

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

**Ensayo de Fertilización en Maíz Bajo Con-
diciones de Riego en Tecomán, Col. (1972)**

T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo

p r e s e n t a :

FERNANDO MEDRANO COVARRUBIAS

A g r a d e c i m i e n t o :

Constituyendo el presente trabajo parte de las actividades que el Departamento de Suelos de I.N.I.A., desarrolla en el Campo Agrícola Experimental "Las Piedras" de Tecomán, Colima, agradezco profundamente al Instituto Nacional de Investigaciones, el haberme permitido participar en la conducción del proyecto, así como de los resultados obtenidos

Al Ing. Alejandro Hernández H.:
por su valiosa colaboración que me prestó
para el desarrollo de este trabajo

A la memoria de mi madre

A mi padre

A mis hermanos

A mis familiares y amigos

A la Escuela de Agricultura

A mis maestros

A mis compañeros

C O N T E N I D O .

		PAG.
	✓ I N T R O D U C C I O N .	1
CAPITULO I ✓	REVISION DE LITERATURA.	4
CAPITULO II	ANTECEDENTES.	8
CAPITULO III	DESCRIPCION DE LA ZONA DE INFLUENCIA.	10
CAPITULO IV	TEORIA DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.	16
CAPITULO V	MATERIALES Y METODOS:	33
	a.- Ubicación del experimento.	
	b.- Tratamientos; Fuentes de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O usadas.	
	c.- Análisis del suelo.	
	d.- Establecimiento del experimento.	
	e.- Características generales del experimento.	
CAPITULO VI ✓	✓ RESULTADOS.	39
CAPITULO VII ✓	DISCUSION DE RESULTADOS:	43
	a.- Respuesta al nitrógeno.	
	b.- Respuesta al fósforo.	
	c.- Respuesta al potasio.	
✓ VIII	C O N C L U S I O N E S .	49
	R E S U M E N .	51
✓ IX	B I B L I O G R A F I A .	52

I N T R O D U C C I O N .

El cultivo del maíz ha sido durante mucho tiempo la base fundamental de la alimentación del pueblo de México, dependiendo asimismo de él su estabilidad económica. El estado de Colima, no obstante ser reconocido como fuerte productor de frutales no es la excepción al respecto; atendiendo a los datos aportados por el censo agrícola, para el año de 1972 se estimaron 169,000 hectáreas abiertas al cultivo, siendo el 71% susceptibles de cultivos anuales, ocupando el maíz un 35% equivalente a 40,000 hectáreas, cultivadas en temporal y 8,000 hectáreas en cultivos bajo riego.

En el valle de Tecomán, se cultivaron solamente 1,000 hectáreas, superficie que se antoja inapreciable, pero cuya importancia no radica en la extensión de terreno cultivado, sino en la presión demográfica y explotación económica que sobre ella se ejerce, al considerar que casi la totalidad de esta superficie es explotada por un grueso sector de familias generalmente de origen ejidal, y que del usufructo de la explotación de sus pequeñas parcelas, hacen su modus vivendi.

Los rendimientos alcanzados por este cultivo, son pobres, logrando en promedio 1,500 kilogramos por hectárea, bajo condiciones de temporal, y 2,000 kilogramos en cultivos de riego; resultando un cultivo poco remunerativo.

Debido a esta situación, la Secretaría de Agricultura

y Ganadería, a través de sus Dependencias Oficiales, analizó la problemática, ^{de sus} resumiendo en una jerarquización de ^{los} factores, los que afectan en mayor escala los rendimientos del maíz:

- a).- El uso general de semillas criollas de bajos rendimientos.
- b).- La deficiente preparación de terrenos.
- c).- La fertilización.

Respecto a la fertilización, motivo del presente estudio, se conoce que los tratamientos usados actualmente, no han dado los resultados esperados, por ser en primer lugar insuficientes, además de ser aplicados en época inoportuna.

La selección de la dosis óptima de fertilización, siempre ha sido el problema más difícil de resolver para los agricultores, como lo afirman R.J. Laird y Col. (9), al reconocer que la decisión más importante que los agricultores necesitan tomar, es seleccionar la dosis más adecuada de fertilización. Una dosis mayor a la óptima, el agricultor no percibirá la máxima ganancia posible sobre su inversión en fertilizantes, y en cambio puede sufrir pérdidas. Por otra parte, si se aplica una cantidad menor que la óptima económica, sólo explotará parcialmente la posibilidad de aumentar su ingreso.

La determinación de las dosis óptimas de fertilización es una de las funciones más importantes de la investigación agrícola aplicada. Es particularmente difícil determinar cuáles son dichas dosis óptimas de fertilización para las diversas condiciones específicas de productividad que existen en el campo, debido a que la respuesta del cultivo a los fertilizantes, depende de la índole de éste, de las características del suelo y el clima del lugar, así como de las prácticas de manejo empleadas en el cultivo de que se trate. Una variación significativa en cualquiera de los factores, puede modificar marcadamente la respuesta del cultivo a la fertilización.

A lo anteriormente expuesto se juzga indispensable el desarrollo de trabajos tendientes a aportar experiencias positivas, basadas en la investigación realizada en el lugar mismo del problema, con el fin de lograr un aumento en la productividad de un cultivo, que afecta la economía de gran número de productores.

C A P I T U L O I

REVISION DE LITERATURA.

Long O. H., en trabajos con maíz, sobre espaciamento y nitrógeno, determinó las cantidades en Kgs./ha., que absorbe el maíz de cada uno de los elementos, durante un ciclo y con una cosecha de 2.845 kgs. de grano:

Nitrógeno.....	180 kgs./ha.	Como.....	N
Fósforo.....	62 "	Como.....	P_2O_5
Potasio.....	124 "	Como.....	K_2O

Phillips R.E. and Kirkham D., nos dicen que la compactación del suelo reduce marcadamente el desarrollo y rendimiento de maíz. El impedimento mecánico se midió por la densidad específica y la aguja de penetración, que fueron las propiedades físicas más altamente correlacionadas con la reducción del crecimiento y rendimiento del maíz.

Ballatore, G.N., encontró que existe una interacción muy estrecha entre el riego y el uso de fertilizantes minerales; esta interacción está sujeta a la influencia de factores climáticos, a las propiedades complejas del suelo y a las técnicas de cultivo. La fertilización y el riego deben de ser de tal manera que permitan conservar la estructura del suelo y mantener un medio iónico balanceado. De la efectividad del riego dependen el suministro de minerales en el suelo y viceversa. Dentro de ciertos-

límites la interacción riego-fertilizantes se incrementa considerablemente con la densidad de las plantas.

Reichman, G. A. Carlson, C.W. et al., encontraron que en presencia del fósforo el rendimiento del grano y forraje de maíz, fué incrementado por aplicaciones superiores a los 80 Kgs., de nitrógeno por hectárea. Con adiciones de nitrógeno también se incrementó la producción. Ambos porcentajes de N y P en las hojas, grano y rastrojo de maíz fueron incrementados por la fertilización. Los porcentajes de nitrógeno y fósforo en las hojas muestradas en la etapa de polinización, fueron altamente correlacionados con el rendimiento y con el valor total de nutrimentos tomados en la cosecha. Análisis parciales de regresión mostraron que el nitrógeno de las hojas fué el indicador dominante del rendimiento; pero el fósforo de las hojas fué también importante. Porcentajes críticos de nitrógeno fueron calculados de estos datos y variaron de año en año. Porcentajes críticos del fósforo no fueron claramente establecidos.

Stanberry, C.O. Jenson, C.L. et al., observaron en tres años de investigaciones que las variables, humedad y nitrógeno no influenciaron la producción de maíz en varias etapas de desarrollo, el establecimiento de las plantas, elongación de los entrenudos, la polinización y el desarrollo del grano. Los factores que contribuyeron directamente en el rendimiento, como la población de plantas, mazorcas por planta, y peso por mazorca (incluyendo hileras de grano por mazorca y peso de grano por hileras), fueron influenciados por el riego y/o la fertilización.

Alessi, J. Power, J. F., nos dicen que el efecto que ejerce la humedad aprovechable del suelo, la población de plantas y la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento del grano y forraje de maíz bajo condiciones de temporal, fueron estudiados por un período de seis años en Sidney Mont. Los rendimientos de forraje y de grano, fueron altamente correlacionados con la humedad total disponible y con la población óptima, que en cada loca-

lidad fué de 25,000 plantas por hectárea. La aplicación de nitrógeno fué de escasos beneficios.

Galvao, J. D., Brandau S.S. et al., observaron que el maíz responde favorablemente a la fertilización con nitrógeno; dosis de más de 80 kgs/ha., no son recomendables. La población tuvo menor efecto sobre el rendimiento que la fertilización. El máximo nivel de producción se obtuvo con poblaciones que varían de - - - 40,000 a 60,000 plantas por hectárea. El nitrógeno también aumentó el peso promedio de las espigas.

Farada, A. S., encontró que las siembras hechas a distancia de 90 cms., incrementaron el rendimiento de grano de maíz en 24.8 y 16.2% arriba de las efectuadas a una distancia de 30 y 60 cms. respectivamente. La fertilización se hizo con sulfato de amonio.

Vidal F. C., la planta es el medio natural de indicación de fertilidad de los suelos, ya que su funcionamiento depende de una serie de factores de los cuales uno de los más importantes son los nutrimentos, los que la planta puede obtener del suelo, encontrándose estos en forma nativa o pudiendo haber sido suministrados a través de los fertilizantes químicos y en cantidades necesarias por la planta.

R. J. Laird.- La fertilización debe concordar con las necesidades específicas de las plantas, las cuales están determinadas por:

- a).- La naturaleza del producto (maíz de grano).
- b).- La capacidad de producción de la variedad.
- c).- Las condiciones edáficas y climáticas.

En el maíz para grano el gran estímulo que producen las fuertes aplicaciones de nitrógeno en el crecimiento vegetal,-

son indeseables, ya que ello retarda la madurez y puede causar -- una disminución del número de granos. De ahí, que el fósforo y po-- tasio tengan importancia en este cultivo.

1941
Hoffer, G. W. nos dice que el fósforo influye princi-- palmente en la formación e inserción del grano.

Para las plantas la deficiencia del fósforo en el sue-- lo resulta ser especialmente desfavorable durante las primeras fa-- ses de su desarrollo, o sea, cuando su sistema radicular aún no -- está completamente desarrollado. Por tal motivo, al maíz que ha-- brá de emplearse como simiente deberá suministrársele principal-- mente una abundante fertilización fosfórica, ya que las semillas-- con alto contenido de fósforo revelan con frecuencia un desarro-- llo inicial superior en suelos degradados.

El potasio por otro lado, estimula la síntesis de los carbohidratos, por medio de la cual la planta dispone de mayor -- cantidad de material para su formación estructural.

CAPITULO II
ANTECEDENTES .

Hasta el año de 1970, ninguna institución de investigación había efectuado estudios sobre fertilización en maíz, para el valle de Tecomán; correspondió al I.N.I.A., desarrollar el primer ensayo, con los resultados que se reportan a continuación.

El 16 de enero de 1971 se estableció en el campo agrícola experimental "Las piedras", de Tecomán, Colima, un ensayo sobre diferentes niveles de fertilización en maíz, para observar -- sus respuestas. El experimento constó de 10 tratamientos, utilizando el diseño "Bloques al azar", y 5 repeticiones.

Los resultados del experimento fueron los siguientes:

CUADRO DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS QUE MUESTRA LA SIGNIFICANCIA ENTRE LOS TRATAMIENTOS.						
CAUSA DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	VALORES DE F. CALC.	0.05	0.01
BLOQUES	$n-1 = 4$	5.0	1.25	0.071	2.71	4.07
TRMTOS.	$a-1 = 9$	1027.16	114.12	67.12	2.25	3.19
E.E.	$(a-1) \times (n-1)$ $= 36$	63.17	1.7			
TOTALES	$(an-1)=49$	1095.33	22.42			

Kilogramos de producción por hectárea:

T R A T A M I E N T O S				KGS/Ha.
1.-	00	-	00 - 00	2,830
2.-	00	-	40 - 00	2,010
3.-	50	-	40 - 00	4,490
4.-	100	-	40 - 00	6,340
5.-	150	-	00 - 00	7,577
6.-	150	-	40 - 00	8,198
7.-	150	-	40 - 40	7,518
8.-	150	-	40 - 80	7,210
9.-	150	-	80 - 00	8,070
10.-	200	-	40 - 00	7,943

Sin embargo, debe hacerse notar que el diseño fué --- efectuado con algunas deficiencias, tales como:

Un error en el ^o bloque No. 1, obligó a establecerlo 18 días después de todo el conjunto del ensayo; factor que debió haber causado diferencias en el rendimiento, desmereciendo la seguridad de los resultados.

De mayor significancia, es el que no se hayan ajustado los métodos técnicos empleados en el experimento, a los procedimientos económicamente usuales que el agricultor corrientemente desarrolla, obteniendo con ello resultados valederos, para procedimientos con mayores exigencias técnicas y consecuentemente no adaptables para el actual nivel medio económico del agricultor de la región.

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DE LA ZONA DE INFLUEN- CIA.

Situación geográfica:

El estado de Colima se encuentra ubicado en la parte media de la vertiente del Pacífico, entre los $18^{\circ} 41' 10''$ y $19^{\circ} 27' 20''$ latitud Norte y los $103^{\circ} 37' 10''$ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, en el extremo Oeste de México.

Sus límites son: al Oeste, Norte y Este el Estado de Jalisco, al Sureste el estado de Michoacán y al Sur el Océano Pacífico.

El municipio de Tecomán, está situado entre los $103^{\circ} 37'$ y los $103^{\circ} 59'$ longitud Oeste del meridiano de Greenwich y -- los $18^{\circ} 41'$ y $19^{\circ} 67'$ de latitud Norte.

El municipio tiene dos zonas definidas: la costera -- que abarca una franja del 75% de la superficie total, o sea aproximadamente 650 kilómetros cuadrados y se conoce como "Valle de Tecomán"; la superficie restante es montañosa. Propiamente son -- las estribaciones de la Sierra Madre Occidental.

Se atribuye al municipio una superficie total de 812-kilómetros cuadrados.

Altitud y clima:

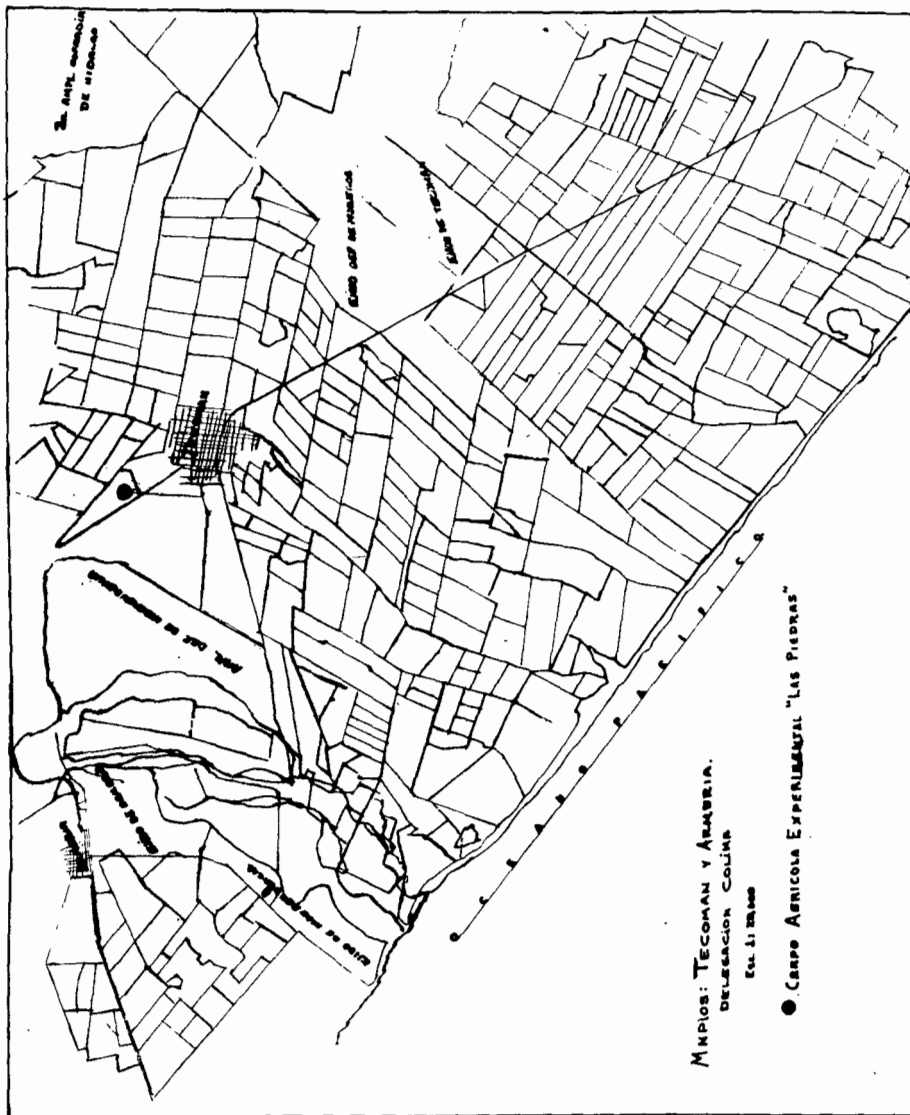
La altura del valle de Tecomán, fluctúa entre los 0 - (cero)m. al nivel del mar y sube a 33 m. sobre este nivel, punto que se encuentra a 10 kilómetros al sur.

El clima, para el valle de Tecomán, está clasificado como tropical lluvioso, tipo Sabana.

Las temperaturas máximas registradas, son 38°C., mínima de 13°C., siendo la temperatura media de 26°C.

La humedad atmosférica que prevalece en esta zona es del 75% en la estación de lluvias y del 60 al 65% en la estación-invernal.

La precipitación media anual en esta zona fluctúa entre los 750 mm. anuales., comprendida ésta de los meses de junio a septiembre.



CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL VALLE DE TECOMAN.-

Son suelos de estepa, localizados a lo largo de la -
costa.

Los suelos del valle se dividen en:

Suelos de transición.- Propios de la parte alta del-
valle, observan grandes variaciones de textura, permeabilidad o-
composición a pequeñas distancias.

Suelos de costa.- Están formados por material suelto,
ya sean arenas o migajones limosos; generalmente tienen proble--
mas con su drenaje interno, debido a lo plano y su altura sobre-
el nivel del mar.

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

La generalidad de los suelos son pobres en contenido
de nitrógeno, medios en fósforo y altos en potasio; carecen tam-
bién de Mn, elemento que afecta principalmente a los cítricos --
cultivados en la zona. Su pH varía de 6.5 a 8. Difieren poco en-
cuanto a su composición.

CARACTERISTICAS FISICAS:

Son suelos jóvenes, formados por proceso de aluvia--
ción, e iluviación, por lo tanto no tienen perfiles definidos.

De acuerdo con la textura de los suelos, tiene el va-
lle tres zonas perfectamente definidas, que son:

Suelos arenosos; Suelos Areno-arcillosos; y Suelos -

Migajón-arcilloso.

Suelos arenosos.- Están constituidos en su mayor parte por arenas suficientemente profundos en su primera formación, pH de 7 a 7.5 contando con buen drenaje natural.

Suelos areno-arcillosos.- Este tipo de suelos cuenta con un 60% de arena suficientemente profundos, subsuelo arenoso y permeable, pH de 7 a 7.5 y buen poder de retención por la humedad.

Suelos de Migajón-arcilloso.- Estos se dividen en dos tipos que son: suelos arcillosos profundos y con acumulaciones calcareas, en el subsuelo, siendo estos de estructura compacta. Con alta capacidad de retención para la humedad y por encontrarse en la parte más baja de esta zona, su nivel freático es muy superficial, entre 0.80 y 1.50 m., nivel crítico para plantaciones de cultivos de raíces profundas. Por estas características, los suelos tienen un pH elevado que fluctúa entre 8 y 8.5, por sus acumulaciones fuertes de carbonatos, cloruros y excesos de humedad.

No obstante se encuentran algunas plantaciones establecidas, observándose en ellas bajos rendimientos, y altos costos de producción. Con buenas prácticas de drenaje se ha logrado mejorar algunas áreas de este tipo.

O B J E T I V O S .

El propósito del presente trabajo constituye una afinación a los resultados que en 1971 se obtuvieron en un ensayo similar efectuado en el mismo campo; el cual se anota en el capítulo correspondiente a los antecedentes de este mismo trabajo; siendo los objetivos de este trabajo los que se anotan a continuación.

- a).- Observación del comportamiento de la fertilización, determinando la relación existente entre - la aplicación de uno o varios nutrientes combinados y la producción de maíz.
- b).- De acuerdo a los resultados obtenidos graficar y determinar las dosis más recomendables, considerando:
 - 1).- Su rendimiento óptimo fisiológico.
 - 11).- Su rendimiento óptimo económico.

C A P I T U L O I V

TEORIA DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.

Al abordar el tema de fertilización es requisito indispensable el referir y analizar la función que los nutrientes vegetales ejercen sobre las plantas.

Como nutriente del vegetal, deberá entenderse todas aquellas materias que son requeridas por las plantas para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas.

En un sentido más estricto, entenderemos solamente aquellos nutrientes de los vegetales que son requeridos para la formación del contenido celular y en síntesis, a las sustancias inorgánicas absorbidas del suelo. Si bien en la materia orgánica es posible comprobar prácticamente la presencia de todos los elementos, solo 18 de ellos poseen el carácter, de acuerdo con los actuales conocimientos, y que son imprescindibles en el crecimiento vegetal.

Tales elementos son:*

Carbono, Oxígeno, Hidrógeno;
Nitrógeno, Fósforo, Potasio;
Calcio, Magnesio, Azufre;
Boro, Cobre, Hierro, Zinc;
Manganeso, Molibdeno;

Cobalto, Sodio, Cloro.

El presente trabajo se ocupa principalmente de los -- efectos que en el cultivo del maíz, ejercen los tres nutrientes -- vegetales más importantes, a saber: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

*Dr. A. Jacob y Dr. H. von Uexkull.- Fertilización. -- (nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales).

N I T R O G E N O .

El nitrógeno es el más importante de los elementos mayores, por ser requerido por las plantas durante todo su ciclo de vida; desarrollo, floración y fructificación. Interviniendo por tanto en la constitución de todos los órganos de ellas. Además es el más comunmente deficiente en mayor o menor grado en la mayoría de los suelos de cultivo.

El nitrógeno absorbido por la planta en cualesquiera de sus formas pasa a a minas ($-\text{NH}_2$) por acción de las enzimas activadas por el molibdeno, con estas a minas y ácidos orgánicos se sintetizan aminoácidos y proteínas. Las proteínas constituyen el protoplasma, los cromosomas, los genes y las enzimas. El nitrógeno interviene también en la estructura molecular de algunas hormonas, como la Tiroxina y Adrenalina; también la clorofila y de algunas vitaminas.

El nitrógeno (N) es fácilmente movable dentro de la planta, en caso de deficiencia las proteínas de las partes viejas se hidrolizan a aminoácidos y se trasladan a las partes jóvenes de la planta.

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno (N) en las plantas se caracterizan por una reducción en vigor y tamaño, clorosis y floración prematura.

El nitrógeno (N) es usualmente tomado o absorbido por

las plantas en las formas de los iones NH_4^+ y NO_3^- pero también puede ser tomado como pequeños aminoácidos como la alanina ($\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$), y la glicina $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{COH-OH}$ y también en forma de Urea ($\text{NH}_2)_2\text{CO}$).

Las plantas pueden reducir la forma NO_3^- a NH_4^+ , que posteriormente se transforma en amino ($-\text{NH}_2$), quedando así, en forma apropiada para la formación de proteínas o sustancias similares.

Ciertas plantas, como arroz, trigo y avena, parecen utilizar NH_4^+ en la primera fase de su desarrollo, mientras que otras plantas que se desarrollan en las estaciones templadas, como el algodón, para esta fase de su desarrollo utilizan la forma NO_3^- . Es muy difícil determinar si las plantas tienen preferencia por algunas de las formas de nitrógeno.

Parte del NH_4^+ puede ser nitrificado antes de su absorción por el cultivo. También ejerce mucha influencia el ion que se encuentra asociado con las formas NH_4^+ ó NO_3^- . Así por ejemplo; al utilizar NaNO_3 ó $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ intervendrán tanto las iones Na^+ y SO_4^{2-} como los NH_4^+ y NO_3^- . A medida que las plantas tienden hacia el estado de madurez parece ser que absorben más NO_3^- que NH_4^+ . Este comportamiento puede corresponder a una adaptación de las plantas a las condiciones existentes en el suelo. Por ejemplo en el caso de los cereales mencionados anteriormente, tenemos que, el desarrollo primario se produce en la época de temperatura más fría y por lo tanto, menos favorable para la nitrificación. A medida que avanza la estación las condiciones son más favorables para la formación de nitratos.

Formas en que se encuentra en el suelo.- A diferencia de otros elementos el nitrógeno no se encuentra en las rocas ni en los minerales primarios de la corteza terrestre. Todo el nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera, que contiene casi 78% de nitrógeno; sin embargo, éste no puede ser utilizado directamente-

por las plantas superiores, y requiere de previas combinaciones con hidrógeno u oxígeno.

El nitrógeno del suelo está combinado formando parte de la materia orgánica.

Casi el 99% del nitrógeno del suelo, en algún momento, ha estado en forma orgánica. Para que el nitrógeno sea asimilable debe estar en forma inorgánica.

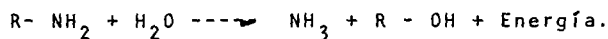
En un suelo normal, la cantidad media por hectárea de nitrógeno en forma orgánica es de 3360 kgs.

Sin embargo, de esta cantidad tan sólo unos 33.6 kgs. se hallan en forma inorgánica. La cantidad de nitrógeno inorgánico de un suelo dado depende de la velocidad de descomposición de la materia orgánica y de la velocidad de absorción por el cultivo.

Se supone que gran parte del nitrógeno del suelo, se encuentra en forma proteínica.

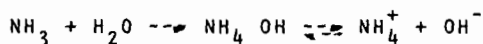
La transformación del nitrógeno proteínico a formas asimilables se efectúa bajo el siguiente proceso conocido como: "Amonificación y Nitrificación".

Amonificación: El nitrógeno en forma proteínica se encuentra en forma de grupos amino ($-NH_2$). En el proceso de descomposición pasa a la forma de amoníaco (NH_3), por acción de las enzimas producidas por los microorganismos, a través de un proceso que se conoce con el nombre de amonificación; en el cual el grupo amino está unido a un radical orgánico según la siguiente fórmula:

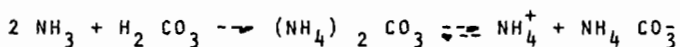


Sin embargo este proceso sólo se desarrolla si las condiciones son favorables al desarrollo de los microorganismos, es decir, humedad, suelo templado, un nivel adecuado de elementos nutritivos, materia orgánica y pH.

El amoníaco (NH_3), se combina con el agua o con el ácido carbónico para dar el ion amonio:

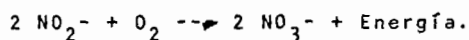
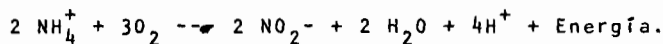


o bien

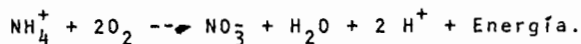


El ion amonio es asimilable por las plantas superiores y por los microorganismos. Además puede combinarse con la arcilla o con el humus, quedando en forma de ion intercambiable; por lo que es fácilmente transformado a la forma de nitratos.

Ciertas especies de bacterias son aerobias y autótrofas y obtienen su energía de la oxidación del amoníaco a nitrato, proceso que se conoce con el nombre de nitrificación:



Los dos procesos anteriores se deben a diferentes clases de bacterias, pero las condiciones favorables para uno lo son también para el otro. Por consiguiente en el suelo existe muy poco nitrito, y partiendo de un punto de vista práctico podemos considerar que el paso de amoníaco a nitrato es así:



El proceso de nitrificación adquiere una velocidad -

máxima en un pH casi neutro, buena aireación y una humedad casi - en el valor de la capacidad del terreno. La temperatura debe ser de unos 35°C., y las cantidades de elementos nutricios tienen que ser adecuadas.

La mineralización y la inmovilización del nitrógeno.

La descomposición de la materia orgánica y la forma-- ción de compuestos inorgánicos se llama MINERALIZACIÓN, que son - las formas asimilables por las plantas. La transformación de los - compuestos inorgánicos en orgánicos se llama INMOVILIZACIÓN, que - son formas no asimilables por las plantas. La formación de NH_3 es una mineralización.

Relación entre la mineralización del (N) y la humedad del suelo.

Cuando un suelo se deseca la actividad microbiana es insignificante. Durante un período de sequía prolongado, el cultivo puede tomar síntomas de deficiencia de nitrógeno, especialmente si la materia orgánica del suelo contiene poco (N).

Esta situación puede observarse en particular en el maíz ("se quema"; las hojas inferiores se vuelven amarillentas y mueren). Los agricultores asocian esta característica del maíz -- con una necesidad de agua. Esto es verdad en cierto aspecto, pero la causa fundamental es la deficiencia de nitrógeno por falta de descomposición de la materia orgánica.

En los cultivos de maíz fertilizados en su primer es- tadío del desarrollo, la planta ha absorbido una cantidad de ní-- trógeno superior a sus necesidades. Parte de este nitrógeno queda en el jugo celular en forma de NO_3^- . Cuando llega el período de se- quía, el elevado contenido de nitrógeno de la planta le permite - continuar formando las proteínas, que son necesarias para conti-- nuar desarrollando sus raíces, y así absorber el agua que se en-- cuentra en el sub-suelo.

F O S F O R O .

El ácido fosfórico ocupa una posición central en el metabolismo vegetal. Los procesos anabólicos y catabólicos de los hidratos de carbono, podrán transcurrir normalmente si los compuestos orgánicos han sufrido una previa esterificación con ácido fosfórico. Este ácido desempeña, además, un importante papel dentro de los procesos de transformación de energía, participando en forma decisiva en el metabolismo graso. A su vez es un importante constituyente de múltiples y significantes compuestos vitales como la fitina, lecitina y los nucleótidos. La mayoría de las enzimas hasta ahora conocidos contienen ácido fosfórico. Un gran número de plantas afectadas por deficiencias fosfóricas, presentan un sistema radicular raquíticamente desarrollado, acompañado de síntomas generales de perturbación en su crecimiento. Las hojas y los tallos de las plantas deficientes son frecuentemente pequeños y muestran una coloración verde rojiza, purpúrea o bronceada. La floración y la madurez son retardadas, permaneciendo pequeñas las semillas y los frutos. Las mermas en los rendimientos a causa de deficiencias fosfóricas van generalmente acompañadas de un descenso de la calidad del producto.

Un exceso de fosfato puede acelerar unilateralmente la madurez a costa del crecimiento vegetativo. Además de ello, las deficiencias de elementos menores (particularmente Zinc, y Hierro), han sido atribuidas, en ciertos casos, a un exceso de fosfatos, que originan depresiones en el rendimiento. Tales casos son muy raros. En general, la mayor parte de él, es transformado-

a estado inactivo.

Formas del fósforo en el suelo.

Aunque se reconoce que el fósforo se encuentra como anión intercambiable, se cree que el intercambio no es importante en la nutrición de la planta con este elemento. En otras palabras, las raíces de las plantas toman directamente el $H_2PO_4^-$ de la solución en una proporción mucho mayor que el que absorben por intercambio.

El fósforo que representa del 20 al 70% del contenido en el suelo, es importante porque es una fuente de reserva de este elemento. Se encuentra principalmente en forma de fosfolípidos, y ácido nucleico.

Contenido total de fósforo del suelo.

El contenido total del fósforo del suelo es muy variable, pero en general, es reducido. Un suelo desarrollado a partir de calizas, caparazones calcáreos y yesos presenta un contenido en fósforo mayor que el que se forma mediante depósitos de ácidos no calcáreos. Una de las razones para esta mayor abundancia de fósforo estriba en el hecho de que la mayor parte del carbonato cálcico de esos depósitos calcáreos se ha formado a partir de los restos de animales acuáticos, esqueletos y caparazones ricos en calcio y en fósforo.

La cantidad total de fósforo del suelo se expresa como P_2O_5 y en raras ocasiones sobrepasa el valor de 0.5%, siendo un valor muy normal el de 0.15% lo que equivale a 1500 p.p.m. ó 3360 Kgs/ha. de tierra de labor.

Es significativo que el suelo superior contenga más fósforo que el subsuelo o material primario. Fundándose la teoría en la acumulación del fósforo en suelos que no presentan erosión-

y en donde los restos (vegetales o animales) retornan al suelo.-- Debido a la baja solubilidad del fósforo, se producen pocas pér-- didas por lixiviación, tanto en suelos jóvenes como en antiguos.- Lógicamente en un suelo muy antiguo, en el que disminuye notable-- mente la materia orgánica, habrá pérdidas de este elemento en el-- horizonte A, como lo confirman estudios realizados por Godfrey y-- Riecken. ¹³

Fósforo orgánico en el suelo.-

Después de verificarse la mineralización de la mate-- ria orgánica una cierta fracción del ácido fosfórico del suelo -- se presenta en forma de compuesto orgánico y queda a disposición-- de la planta. Dicha materia es importante no solamente como sumi-- nistrante de fosfatos fácilmente solubles, sino también por retra-- sar o impedir mediante numerosos compuestos orgánicos, la fija-- ción inorgánica de los fosfatos solubles aplicados, haciéndolos - así fácilmente aprovechables por la planta.

Casi la mitad del fósforo de la mayoría de los suelos se halla en forma orgánica.

Se cree que el pH es el factor más importante en el - establecimiento de la proporción de fósforo total que pueda exis-- tir en forma orgánica. Se supone que aumentando el pH a un suelo-- ácido se tiende a mantener el fósforo del suelo en forma orgáni-- ca. Sin embargo lo cierto es que un suelo ácido tiende a acumular más fósforo orgánico por causas aún desconocidas.

Absorción del fósforo.-

El fósforo es absorbido en su mayor parte en forma de ión monovalente, ortofosfato, $H_2PO_4^-$, conocido generalmente como - "fosfato". Este es uno de los tres macroiones absorbido por las - plantas. Los otros dos son el nitrato y el sulfato.

El nitrógeno, fósforo y azufre, se combinan fácilmente con otros elementos para formar compuestos orgánicos y en esta forma no son asimilables por las plantas.

Existe una relación en la absorción del fosfato con los nitratos y los sulfatos; cuando existe una concentración (excesiva) de nitratos disminuye la absorción del fósforo por las plantas. El sulfato produce un efecto similar pero menos intenso. Este fenómeno se debe a la competencia que se establece entre los iones para penetrar en la planta.

Absorción del fósforo orgánico por las plantas.

Bajo las siguientes normas se forma un criterio sobre la absorción del fósforo:

- a).- Los factores que dan lugar a la rápida mineralización del nitrógeno, actúan de manera similar con el fósforo.
- b).- Las condiciones de suelo-campo que favorecen la mineralización del nitrógeno actúan de manera similar con el P.
- c).- A medida que se produce la mineralización del fósforo, se produce un aumento temporal de la cantidad de este elemento, que absorbido por la planta en su desarrollo desaparece rápidamente.

Relación entre el pH y el fósforo asimilable.

Se reconoce que el pH óptimo para la solubilización del fósforo se encuentran en el intervalo de 6.5 a 7.5.

En el intervalo de pH que se encuentra en el suelo (entre los valores de 4 y 10) existen tres formas de ortofosfa--

tos, el monovalente H_2PO_4^- ; el divalente $\text{HPO}_4^{=}$; y el trivalente $\text{PO}_4^{=}$. La existencia cualquiera de estas formas es función del pH.

Los iones $\text{PO}_4^{=}$ aparecen en débil cantidad en el intervalo de 9 a 10 (existiendo aún a un pH mayor, si bien en forma mineral insoluble). Entre 4 y 9 existen dos iones ortofosfato, H_2PO_4^- y $\text{HPO}_4^{=}$, que pueden existir en solución. La concentración en H_2PO_4^- , es máxima a un pH 4 y mínima a pH 9. Lo contrario ocurre con la forma $\text{HPO}_4^{=}$. Los dos iones están en equilibrio a un pH de 7.2.

La concentración en H_2PO_4^- será muy reducida en un suelo saturado de ión calcio, que preferentemente establece un valor de pH, situado en el intervalo 7.5 a 8.5. Por otro lado, el ión $\text{HPO}_4^{=}$ precipita por acción del calcio, dándose fosfatos dicálcicos, que es relativamente insoluble en agua.

Si el valor de pH es superior a 8.5, el suelo tiene una cantidad notable de sodio en forma intercambiable.

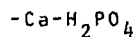
En el intervalo de pH situado por debajo de 6.4, aumenta la solubilidad de los hidróxidos de hierro y aluminio. Tanto el hierro como el aluminio, precipitan los iones H_2PO_4^- de la solución. Se conoce que los fosfatos de hierro y aluminio son más insolubles que los aniones fosfatos retenidos por los silicatos de la arcilla o precipitados por acción del calcio.

Aumentando el pH de un suelo mediante tratamientos con cal hasta pH 6.5 se reduce la solubilidad del hierro y el aluminio y aumenta la saturación con cal, lo que da oportunidad a formarse fosfatos de calcio, que son más solubles. Por otro lado la mayor proporción en iones OH^- competirán con los iones H_2PO_4^- , para ocupar las posiciones de intercambio aniónico.

Sin embargo aún con estas condiciones aparentemente favorables, la cantidad de fosfato en la solución es muy baja.

Con todo, la conclusión general es que la máxima cantidad de fosfato asimilable corresponde a un intervalo de pH de 6.5 a 7.5. - Dentro de este intervalo la mayor parte del $H_2PO_4^-$ asimilable no estará en solución, sino retenido por un enlace con el calcio de la arcilla y de aniones orgánicos de la siguiente manera:

arcilla o anión orgánico



P O T A S I O .

No obstante ser el potasio el elemento vital requerido en mayor cantidad por la planta, ha sido imposible aclarar completamente sus funciones, principalmente, por no formar compuestos orgánicos celulares.

A este elemento se le encuentra en estado soluble en el jugo celular o bien absorbido en el protoplasma, pudiéndose extraer en forma casi total de los tejidos vegetales, por medio del agua.

El potasio se acumula siempre en las partes vegetales donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos. En los casos de deficiencia es trasladado de las hojas adultas a los tejidos meristemáticos jóvenes.

La principal función del potasio es la de mantener la turgencia fisiológica de los coloides del plasma vegetal, la cual es imprescindible para el desarrollo normal de los procesos metabólicos. Mediante el balanceado efecto entre la respiración, la transpiración y el anabolismo, este elemento mantiene en equilibrio la economía acuosa de la planta, reduciendo con ello su tendencia a la marchitez. Tanto el fomento de la absorción del CO_2 , la formación, la condensación y el transporte de azúcares, así como la síntesis de las proteínas y de los lípidos, parecen estar posiblemente relacionados con ello. También la absorción y reducción de los nitratos, la división celular y muchos otros procesos

se ven estimulados por el adecuado abastecimiento de potasio. La actividad de diversas enzimas y fermentos está regulada asimismo por este elemento.

El potasio desempeña un importante papel, como elemento antagónico del nitrógeno. De ahí que, en ciertos casos el exceso de nitrógeno produzca un efecto fisiológico similar a la deficiencia potásica, y viceversa.

Además la contribución del potasio da firmeza al tejido de sostén (particularmente fibras esclerinquimatosas), es un hecho reconocido que se refleja en la mejor estabilidad de la planta (resistencia al encamado). Ello está también relacionado con el benéfico efecto del potasio sobre la calidad de la fibra de aquellas plantas explotadas con tal fin. De esta forma las plantas se vuelven más resistentes a las diversas enfermedades fungosas (v.g. cenicilla, roña y phytophthora) y al ataque de los insectos.

Formas de potasio en el suelo.-

1.- Minerales primarios: Feldespatos $KA1Si_3O_8$; intemperizable fácilmente.

2.- Micas: Moscovita $(H_2KA1_3(SiO_4)_3)$, Biotita $(HK)_2(MgFe)_3Al(SiO_4)_3$.

3.- Minerales secundarios: Arcillas, ó fijación por ellas.

Al entrar el potasio entre las láminas de arcilla, queda fijado y por tanto pierde su capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). El potasio ya no está a disponibilidad de la planta. La fijación es un proceso lento que puede durar varios meses.

El potasio es absorbido por las plantas en forma de -

ion K^+ , pero desde hace mucho tiempo el contenido de potasio de un suelo y de los fertilizantes, se expresa en forma de K_2O . Para diferenciar ambas formas se emplea el término potasa para el K_2O y potasio para el K^+ .

Relación entre el potasio y la materia orgánica.- Hemos visto la relación del nitrógeno y el fósforo con la materia orgánica. El potasio a diferencia de esos elementos no forman parte de las combinaciones orgánicas. Este elemento permanece activo en la planta y queda muy fácilmente en libertad cuando los restos vuelven al suelo. Por tanto, la cantidad de potasio en forma orgánica es insignificante.

Formas de potasio asimilable por las plantas.-

Se acepta en general que las raíces de las plantas intercambian los iones H^+ por cationes. En el caso del potasio las raíces de las plantas pueden intercambiar iones H^+ por iones K^+ de la solución o de los que están retenidos en las superficies de los retículos cristalinos de la arcilla y aniones orgánicos. Este último cambio se conoce con el nombre de intercambio por contacto.

La importancia relativa del intercambio por contacto frente al intercambio por solución, posiblemente depende más de la cantidad de agua del suelo que de otro factor. A medida que el contenido de agua del suelo aumenta, también aumenta la cantidad de iones K^+ . Por otro lado, a medida que disminuye la cantidad de K^+ en solución, las raíces de las plantas pueden absorber una cantidad apreciable de iones K^+ de una área de suelo seco, incluso por debajo del punto de sequía, lo que indica que se mantiene la turgidez de la planta debido a que hay una absorción de humedad de una zona diferente a la extensión de las raíces.

Así, pues, en vez de considerar la mutua importancia de cada uno de los sistemas de absorción de potasio, es mejor con

siderarlos como componentes de un proceso importante y esencial. Tanto el K^+ en solución como el intercambiable son asimilables - por la planta.

Existe una tendencia al equilibrio entre el K^+ en solución y el que está en forma intercambiable. A medida que la solución se empobrece en iones K^+ se sustituyen por los iones K^+ - que estaban en forma intercambiable.

K no intercambiable \rightleftharpoons K intercambiable \rightleftharpoons K - en solución.

Síntomas de deficiencia potásica.

Por lo general se manifiesta primeramente a través - de un amarillamiento de los ápices y márgenes foliares adultos. - Con la agudez de ella se propaga el amarillamiento hacia el cen- - tro o hacia la base de la hoja, apareciendo también síntomas de - deficiencia en las hojas jóvenes. Con el crecimiento, las zonas - foliares amarillas se tornan necróticas, mueren y adquieren una - coloración café-rojiza o café-parduzca. Un síntoma general y ca - racterístico es la nítida delimitación que guardan las áreas ama - rillas o necróticas y el tejido foliar sano. Su manifestación en - años de sequía, o en repetidos períodos de aridez, es especial - mente mayor. Debido a deficiencias potásicas y bajo ciertas con - diciones, pueden desarrollarse síntomas cloróticos en las hojas - jóvenes. Tales síntomas son el resultado de deficiencias fisioló - gicas de hierro.

101

C A P I T U L O V
MATERIALES Y METODOS.

a.- Ubicación del campo experimental.-

La parcela donde se llevó a cabo el estudio se localiza en los terrenos que ocupa actualmente el "campo agrícola experimental, Las Piedras", de Tecomán, Colima; del Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, y cuya ubicación se encuentra sobre la carretera Colima-Manzanillo, a la altura del kilómetro 44, y a 4 kilómetros de la ciudad de Tecomán, cuya situación geográfica ya fué definida en este trabajo.

b.- Tratamientos; fuentes de N, P_2O_5 y K_2O usadas.-

Se estudiaron 5 niveles de nitrógeno a incrementos -- uniformes de 0, 40, 80, 120, 160 Kgs./ha., de nitrógeno; y tres -- niveles para el fósforo a incrementos de 0, 40, 80 kgs./ha., de fósforo; usando para el potasio los niveles de 0, 40, y 80 kgs./ha. de potasio.

Las fuentes de nutrimento empleadas fueron:

Sulfato de amonio 19.5% de N.

Superfosfato de calcio triple 46% de P_2O_5 .

15/10

Sulfato de potasio 50% de K_2O .

Fertilización:

Las aplicaciones de fertilizantes se efectuaron en la siguiente concentración.

Primera fertilización.- se aplicaron en la siembra el 50% del nitrógeno total, mezclándolo con todo el fósforo y el total del potasio.

Segunda fertilización.- se efectuó cuando la planta tenía aproximadamente 40 cms. de altura promedio, aplicando el resto del nitrógeno.

c.- Análisis del suelo:-

Se llevó a cabo un previo estudio de análisis de suelo de una muestra representativa de las 10 tomadas al azar en la parcela; reportando los datos que se asientan a continuación.

Profundidad en cms.	0 - 20
Color en seco	10YR 6/3 café pálido.
Color en húmedo	10YR 5/3 café
pH	7.25
Textura	Migajón arenoso.
Materia orgánica %	0.86
Nitrógeno total %	0.076
Fósforo ppm.	84
Potasio ppm.	245
Calcio ppm.	441
Magnesio ppm.	246
C.E. mmhos/cm.	1.55
Clasificación	Normal.

Análisis mecánico:

Arena %	65
Limo %	20
Arcilla %	15

- El análisis del N se refiere al porcentaje de nitrógeno de la materia orgánica mineralizado en el ciclo de cultivo de verano: Para texturas de arenas y migajones arenosos se toma como normal de 4 - 6%.

El P aprovechable es determinado por el método de Olsen para suelos alcalinos y expresado en ppm de P en el suelo. Según los niveles críticos aproximados. Para maíz reporta de 3 - 5 ppm.

Potasio.- Extraído con solución 1 normal de acetato de amonio a pH = 7.0 y expresado en ppm de K en el suelo. Niveles críticos aproximados: Cereales, alfalfa y pastos = 45 - 55 ppm.

De acuerdo a estos resultados concluimos que nuestro suelo es:

Nitrógeno	Bajo
Fósforo	Alto
Potasio	Alto.

d.- Establecimiento del experimento.-

Aún en las posibilidades de conocer ampliamente todos los factores que obran en el desarrollo de un cultivo, resulta indispensable establecer un lote y ensayar sus resultados para obtener así una eficacia comprobada de estos factores.

La efectividad de los nutrientes y sus niveles se de-

terminaron en el experimento establecido en el "campo agrícola experimental de las piedras" en el municipio de Tecomán, Colima.

El ensayo se estableció el 20 de enero del año de 1972, sobre un diseño en bloques al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

1.-	00	-	00	-	00
2.-	00	-	40	-	00
3.-	40	-	40	-	00
4.-	80	-	40	-	00
5.-	120	-	40	-	00
6.-	120	-	40	-	40
7.-	120	-	40	-	80
8.-	120	-	00	-	40
9.-	120	-	80	-	00
10.-	160	-	40	-	40

DISTRIBUCION EN BLOQUES AL AZAR.-

R
E
P
E
T
I
C
I
O
N
E
S

6	5	9	2	10	4	8	1	3	7
---	---	---	---	----	---	---	---	---	---

I

10	4	6	3	1	8	5	7	2	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

II

3	1	7	5	6	2	9	8	4	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

III

9	4	10	3	1	7	5	2	6	8
---	---	----	---	---	---	---	---	---	---

IV

Parcela total; 5 surcos de 12 m. de long. = 60 m².

Parcela útil; 3 surcos (centrales de 10 m. de long.
total de parcela útil = 30 m².

Distancia entre surcos = 0.92 m.

e.- Características generales del experimento.-

Preparación del terreno.- Se efectuó mediante un paso de arado de discos y 2 pasos cruzados de rastra.

Se dió un riego de preparación.

Se sembró, según las recomendaciones técnicas obtenidas en este mismo campo experimental, con una separación entre -- surcos de 0.92 m. y a 0.25 m. de separación entre planta y planta, distancia que recomiendan los estudios al respecto, hechos en el Bajío, y con los cuales, se conoce que la planta absorbe los nu-- trientes de su zona radicular, sin exceso de competencia entre -- las mismas plantas. La densidad de siembra utilizada fué de - - - 43,000 plantas por hectárea. 16 kgs./ha.

Se utilizó la variedad de maíz H-503.

Se fertilizó en la siembra aplicando según el trata-- miento correspondiente: todo el fósforo y el potasio, más el 50% del nitrógeno.

Se tomó el porcentaje de germinación en cada uno de - los bloques:

Lectura del porcentaje de nacencia por bloque:

$$B_1 = 93 \%$$

$$B_2 = 95 \text{ ''}$$

$$B_3 = 85 \text{ ''}$$

$$B_4 = 89 \text{ ''}$$

Se efectuó la resiembra con semilla remojada para ace-- lerar la germinación.

La segunda aplicación del nitrógeno se hizo cuando la

planta tenía un promedio de 40 cms. de altura.

Los deshierbes se ejecutaron a mano cuando se juzgó oportuno.

Los riegos se hicieron por surco de cada tratamiento y por bloque, después del primer riego (de asiento), estos se llevaron con una periodicidad de cada 8 días para evitar marchitamientos, ya que la textura del suelo es muy ligera, y la temperatura elevada durante esta época.

Se usó dipterex granular contra el cogollero.

Se aplicó Lannate contra el barrenador del tallo y como medio de prevención contra el elotero.

Se aplicó insecticida Tamarón, contra gusano soldado, pulgón y chinche.

CAPITULO VI
RESULTADOS.

PESO NETO DEL MAIZ EN KGS. POR PARCELA UTIL
CON HUMEDAD GENERAL DEL 12 %.

TRATAMIENTOS :				REPETICIONES :					
				I	II	III	IV	Xi	\bar{xi}
1.-	00	-	00 - 00	1.649	2.619	2.360	2.868	9.496	2.374
2.-	00	-	40 - 00	3.444	1.202	1.475	1.102	7.223	1.805
3.-	40	-	40 - 00	3.127	4.977	6.209	5.820	20.133	5.033
4.-	80	-	40 - 00	3.292	10.913	5.225	10.670	30.100	7.525
5.-	120	-	40 - 00	11.913	7.712	10.670	10.884	41.197	10.299
6.-	120	-	40 - 40	11.390	11.834	8.843	8.452	40.519	10.129
7.-	120	-	40 - 80	7.954	7.854	9.660	12.436	37.904	9.486
8.-	120	-	00 - 40	12.510	10.308	10.185	7.198	40.201	10.050
9.-	120	-	80 - 00	11.640	7.760	9.797	11.937	41.134	10.283
10.-	160	-	40 - 40	13.386	12.384	6.639	14.376	46.785	11.696
	x. j.			80.323	77.563	71.063	85.743	314.692	
	\bar{x} . j.			8.032	7.756	7.106	8.574		7.865

ANÁLISIS DE VARIACION.

CAUSA DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO.	VALORES DE "F".	0.05	0.01	"F". CALC.
ENTRE TRATAMIENTOS.	$n - 1 = 9$	456.43	50.714	2.25	3.16	10.07	
ENTRE BLOQUES.	$a - 1 = 3$	12.49	4.163	2.96	4.60	0.82	
E. E.	$(a-1)(n-1)=27$	135.97	5.036				
TOTALES.	$an - 1 = 39$	604.89					

C.V. = 28.10

Aplicación de la prueba de "t" para determinar la significancia entre tratamientos.

Partiendo del error típico.

$$E.T.m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{4}} = 1.1.$$

Calculando el error típico de una diferencia

$$E.T.d = \sqrt{\frac{1.1^2}{1} + \frac{1.1^2}{1}} = 1.1 \times \sqrt{2}$$

$$E.T.d = 1.54$$

t de tablas para 27 G.L. = 2.90 (al nivel del 5%).

$$1.54 \times 2.90 \underline{=} 2.466$$

Todas las diferencias entre tratamientos que sean ma

yores que este producto, resultan significativas.

TABLA QUE MUESTRA LA SIGNIFICANCIA ENTRE TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTOS.	RENDIMIENTO EN KGS./HA.	SIGNIFICANCIA*
1.- 00 - 00 - 00	790.94	a
2.- 00 - 40 - 00	601.88	a
3.- 40 - 40 - 00	1666.86	b
4.- 80 - 40 - 00	2508.74	c
5.- 120 - 40 - 00	3433.07	d
6.- 120 - 40 - 40	3368.00	d
7.- 120 - 40 - 80	3163.49	cd
8.- 120 - 00 - 40	3349.41	d
9.- 120 - 80 - 00	3427.82	d
10.- 160 - 40 - 40	3903.11	d

(*).- Tratamientos con la misma letra son estadística-
mente iguales. Excepto el tratamiento No. 10, que es significati-
vamente superior al No. 7.

RENTAS		POS./Ba.		TRAMITACIONES.
1900	00	1900	00	
1	1	1		00 + 00 = 00
2	2	2		00 + 40 = 00
3	3	3	3	40 + 40 = 00
4	4	4	4 4 4 4	80 + 40 = 00
5	5	5	5 5 5 5 5 5 5 5	120 + 40 = 00
6	6	6	6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	120 + 40 = 40
7	7	7	7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	120 + 40 = 00
8	8	8	8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	120 + 00 = 40
9	9	9	9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	120 + 00 = 00
10	00	10	10 10 10 10 10	160 + 40 = 40

REGRAS DE LA COMPAÑIA DE SAN JUAN DE LOS RIOS
 AÑO DE 1902

C A P I T U L O V I I
DISCUSION DE RESULTADOS.

Las diferencias resultantes obtenidas entre las producciones de los diferentes tratamientos, se pueden apreciar con más detalle si se tienen presentes dos aspectos importantes:

- a).- El estado en que se encontraba el suelo de cultivo donde se estableció el experimento.
- b).- El efecto en la planta producido por la ausencia o la presencia de cada uno de los nutrientes - - aplicados en sus diferentes niveles.

Cabe hacer referencia respecto al estado del suelo, -
que éste fué blanqueado con anterioridad; cultivando en tal sitio, maíz sin fertilizar, con el fin de disponer de un terreno lo más homogéneamente posible, en cuanto a fertilidad. }

Los resultados del análisis del suelo nos dan idea -- clara de las condiciones del suelo para nutrientes, pH, materia orgánica, y sales.

De los nutrientes tanto el fósforo como el potasio se encontraban en alta proporción, únicamente el nitrógeno presentó nivel crítico para el cultivo de maíz.

El pH resultante de 7.25 representa el rango en el --
cual se considera que todos los elementos pueden actuar eficiente-
mente.

0.86% de materia orgánica nos representa un suelo po-
bre y por consecuencia de baja fertilidad.

La C.E. de 1.55 mmhos/cm., es el resultado de un sue-
lo normal sin problemas de sales.

La presencia de los síntomas de la deficiencia de un-
elemento, son una base para interpretar el efecto de los nutrien-
tes en las plantas.

La respuesta a la aplicación de estos nutrientes es -
observada cuando estos síntomas desaparecen o nunca llegan a apa-
recer y son reemplazados por el efecto que el nutriente produce en
ellas.

a.- Respuesta a la aplicación de nitrógeno.-

Para el nitrógeno, se conocen los síntomas de defi- -
ciencia que se caracterizan por una reducción de vigor y tamaño, -
clorosis y floración prematura.

Con los datos tomados durante el desarrollo de la - -
planta, dureza del tallo de la planta, espigamiento, coloración y
alturas se puede interpretar la eficiencia del nitrógeno en cuanto
to a estas funciones en la fisiología de la planta.

Cuantitativamente solo el espigamiento y la altura --
son factores susceptibles de medición.

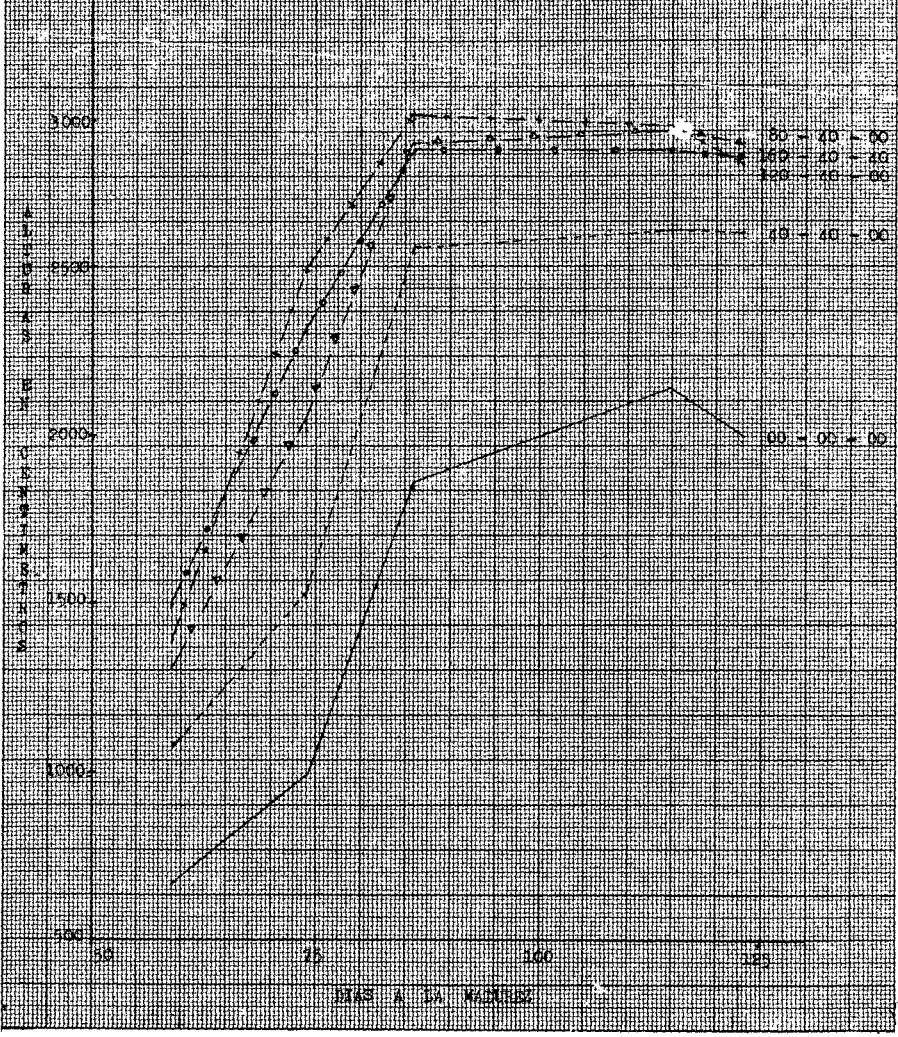
LECTURAS DEL PORCENTAJE DE ESPIGAMIENTO.

T R A T A M I E N T O S :				Lectura del por- centaje a los - 74 días.	Lectura del porcenta- je a los 83 días.
1.-	00	-	00 - 00	6	87
2.-	00	-	40 - 00	10	83
3.-	40	-	40 - 00	13	92
4.-	80	-	40 - 00	21	96
5.-	120	-	40 - 00	25	98
6.-	120	-	40 - 40	25	98
7.-	120	-	40 - 80	27	96
8.-	120	-	00 - 40	31	97
9.-	120	-	80 - 00	36	97
10.-	160	-	40 - 40	34	98

Se puede observar en estos datos un incremento cons--
tante en el porcentaje de espigamiento en cada incremento en los-
niveles de fertilización; muy a pesar de que la falta de nitróge-
no debe producir una floración prematura. Probablemente, la ac- -
ción del fósforo nulificó este efecto, ya que también el fósforo-
influye notablemente en la floración y madurez del producto.

Con relación al factor alturas.- En la gráfica si- --
guiente se puede apreciar que con 80 kilogramos de nitrógeno, el-
maíz alcanza su altura óptima, no aumentando significativamente a
incrementos en los niveles de fertilización.

ALGUNAS ALCANZADAS DEBIDO AL DESARROLLO VEGETATIVO DEL
 MAIZ, EN CINCO DE LOS TRATAMIENTOS MAS SIGNIFICATIVOS.
 CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL "LAS FIERRAS" TACOMA, PERU (1972)



b.- Respuesta al fósforo:

De los resultados obtenidos en el experimento y los de laboratorio (alto contenido de P en el suelo), se infiere que el fósforo no fué factor limitante para el desarrollo del cultivo.

Ya se ha hecho mención al efecto del fósforo en relación a la floración; para corroborar lo expuesto, observemos los datos tomados de deficiencia en mazorcas; para los cuales no se manifiesta diferencia en el tamaño de las mazorcas y olores sin llenar, para los tratamientos carentes de fósforo, efecto que sí es observado en los tratamientos con distinto nivel de nitrógeno.

Resultado de los promedios generales en la toma de medidas para: cuatro (4) mejores mazorcas, y relación entre diez (10) mazorcas deficientes y olores sin llenar:

T R A T A M I E N T O S :				CUATRO MEJORES MAZORCAS	MAZORCAS DEF./OLORES SIN GRANO.
1.-	00	-	00 - 00	10.62	8.5 + 2.0
2.-	00	-	40 - 00	9.62	8.6 + 1.4
3.-	40	-	40 - 00	12.51	10.9 + 1.3
4.-	80	-	40 - 00	14.56	12.2 + 1.4
5.-	120	-	40 - 00	13.18	12.1 + 1.7
6.-	120	-	40 - 40	15.93	11.8 + 1.9
7.-	120	-	40 - 80	15.12	11.9 + 1.6
8.-	120	-	00 - 40	12.93	12.0 + 1.7
9.-	120	-	80 - 00	16.22	12.8 + 1.9
10.-	160	-	40 - 40	17.00	12.8 + 1.8

c.- Respuesta al potasio:

Bajo ningún aspecto en los datos obtenidos se observa ron respuestas al elemento; contrariamente, los tratamientos con adición de potasio se manifestó una ligera merma en rendimiento, - atribuible al antagonismo que el nitrógeno presenta con el potasio; en el cual un exceso de nitrógeno, produce un efecto similar (fisiológico) a la deficiencia potásica, y viceversa.

C O N C L U S I O N E S .

Se previó que los resultados fuesen adaptables al nivel medio económico del agricultor del valle de Tecomán, para lograr así el propósito fundamental de "obtener la máxima utilidad con la mínima inversión."

Los resultados obtenidos nos ponen de manifiesto, que el uso de los fertilizantes, principalmente nitrogenados, elevan considerablemente los rendimientos en el cultivo del maíz. Dependiendo también de un nivel adecuado de fósforo asimilable en el suelo, que generalmente se obtiene con 40 Kgs./Ha. de este nutriente.

Las fórmulas que resultaron estadísticamente iguales entre sí, utilizando la prueba de "t", al 5% lo fueron:

1.-	120	-	40	-	00
2.-	120	-	40	-	40
3.-	120	-	00	-	40
4.-	120	-	80	-	00
5.-	160	-	40	-	40

De acuerdo a estos resultados y al análisis económico se recomienda aplicar al cultivo del maíz, para esta localidad, - 120 kilogramos de nitrógeno por hectárea, adicionando 40 kilogramos de fósforo por hectárea; aplicándose todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno en la --

primera escarda.

Debe hacerse presente que estas recomendaciones no son definitivas, por ser resultados preliminares del estudio.

Se entiende entonces la importancia de continuar los experimentos y ampliarlos para diferentes sitios, obteniendo así resultados más representativos de los tipos de suelo dominantes -- del valle, afinando con ello estos resultados y sus recomendaciones generales.

RESUMEN.

Considerando que actualmente la gran mayoría de campesinos, ejidatarios principalmente, no han cambiado el sistema de explotación de sus tierras, cultivando tradicionalmente el maíz y aunando a ello la presión económica que sobre la tierra se ejerce, debido principalmente a la explosión demográfica y baja industrialización rural; surge por ello la necesidad de hacer producir al máximo los terrenos de cultivo para aliviar un poco el problema económico.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, toma parte en la búsqueda de estas soluciones; investigando su Departamento de Suelos los mejores niveles de fertilización, que produzcan los rendimientos más elevados, considerando estos rendimientos desde un punto de vista económico.

El ensayo sobre diferentes niveles de fertilización se inició en 1972 en el campo agrícola experimental "Las Piedras" de Tecomán, Colima, con un diseño en Bloques al azar, utilizando 10 tratamientos o niveles de fertilización y 4 repeticiones.

Los resultados obtenidos muestran que la fórmula 120-40 - 00 es la que estadística y económicamente produce los mayores rendimientos, sin embargo, se debe tomar su recomendación con algunas reservas, ya que los resultados son tan sólo preliminares; por lo que resulta necesario continuar estos trabajos para asegurar estas recomendaciones.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Aldrich, R. S. and Long. E. R. 1969. Modern Corn Production.
- 2.- De la Loma, J. L. 1962, Experimentación Agrícola.
- 3.- Godfrey, C.L. y F.F. Riecken, 1954. Distribution of phosphorus in some Genetically Related Loess-derived Soil.
- 4.- Hoffern, G.N. 1941. "Deficiency Symptoms of Corn and Small - Grains, Hunger Signs in Crops. Amer. Soc. Agrn. and Nat. - - Fert. Assoc. Washington.
- 5.- Interacción entre la humedad del suelo y la fertilización, - Boletín Técnico No. 54; Guanos y Fertilizantes de México, S. A. Año XII 3-5.
- 6.- Dr. A. Jacob y Dr. Von Uexkull. 1966., FERTILIZACION, nutri- ción y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales.
- 7.- Laird, R.J. Alvaro, R.B. y J. H. Rodríguez. 1966. Análisis - combinado de resultados de experimentos con fertilizantes y obtención de una ecuación que permita estimar recomendacio- nes específicas para prácticas de fertilización.
- 8.- Long O.H. "Nitrogen and Sancing Experiments with Corn".

- ✓ 9.- Philips, R.E. and Kirkham, D. 1960, Soil compactation in the field and growth. Agronomy Journal. 59:29.
- 10.- Reichman, G.A. Carlson, C.W. et al. 1959. N and P composition and yield of corn as affected by fertilization. Agronomy Journal 51:575.
- 11.- Thompson, L.M. 1962. El suelo y su fertilidad.
- 12.- Vidal F.C. 1965., Método PURDUE de análisis de suelos y tejidos vegetales. Guanos y Fertilizantes de México. Boletín Técnico No. 44.
- 13.- W. Cooke G. 1964. Fertilizantes y su uso.