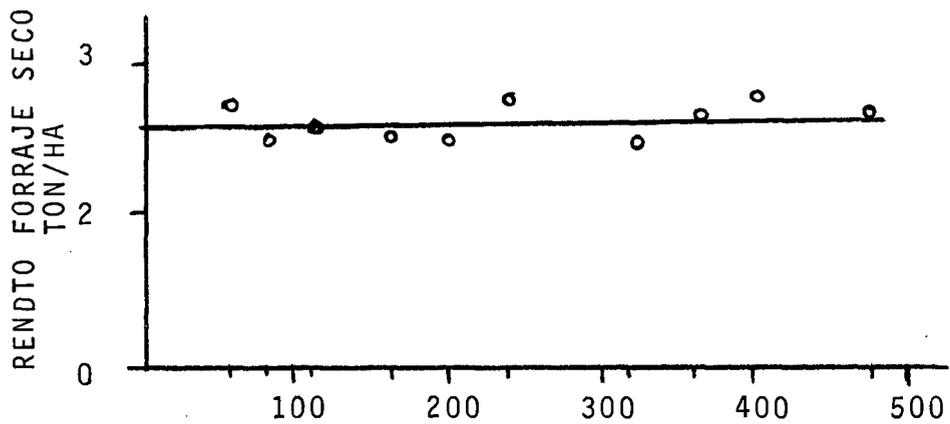


FIG. 17 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE ALFALFA EN EL 15o. CORTE



Cuadro 7. Suma de Rendimientos Acumulativos de Alfalfa en ton por ha de forraje seco y su análisis de varianza -- (1o. a 6o. corte)

Trat.	A	B	C	D	E	F	Prom.
1	18.60	17.07	16.72	19.99	16.63	17.06	17.68
2	21.10	21.55	21.77	21.43	20.40	20.44	21.12
3	20.90	22.31	22.15	21.35	18.56	23.04	21.39
4	20.83	22.44	23.87	21.87	21.20	22.17	22.06
5	22.29	22.67	23.36	22.80	20.50	22.28	22.32
6	21.96	21.61	23.72	21.70	21.73	22.46	22.20
7	21.80	22.47	24.21	22.56	20.90	23.11	22.51
8	18.61	18.72	20.34	19.65	19.20	19.29	19.30
9	20.17	19.40	18.44	18.91	21.09	19.94	19.66
10	20.61	20.72	22.11	21.29	19.31	20.15	20.70
11	20.67	19.72	23.14	21.72	20.83	22.13	21.37
12	20.56	21.03	17.72	21.80	21.55	23.26	20.99
$\bar{x} =$							20.94

G.V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tab.	
					5%	1%
Trat.	11	135.8036	12.3457	10.5527**	1.97	2.38
Repet.	5	14.2201	2.8440	2.4309	2.59	3.37
Error	55	64.3467	1.1699			
Total	71	214.3704				

D.M.S. 5% = 1.223 ton/ha

C.V. 5.16%

Cuadro 8. Suma de Rendimientos Acumulativos de Alfalfa en ton por ha de forraje seco y su análisis de varianza -- (7o. al 15o. corte)

Trat.	A	B	C	D	E	F	\bar{x}	
1	20.61	18.15	16.73	21.92	20.44	18.49	19.39	
2	22.89	22.79	21.35	22.72	20.08	18.51	21.39	
3	23.29	23.40	22.82	23.69	24.28	23.98	23.57	
4	24.94	24.72	24.88	22.27	23.53	28.25	24.76	
5	25.15	25.12	24.46	23.65	26.04	25.00	24.90	
6	22.91	22.53	25.79	24.31	27.52	25.39	24.74	
7	24.68	26.99	23.52	25.72	24.19	25.16	25.04	
8	22.80	23.28	19.29	18.40	23.45	24.12	21.89	
9	22.03	24.54	21.76	23.16	23.95	25.32	23.46	
10	22.26	25.27	21.01	22.55	22.44	22.06	22.59	
11	22.80	21.09	23.50	23.91	25.20	23.88	23.39	
12	22.01	22.49	21.15	25.531	21.09	21.48	22.29	
							$\bar{x} =$	23.12

G.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas 5%	1%
Trat.	11	191.95	17.45	6.78**	1.97	2.38
Repet.	5	14.60	2.92	1.13		
Error	55	141.71	2.57			
Total	71	348.26				
D.M.S. 5% = 1.811 ton/ha				C.V. = 6.00%		

Cuadro 9. Suma de Rendimientos Acumulativos de Alfalfa en ton por ha de forraje seco y su análisis de varianza -- (1o. al 15o. corte)

Trat.	A	B	C	D	E	F	Prom.
1	39.21	35.22	33.45	41.91	37.07	35.55	37.06
2	43.99	44.34	43.14	44.15	40.48	38.95	42.50
3	44.19	45.71	44.97	45.04	42.84	47.02	44.96
4	45.77	47.16	48.75	44.14	44.73	50.42	46.82
5	47.44	47.79	47.82	46.45	46.54	47.28	47.22
6	44.87	44.14	49.51	46.01	49.25	47.85	46.93
7	46.48	49.46	47.73	48.28	25.09	48.27	44.21
8	41.41	42.00	39.63	38.05	42.65	43.41	41.19
9	42.20	41.43	40.20	42.07	45.04	45.26	42.70
10	42.87	45.99	43.12	43.84	41.75	42.21	43.29
11	43.47	40.81	46.64	45.63	46.03	46.01	44.76
12	42.57	43.52	38.87	47.33	42.64	44.74	43.27
\bar{x} =							43.74

G.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas	
					5%	1%
Trat.	11	531.96	48.36	4.13**	1.97	2.38
Repet.	5	54.19	10.83	0.92		
Error	55	644.04	11.70			
Total	71	1230.19				

D.M.S. 5% = 3.861 ton/ha

C.V. = 7.00%

DETERMINACION GRAFICA DE LA DOSIS OPTIMO-ECONOMICA DE FERTILIZACION EN ALFALFA

Cálculo del Análisis Económico de la Fertilización Fosfata empleando Superfosfato Triple de Calcio 46%.

Precio del Superfosfato Triple de Ca (ton). . .	\$1,330.00
Transporte (60 km) ton.	" 40.00
Costo de Aplicación del Fertilizante ha	" 30.00
Precio regional de Alfalfa achicalada (verano) tonelada	" 400.00
Precio regional de Alfalfa achicalada (Iniverno)	" 800.00
Costo de Alfalfa achicalada (corte, alomillado, volteo y empaque).	" 35.00
1) El precio de un kg de P_2O_5	" 2.890
2) Un kg de P_2O_5 transportado	" 0.086
3) Aplicación por kg de P_2O_5	" 0.130
4) 15% de interés sobre lo anterior	" 0.470
SubTotal	\$ 3.57

En el año se dan un promedio de 10 cortes, ocho de los cuales se efectuan en verano y dos en invierno por lo tanto el precio promedio de la alfalfa achicalada en el año es de \$480.00

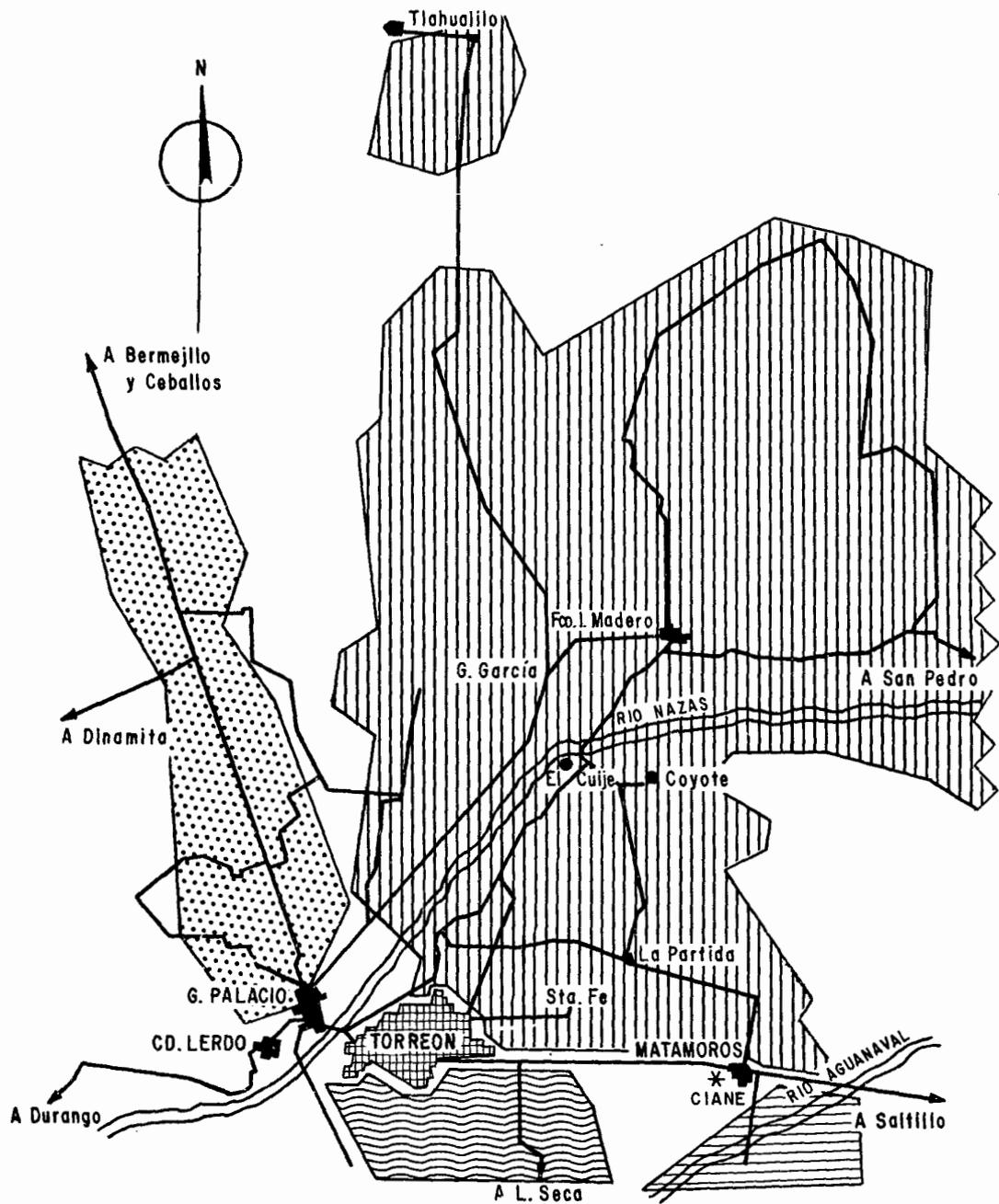
5) El precio promedio de un kg de alfalfa es de \$0.48 - por lo tanto \$3.57 son equivalentes a 7.43 kg de alfalfa achicalada.

6) Los gastos de cosecha (achicalada y empacada) el transporte, los intereses correspondientes de 7.43 kg de alfalfa achicalada.	\$	<u>0.35</u>
Costo subtotal/kg de P_2O_5	\$	3.92
7) Un 50% del costo subtotal como utilidad para el agricultor.	\$	<u>1.96</u>
Costo total de un kg de P_2O_5 aplicado	\$	5.88

La cantidad de \$5.88 es equivalente a 12.250 kg de alfalfa achicalada

En consecuencia solo será económicamente costeable para el agricultor invertir en fertilizante fosfatado, en forma de Superfosfato Triple de Calcio, hasta el momento en que el último kilogramo de P_2O_5 aplicado al terreno, aumente el rendimiento en 12.25 kg de alfalfa achicalada.

En la Figura 2 se observa como se comenzó a aumentar de 10 en 10 kg de P_2O_5 a partir de 100 kg de P_2O_5 y se determinó en forma gráfica el incremento en rendimientos al ir aumentando esas cantidades hasta llegar a los 220 kg de P_2O_5 en que ya no aumentó el rendimiento, sino que disminuyó en relación con lo que debe redituar un kg de P_2O_5 (12.25 kg de alfalfa achicalada) Entonces hasta ese límite de 220 kg de P_2O_5 aumentó un rendimiento de 210 kg de alfalfa por cada 10 kg de P_2O_5 , que por un kg de P_2O_5 equivale a 21 kg de alfalfa achicalada, y al aumentar de 220 a 230 kg de P_2O_5 solamente hubo un aumento de 50 kg de alfalfa que ya no es remunerativo.



-  Zona central
-  Zona poniente
-  Zona sur
-  Zona sureste

ZONIFICACION DE LA COMARCA LAGUNERA
En Función del Uso de Fertilizante