

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LOS FERTILIZANTES PARA EL TRIGO EN MEXICO

Por **Ricardo Chávez** (*)

I. INTRODUCCION

Las ideas y teorías de Malthus inquietan de nuevo la opinión general de los países civilizados; un aumento de población humana frente a una producción que no acusa un índice equivalente de aumento, es un asunto que está mereciendo grande importancia a estadistas e investigadores.

Es indudable que la población requiere cada día mayores recursos y alimentos, y, aunque la producción, en términos absolutos, va acrecentándose, dicho aumento no es lo suficientemente grande para satisfacer la demanda total. En muchos países, comienza a actuar la restricción de la natalidad como un medio para reprimir la pobreza y la miseria futuras, pero en todos se trata de alcanzar un máximo de producción, con lo cual se ofrece una solución positiva del problema.

La investigación agrícola tiene como último objetivo el aumento de la producción. El mejoramiento de la planta y la tecnificación de los cultivos por medio de la mecanización que trae consigo el mejoramiento de las prácticas culturales, son factores de grande interés en el aumento de la producción; sin embargo, es necesario que la fertilidad del suelo se presente en un estado poco menos que ideal o perfecto a fin de que el esfuerzo tendiente a obtener una más alta producción no se menoscabe ni se pierda.

La producción de trigo de México en la cosecha correspondiente al año de 1.946-47 arrojó un total de 421.859 toneladas, cantidad insuficiente para satisfacer las necesidades del pueblo mexicano. Por dicha razón México hubo de importar en dicho período 246.265 toneladas del grano, vale decir, un 40% aproximadamente del trigo consumido (10)*. En el año de 1950, la sola importación de trigo de los Es-

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo..

tados Unidos, ascendió a un valor de U.S. \$ 31'000.000,00 (1).

En los últimos años, se nota un aumento constante en la producción mexicana de trigo. El dato estimado de la producción correspondiente al año de 1948-49 es 15.03% mayor que el promedio de los cinco años anteriores (10).

El incremento de producción ha sido sin duda apreciable pero es necesario obtener un mayor índice de aumento con el fin de satisfacer las necesidades nacionales.

Todo déficit de producción agrícola puede cubrirse mediante un mayor número de hectáreas cultivadas. Tal solución supone reemplazar otros cultivos por el trigo, hecho que pocas veces se registra en la práctica y que ocasionaría por parte de los agricultores cierta resistencia, aún en el caso de que el Gobierno interviniera. La mayor extensión de los cultivos podría también obtenerse por la apertura de nuevas tierras, lo cual requiere ingentes inversiones por parte del Estado.

La obtención de un rendimiento más alto por unidad de superficie como requisito para lograr un aumento de producción es más susceptible de efectuarse, aunque demanda una investigación reflexiva y concienzuda.

El rendimiento de trigo por unidad de superficie en México, es bastante bajo si lo comparamos con el obtenido por otros países, especialmente europeos, productores del grano.

En el pobre rendimiento que exhibe México confluyen diversas causas, entre otras, semillas de baja calidad, falta de mecanización del cultivo y pérdida de la fertilidad de los suelos, motivada por el cultivo continuo, sin ninguna política de rotación ni de abonamientos, o por la erosión y la tenencia de la tierra.

En una campaña sistemática y coordinada que se estableciera con el fin de mejorar el nivel intrínseco de fertilidad de los suelos de la Mesa Central, el uso de los fertilizantes jugaría un papel de fundamental importancia, tanto más valioso cuanto es una práctica viable y de efectos inmediatos.

Actualmente, México está empeñado en producir cada día mayores cantidades de fertilizantes y, por tanto, el país puede verse abocado a un fuerte consumo de dichos artículos. Si la aplicación de los fertilizantes no obedece a un plan racional y técnico, podría caer en descrédito una de las prácticas más ventajosas de la agricultura.

(*) Los números entre paréntesis se refieren a la literatura citada.

En el presente estudio, el autor recoge los datos de una investigación relacionada con los fertilizantes para el cultivo del trigo llevada a cabo en la Mesa Central y los presenta como un aporte para el conocimiento de la fertilidad de los suelos mexicanos.

El valor de este estudio es sólo relativo, por cuanto necesita un mayor margen de seguridad, el cual será obtenido mediante un mayor número de observaciones realizadas en diversas situaciones climáticas. El estudio, repetimos, es tan sólo una faceta del problema total. Este será, sin duda, tratado por verdaderos especialistas ante un mayor acopio de conocimientos que le darán una más sólida estabilidad científica.

II. REVISION DE LA LITERATURA

Se han llevado a cabo innumerables estudios acerca del efecto de los fertilizantes sobre el cultivo del trigo, pero en la presente revisión nos limitaremos a consignar únicamente aquellos que posean un interés más inmediato o local.

Se ha establecido definitivamente que las variedades de trigo muestran diversas respuestas a la fertilización especialmente a la del nitrógeno (14, 15). Vavilov explica que estas diferencias varietales en la utilización de los fertilizantes están determinadas por características biológicas y por diferencias en los sistemas radiculares (14).

Reitz y Myers (12), en una investigación sobre el efecto del superfosfato en el trigo, anotan que la aplicación de este fertilizante aumentó el grano y la paja, redujo el contenido de proteínas del grano y aceleró la madurez de la planta.

Baver, en un estudio sobre las relaciones entre la aplicación de fertilizantes potásicos y el suelo y la planta, anota que los cereales de grano pequeño parecen mostrar la menor respuesta, entre los diversos cultivos, a la aplicación de este tipo de fertilizante. (3).

Colwell, en experimentos realizados en México durante el año de 1.944-45, obtuvo respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados en el 80% de los casos y a la de los fosfatados en el 60%; obtuvo incrementos de grano de trigo equivalente a 6.1 bushels por acre para el tratamiento de 40 kilos de nitrógeno por hectárea. Añade que las deficiencias de nitrógeno y de fósforo son factores importantes en la baja producción de maíz y de trigo en México. Anota que los bajos valores de nitrógeno y de materia orgánica de los suelos estudiados son debidos, en parte, al cultivo continuo de maíz y de trigo. Los suelos que no respondieron a adiciones de fosfatos tenían 10.78 y 4.95 p.p.m. de P_2O_5 para los horizontes 0-15 centímetros y 15-45 centímetros, respectivamente. Los valores correspondientes a suelos donde se obtuvo respuesta significativa a la aplicación de fósforo, fueron 4.32 y 1.45. Por otra parte, encontró que todos los suelos tenían

un alto contenido de potasio, de manera que la inclusión de este elemento no tuvo ningún efecto sobre la producción. (7).

Yepes (16) encontró, para el trigo en México, una buena respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

En experimentos de fertilizantes para el trigo en diversas zonas de México, Soberón Hernández señala que la deficiencia más generalizada es la de nitrógeno. (13).

En la siembra de verano de 1948, Barrus (2) realizó 22 ensayos demostrativos de fertilización en la región del Bajío, en México. Diez de dichos ensayos dieron respuesta significativa a la aplicación del fertilizante cuya fórmula fue la de 40-40-0 (kilos de N - P₂O₅ - K₂O por hectárea). El incremento medio de los 22 ensayos fue de 391 kilogramos por hectárea a favor del tratamiento con fertilizante.

En el invierno de 1948-49, el Comité de Multiplicación y Propagación de Semillas Mejoradas, organización dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México, tuvo a su cuidado 2.000 hectáreas para el fomento de las variedades mejoradas de trigo, distribuidas en las regiones de Puebla, La Laguna y El Bajío. Los suelos del Bajío y de Puebla recibieron un tratamiento de 60-60-0 (kilos de N - P₂O₅ - K₂O por hectárea); para la Laguna se aplicó la fórmula 40-40-0. El nitrógeno se suplió con sulfato de amonio; el fósforo con superfosfato de calcio. Se hicieron dos aplicaciones: una al momento de la siembra, con la mezcla de sulfato de amonio y superfosfato, y, posteriormente, antes de encañar el trigo, una segunda aplicación a base de nitrato de sodio, exclusivamente. Los resultados, según Carlos Sabazos García(*), fueron satisfactorios para la fórmula 60-60-0 y un poco inciertos para 40-40-0.

Así pues, se observa que todos los investigadores, que han trabajado en experimentos similares en México, concuerdan en que los suelos de la Mesa Central acusan una deficiencia general de nitrógeno y de fósforo. Hacen hincapié también en que dichos suelos tienen un buen contenido de potasio, lo cual hace innecesaria su inclusión en la adición de fertilizantes.

El objetivo particular del presente estudio estriba en conocer la respuesta de una variedad de trigo mejorada, la "Rocamex 211", que está siendo difundida con mucho entusiasmo por los agricultores de las zonas trigueras de la Mesa Central y del Bajío, en México.

Al mismo tiempo se persigue, dado el número de campos de experimentación, caracterizar los suelos de la región con el objeto de establecer una relación entre el estado actual de fertilidad de los suelos y su posible respuesta a la aplicación de fertilizantes.

(*) Comunicación personal.

III. MATERIALES Y METODOS

La experimentación se llevó a cabo en la siembra de otoño de 1948-49 en la Mesa Central y El Bajío, regiones que tienen grande importancia dentro de las zonas trigueras mexicanas. Los Estados abarcados en este estudio fueron: Guanajuato, Hidalgo, México, Puebla, Querétaro y Tlaxcala.

La mayoría de los suelos cobijados en el presente estudio pertenece a los grandes grupos de suelos Chernosem y Pradera. En general, son suelos de textura pesada que han estado sujetos al cultivo continuo de maíz y de trigo.

El clima, por lo general, puede considerarse como semiárido con inviernos secos; templado, sin estación invernal definida. El clima es un factor determinante en la agricultura de esta zona. Las siembras de trigo se efectúan hacia el final del otoño (noviembre y diciembre), y el cultivo, para su supervivencia, debe regarse con el fin de suplir la escasez de lluvia que se presenta durante su período vegetativo. Sólo tres experimentos ubicados en dos localidades: Juchitex y Tullillo (Estado de México), no recibieron riego alguno. Estas localidades son las más altas, como que tienen una altura de 2.600 y 2.775 metros sobre el nivel del mar respectivamente, o sea alrededor de 1.000 metros más sobre el resto de los experimentos. En verano, época en la cual ocurren las lluvias, el cultivo de trigo es bastante aleatorio, pues sucumbe ante la presencia de enfermedades fungosas. La variedad "Rocamex 211", resistente a las enfermedades, puede ser cultivada con éxito en esta época.

Las parcelas de experimentación se colocaron preferentemente cerca de las carreteras a fin de lograr una mejor supervisión.

Los propietarios de los campos pertenecían a diversos estratos sociales: ejidatarios, pequeños y medianos agricultores, hacendados pudientes y escuelas rurales oficiales. En general, los propietarios de los campos se mostraron muy interesados por la naturaleza de los trabajos de investigación y, en muchos casos, coadyuvaron en las faenas de aplicación del fertilizante y de observación con un interés digno de encomio.

Se colocaron en total 37 experimentos de los cuales se cosecharon 23. Las causas de la pérdida de los restantes experimentos fueron, especialmente, las siguientes:

a) Mala localización de las zanjas para el riego, las cuales atravesaron las parcelas en una forma tal, que redujeron enormemente el área de cultivo, imposibilitando, por tanto, la cosecha de ellas.

b) Efectos dañinos motivados por la cercanía de árboles frondosos, bajo cuya sombra se presentó poco crecimiento.

c) Pérdida de estacas que demarcaban los puntos de referencia de la localización de las parcelas, sobre todo en experimentos que no mostraban diferencias bien marcadas en sus tratamientos.

d) Fijación errada de la época de cosecha por parte de los agricultores.

Por las razones expuestas no fue posible cosechar ningún experimento en el estado de Tlaxcala, por lo cual éste quedó fuera de las observaciones.

Se tomaron tres niveles de nitrógeno: 0, 20 y 40 kilos del elemento por hectárea y dos niveles de fósforo y de potasio (0 y 40 kilos/ha. expresados como P_2O_5 y K_2O respectivamente), con los cuales se formaron ocho tratamientos, cuyas fórmulas son las siguientes:

	N		P		K	
1)	0	—	0	—	0	
2)	20	—	0	—	0	
3)	20	—	40	—	0	
4)	40	—	0	—	0	Kilos de N — P_2O_5 y K_2O por hectárea
5)	40	—	40	—	0	
6)	40	—	40	—	40	
7)	40	—	0	—	40	
8)	0	—	40	—	0	

Para el nitrógeno se usó el sulfato de amonio de una riqueza de 20.6% de N. El fósforo fue abastecido por superfosfato de calcio de 20% de P_2O_5 y el potasio por cloruro de potasio de 60% de K_2O .

La mezcla de estos fertilizantes se hizo a mano.

El diseño del experimento fue de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro replicaciones. Las dimensiones de las parcelas individuales para cada tratamiento fueron de cuatro metros por lado y se dejó un metro de calle entre los bloques. Al final, sólo se cosechó la cuarta parte de cada parcela, de manera que las dimensiones efectivas quedaron reducidas a 2×2 metros. Las dimensiones totales del experimento fueron 19×32 , lo cual equivale a una superficie de 608 metros cuadrados.

La preparación del terreno, la siembra, el tapado de la semilla y los riegos se hicieron siguiendo la manera típica de cada región. Sólo hubo tres experimentos en los cuales no se aplicó riego alguno.

Se tomaron muestras de suelos a 0-20 centímetros y a 20-40 centímetros, las cuales fueron analizadas en el laboratorio. Por regla ge-

neral dichas muestras fueron tomadas en las parcelas correspondientes a los tratamientos testigos.

La aplicación del fertilizante se hizo al voleo en el momento de la siembra.

Posteriormente, se tomaron observaciones sobre color, altura y número de macollas. Por lo general, se tomaron dos observaciones, la primera cuando las plantas tenían entre 8 y 10 semanas y la segunda hacia el final de su período vegetativo.

La altura se promedió con la lectura de tres plantas tomadas al azar. El número de macollas está dado por el promedio de veinte plantas tomadas al azar y situadas en un cuadro de 3×3 metros dentro de cada parcela.

Además, se tomó en cuenta la población, la cual se clasificó en buena, regular y mala, y se anotó el número de riegos.

La densidad de siembra fue la acostumbrada por el agricultor. Sólo en los casos donde facilitamos la semilla ("Rocamex 211"), la densidad de siembra se controló a razón de 80 kilos por hectárea.

Las características más sobresalientes de la variedad "Rocamex 211", llamada también "Supremo", son las siguientes (5):

"La variedad Rocamex 211 tiene una espiga grande, con barbas, algo rala, con glumas de color café; el grano es largo, rojo y semiduro. Cuando se siembra en lugares a los que no está adaptada, puede haber algo de esterilidad en las espiguillas inferiores y debilidad en las glumas, lo cual puede causar una reducción considerable en el rendimiento".

"Esta variedad se obtuvo de una muestra del cruzamiento **Surpresa x (Hope x Mediterraneum)**".

"Es de la clase de madurez media y resistente a los tres chahuixtles que atacan al trigo en México: chahuixtle del tallo (**Puccinia graminis tritici**), chahuixtle de la hoja (**Puccinia triticina**) y chahuixtle lineal amarillo (**Puccinia glumarum**). Es también resistente al carbón apestoso".

"Es de buena calidad y tiene buenas características de molienda y panificación".

De los 23 experimentos cosechados, 13 se sembraron con la variedad "Rocamex 211"; los diez restantes con variedades criollas típicas de cada región.

El trigo se trilló en una máquina pequeña de tipo experimental. Se dejó que el grano perdiera la humedad en secadores de aire caliente por espacio de 48 a 72 horas. Luego se dejó que el grano absorbiera la humedad ambiental y se pesó. Los resultados se expresaron en kilogramos por hectárea o tonelada por hectárea.

Las muestras de suelos se llevaron al laboratorio, donde se verificaron los siguientes análisis:

pH.— Determinado por electrotitulación con potenciómetro Beckman en una relación 1:1 con agua destilada libre de CO₂ y de pH 6.8.

Materia orgánica.— Determinación por vía húmeda por el método de Walkley y Black modificado por Peech. (11).

Fósforo aprovechable.— Determinado por método de CO₂ por 15 minutos. (8).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla N^o I se da un resumen de la producción de grano de cada uno de los tratamientos de los veintitrés experimentos cosechados, agrupados en escala ascendente en cuanto a su respuesta al tratamiento 40-40-0.

El promedio general del tratamiento testigo, sin ninguna clase de fertilización, fue de 890 por hectárea. Con todos los tratamientos de fertilización se obtuvieron aumentos en la producción de grano. Los mayores aumentos se alcanzaron con niveles de fertilización altos o sea con los tratamientos 40-40-0 y 40-40-40, con los cuales se obtuvo un aumento de 34.8% en relación con el testigo. Con los tratamientos 20-40-0 y 40-0-0 se logró un aumento, en relación con el testigo, de 20.2%. 20-0-0 produjo un aumento de 11.2%; 40-0-40 de 16.8% y 0-40-0 tan sólo de 6.7%. (Ver tabla N^o I y gráfico N^o 2).

Black y sus colaboradores (4) determinan la eficacia del fertilizante calculando el índice de eficiencia, el cual obtienen dividiendo el número de libras de fertilizantes aplicado por la diferencia de producción en bushels por acre, entre el tratamiento estudiado y el testigo. Lo cual quiere decir que el índice de eficiencia es la cantidad de fertilizante requerida para formar una unidad de incremento de producción.

Al obtener este índice de eficiencia con el sistema métrico decimal (kilos del fertilizante y kilos de aumento de producción), los valores resultaron muy bajos, razón por la cual trabajamos con el número recíproco, de tal manera que el índice de eficiencia viene a representar, en este estudio, el número de kilos de incremento de cosecha que produce un kilo del elemento fertilizante.



Así, mientras mayor sea el índice de eficiencia, mayor será la eficacia del fertilizante empleado.

Como se ve en la tabla N° II, la mayor eficiencia del fertilizante se logró con los tratamientos 20-0-0 y 40-0-0, cuyos índices son los más altos. Los tratamientos con los cuales se obtuvo la menor eficiencia son 40-0-40 y 0-40-0.

Relacionando estos índices con la respuesta de los tratamientos respectivos, podemos colegir las posibles deficiencias que pueden mostrar los suelos estudiados.

Así, para el nitrógeno, vemos que el tratamiento 20-0-0 produjo un aumento de 100 kilos por hectárea sobre el testigo, aumento que se hace un poco mayor si comparamos los tratamientos 20-40-0 y 0-40-0 entre sí. (Ver tabla N° III).

Los aumentos de producción obtenidos mediante la adición de fertilizantes nitrogenados y los altos índices de eficiencia respectivos (Ver tablas Nos. III y IV), nos manifiestan claramente que estos suelos presentan, por regla general, una aguda deficiencia de nitrógeno.

Observamos atrás que el tratamiento 0-40-0 era el menos eficiente. Sin embargo, este sólo dato no indica que no haya deficiencia fos-

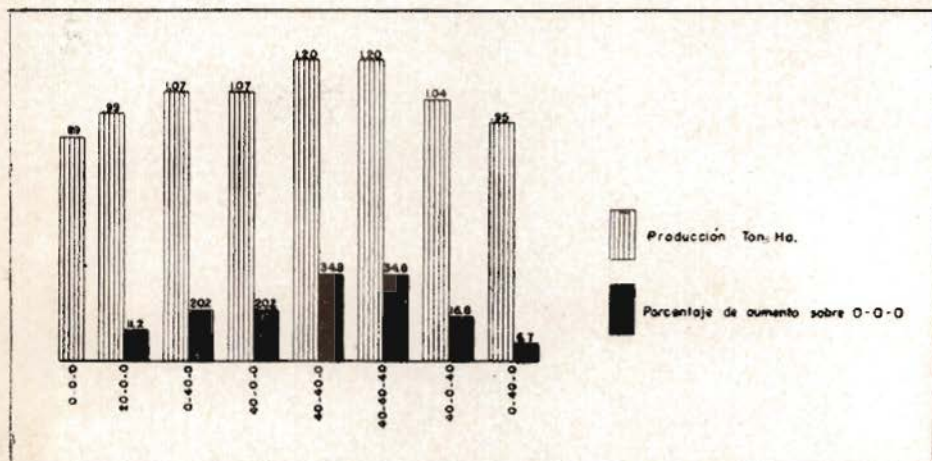


Gráfico N° 2— Promedios generales de producción de grano de los tratamientos y porcentaje de aumento sobre el tratamiento testigo Nos. 6, 28 y 32.

fórica, ya que la aguda inanición nitrogenada se refleja de una manera notoria en la producción de este tratamiento exclusivo de fósforo.

Por esta razón, para juzgar si hay una deficiencia fosfórica o nó, debemos tener presente aquellos tratamientos en los cuales el efecto del fósforo pueda observarse con mayor claridad después de haber corregido la deficiencia de nitrógeno. (Tabla N° V).

Por el aumento del índice de eficiencia del fertilizante fosfórico, se deduce que los suelos responden a la aplicación de superfosfato cuando se corrige la deficiencia de nitrógeno.

Según podemos ver en la tabla N° I ninguno de los experimentos dió una respuesta significativa al tratamiento exclusivo de superfosfato. Sin embargo, si en la misma tabla comparamos el tratamiento 40-40-40 con el 40-0-40 para deducir así la influencia del fósforo, obtendremos diferencias significativas en cinco casos (Experimentos Nos. 11, 13, 31, 35 y 36). También es digno de mencionar que el índice de eficiencia de los 40 kilos de nitrógeno en el tratamiento 40-40-0 (Ver tabla N° 4), es de 6.25, índice mucho mayor que el obtenido con el tratamiento exclusivo de 40 kilos de nitrógeno que fue de 4.50. Lo cual significa que la eficacia del fertilizante nitrogenado se aumenta como resultado de la presencia del fertilizante fosfatado que mejora el estado de fertilidad del suelo.

— TABLA N° I — Producción de grano de los tratamientos. Orden según la respuesta de los experimentos al fertilizante 40-40-0. En toneladas por hectárea.

Exp. N°	DMS 5%	0-0-0	20-0-0	20-40-0	40-0-0	40-40-0	40-40-40	40-0-40	0-40-0	Producción relativa (*)	1953
32		1.63	1.44	1.70	1.30	1.46	1.46	1.24	*2.25	112	
19		1.27	.88	.78	1.08	1.20	1.10	1.04	.94	106	
6		.97	1.10	1.05	.96	.94	1.06	1.08	1.00	103	
18		1.10	1.18	1.44	1.21	1.22	1.24	1.40	1.24	98	
17		1.18	1.27	1.36	1.43	1.29	1.18	1.43	.93	91	
12		.94	1.15	.93	1.30	1.06	1.09	1.15	1.04	89	
28		1.88	1.67	1.92	1.09	2.11	2.04	1.51	1.96	89	
24		.30	.35	.33	.30	.34	.43	.24	.44	88	
5	.23	1.26	1.33	1.40	1.64v	1.49v	1.47	1.41	1.00	85	
34		1.34	1.19	1.53	1.51	1.60	1.21	1.51	1.64	84	
3		1.16	1.41	1.54	1.42	1.43	1.51	1.39	1.34	81	
10		.92	1.14	1.06	1.10	1.13	1.52	.88	.92	81	
9		.76	.93	.82	.86	.93	.90	.82	.79	79	
27		.36	.34	.39	.47	.51	.61	.46	.37	71	
13	.19	.65	.81	.99v	.73	1.01v	1.02v	.79	.75	64	
29	.37	.73	.79	.87	1.10v	1.16v	1.30v	1.03	.72	63	
14	.25	.58	.72	.82	1.18v	1.04v	.09v	1.18v	.58	56	
26	.21	.98	1.50v	1.27v	1.66v	1.76v	1.61v	1.41v	1.15	56	
35	.50	.79	.83	1.12	.77	1.58v	1.58v	.91	.74	50	
11	.15	.51	.72	.92	1.06v	1.13v	1.08v	.98v	.51	45	
31	.12	.34	.47v	.70v	.74v	.85v	.80v	.66v	.31	40	
36	.62	.49	.71	.81	.88	1.26v	1.82v	.98	.91	39	
4	.40	.18	.79v	.77v	1.01v	.98v	.55	.61v	.43	18	
Promedio general		.88	.99	1.07	1.07	1.20	1.20	1.04	.95		
Aumento %			11.2	20.2	20.2	34.8	34.8	16.8	6.7		

CHAVES — CONTRIBUCION AL ESTUDIO

(*) $\frac{0-0-0}{40-40-0} \times 100$

Fuente: Investigación directa.
(v) Tratamiento significativo.

— TABLA N^o II. —

Indices de eficiencia de los varios tratamientos, con base en el promedio general expresado en kilos.

Tratamiento	Diferencia con el testigo. Kilos. D	Unidades del fertilizante. Kilos. U	Indice de eficiencia. D/U
20— 0— 0	100	20	5.00
20—40— 0	180	60	3.00
40— 0— 0	180	40	4.50
40—40— 0	310	80	3.88
40—40—40	310	120	2.58
40— 0—40	150	80	1.88
0—40— 0	60	40	1.50

Fuente: Investigación directa.

— TABLA N^o III —

Respuesta debida a 20 kilos de N/Ha.

Tratamiento	Producción Kilos.	Diferencia Kilos.	Indice de eficiencia.
20— 0— 0	990	100	5.00
0— 0— 0	890		
20—40— 0	1070	120	6.00
0—40— 0	950		

Fuente: Investigación directa.

En cuanto al efecto de 40 kilos de N por hectárea, observamos los datos de la tabla N^o IV:

— TABLA N^o IV —

Respuesta debida a 40 kilos de N/Ha.

Tratamiento	Producción Kilos.	Diferencia Kilos.	Indice de eficiencia.
40— 0— 0	1070	180	4.50
0— 0— 0	890		
40—40— 0	1200	250	6.25
0—40— 0	950		

Fuente: Investigación directa.

— TABLA N° V. —

Respuesta debida a 40 kilos de P₂O₅/Ha.

Tratamiento	Producción Kilos.	Diferencia Kilos.	Indice de eficiencia.
0—40— 0	950	60	1.50
0— 0— 0	890		
20—40— 0	1070	80	2.00
20— 0— 0	990		
40—40— 0	1200	130	3.26
40— 0— 0	1070		
40—40—40	1200	160	4.00
40— 0—40	1040		

Fuente: Investigación directa.

— TABLA N° VI —

Respuesta debida a 40 kilos de K₂O/Ha.

Tratamiento	Producción Kilos.	Diferencia Kilos.	Indice de eficiencia.
40—40—40	1200	0	0
40—40— 0	1200		
40— 0—40	1040	—30	—0.75
40— 0— 0	1070		

Fuente: Investigación directa.

La inclusión del potasio dentro de la práctica de fertilización no influye en el aumento de producción, y, por el contrario, puede ocasionar un ligero descenso en ella. (Ver tabla N° 6). Los suelos estudiados están pues bien abastecidos de potasio y de ahí que el tratamiento 40-0-40 sea uno de los menos eficientes.

Bray (6) relaciona la producción relativa con la cantidad del elemento asimilable en el suelo para tratar de diagnosticar una posible respuesta del cultivo al fertilizante, conociendo en el suelo la cantidad asimilable del elemento.

La producción relativa correspondiente a un elemento dado, es el resultado de multiplicar por ciento el cociente que se obtiene al dividir la producción del tratamiento en el cual dicho elemento no ha sido incluido por la producción del tratamiento completo, o sea el que incluye los tres elementos fertilizantes. (9).

Así, la producción relativa del tratamiento parcial sin nitrógeno sería el resultado de multiplicar por ciento el cociente que se obtiene al dividir la producción del tratamiento P-K por la de N-P-K.

Pero, hemos visto que el potasio no es deficiente en estos suelos, luego podemos reemplazar los tratamientos anteriores por O-P-O y N-P-O, respectivamente, sin tener en cuenta el potasio. En la tabla N° 8, vemos que los valores de la producción relativa del tratamiento parcial sin nitrógeno varían entre límites tan amplios como 36 y 154. Mientras menor sea la producción relativa, mayor es la respuesta a la aplicación del fertilizante nitrogenado. Al relacionar la producción relativa con el contenido de materia orgánica, se encontró una correlación altamente significativa ($r = 0.922$) de tipo curvilínea ($Y = a + b \log X$). (Ver gráfico N° 3).

Los suelos que acusaron una buena respuesta al fertilizante nitrogenado, con una producción relativa entre 36 y 67, tienen, como promedio, un contenido de materia orgánica de 1.44% para el horizonte 0-20 centímetros.

Los suelos que muestran una respuesta incierta al fertilizante nitrogenado, con producción relativa entre 72 y 98, alcanzan un tenor de materia orgánica de 1.95% para el mismo horizonte.

En cambio, los suelos que no respondieron a la adición de nitrógeno y cuyas producciones relativas son mayores de 100 acusan un porcentaje de 2.59 de materia orgánica, en promedio. Hubo un caso, experimento N° 28, donde la aplicación de nitrógeno causó una baja significativa en la producción.

También se encontró una correlación altamente significativa ($r = 0.540$) entre el contenido de fósforo asimilable de los suelos y la producción relativa del tratamiento sin fosfatos. (Ver gráfico N° 4).

El grupo de suelos que tiene una producción relativa bastante baja, entre 54 y 83%, acusa un tenor de 6.09 p.p.m. de P₂O₅ para el horizonte 0-20 centímetros. Corregida la deficiencia nitrogenada, sólo se obtuvo respuesta significativa al tratamiento de fosfatos en cinco casos (Experimentos Nos. 11, 13, 31, 35 y 36), siendo su contenido promedio tan sólo de 2.20 p.p.m. de P₂O₅ en los primeros veinte centímetros de suelo.

Por otra parte, el grupo de suelos que muestra poca o ninguna respuesta a la aplicación de fosfatos, tiene un contenido de 13.83 p.p.m. de P₂O₅ para el horizonte 0-20 centímetros. (Ver tabla N° 9).

La producción relativa con respecto al potasio muestra una suficiencia general de los suelos hacia este elemento. Sólo en dos casos

— TABLA N° VII —

Resultados de los análisis químicos. (Según orden establecido en la tabla N° I)

Exp. N°	Materia orgánica Porcentaje		Fósforo asimilable. p.p.m. P2O5		pH	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
32	3.48	2.77	63.11	60.23	8.00	8.10
19	2.37	2.37	.73	1.17	6.5	5.4
6	1.55	1.10	57.9	4.8	7.9	7.8
18	3.39	3.39	.88	.73	5.7	5.85
17	3.87	1.60	1.4	5.9	6.9	6.5
12	0.79	1.24	7.07	4.5	6.8	6.8
28	2.0	1.38	25.0	38.6	6.9	6.9
24	4.42	3.86	4.5	4.2	5.4	5.6
5	1.39	1.48	4.4	4.4	7.5	7.5
34	2.12	3.02	4.33	2.43	8.02	8.03
3	1.58	1.64	7.9	4.1	6.6	6.6
10	1.93	1.89	1.07	1.2	8.0	7.9
9	2.17	1.89	9.7	6.8	7.7	7.4
27	2.21	1.72	15.7	7.4	6.5	6.5
13	1.10	1.17	1.3	3.1	7.0	6.45
29	1.52	1.52	3.6	0.6	6.8	7.1
14	1.21	0.93	2.96	3.1	6.9	6.4
26	1.59	1.45	11.5	9.1	7.6	7.3
35	1.43	1.59	2.43	1.66	7.9	8.0
11	1.10	1.31	2.6	2.6	7.1	6.8
31	1.72	0.96	2.28	3.7	7.8	7.8
36	1.43	1.59	2.43	1.66	7.9	8.0
4	1.58	1.64	7.9	4.1	6.6	6.6

Fuente: Investigación directa:

Analistas: Alejandro Martínez Ulibarri, Carlos Romo Garza y Ricardo Chaves.

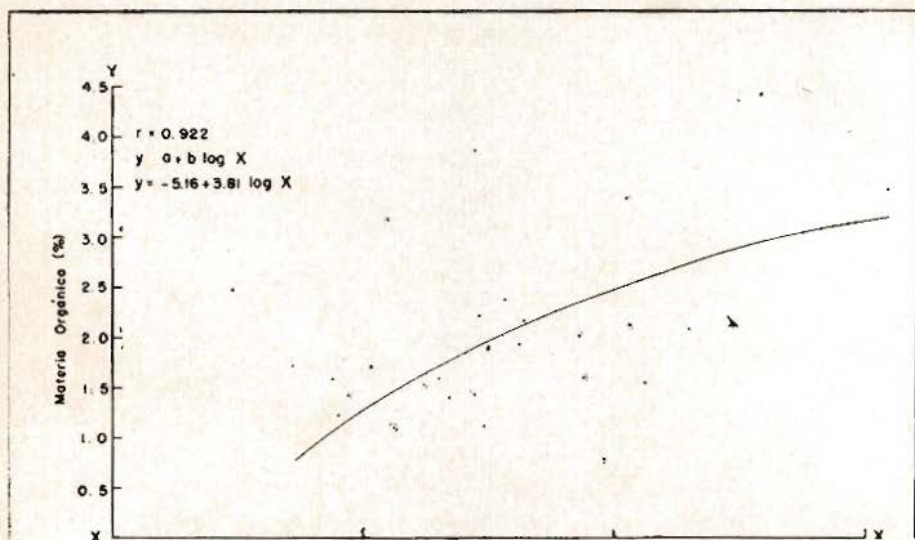


Gráfico N° 3— Correlación entre materia orgánica y respuesta al fertilizante nitrogenado.

se obtuvo una producción relativa realmente baja. Experimentos Nos. 10 y 36). El experimento N° 36 corresponde a un campo contiguo al N° 35, cuya producción relativa exhibe suficiencia de potasio. El N° 35 se sembró con una variedad criolla y el N° 36 con "Rocamex 211". La diferencia que se observa en este caso particular, es debida, quizás, a diferencias en la habilidad de las variedades para absorber el potasio. Sin embargo, no hubo en ninguno de los casos, un aumento significativo de la producción con la adición del fertilizante potásico. (Ver tabla N° X).

Los datos de número de macollas por planta y de altura de las plantas muestran una estrecha relación con la producción de los diversos tratamientos. A mayor número de macollas y a mayor altura corresponde una mayor producción, en términos generales. (Ver tabla N° XI).

De los diez experimentos que dieron respuesta significativa al fertilizante (40-40-0), ocho estaban sembrados con la variedad "Rocamex 211". Así pues, entre las variedades existe una marcada diferencia en su respuesta al fertilizante; la variedad "Rocamex 211" muestra una habilidad especial para responder a la práctica de fertilización.

— TABLA N° VIII —

Producción relativa del tratamiento parcial sin nitrógeno.

Exp. N°	0.40-0 S Ton/Ha.	40-40-0 N Ton/Ha.	Producción relativa (S/N) 100 %	Materia orgánica 0-20 %
32	2.25	1.46	154	3.48
24	0.44	0.34	129	4.42
6	1.00	0.94	106	1.55
34	1.64	1.60	103	2.12
18	1.24	1.22	102	3.39
12	1.04	1.06	98	0.79
3	1.34	1.43	94	1.58
28	1.96	2.11	93	2.00
9	0.79	0.96	82	2.17
10	0.92	1.13	81	1.93
19	0.94	1.20	78	2.37
13v	0.75	1.01	74	1.10
27	0.37	0.51	73	2.21
17	0.93	1.29	72	3.87
36	0.91	1.26	72	1.43
5v	1.00	1.49	67	1.39
26v	1.15	1.76	65	1.59
29v	0.72	1.16	62	1.52
14v	0.58	1.04	56	1.10
35v	0.74	1.58	47	1.43
11v	0.51	1.13	45	1.21
4v	0.43	0.98	44	1.58
31v	0.31	0.85	36	1.72

(v) Experimentos con respuesta significativa.

Fuente: Investigación directa.

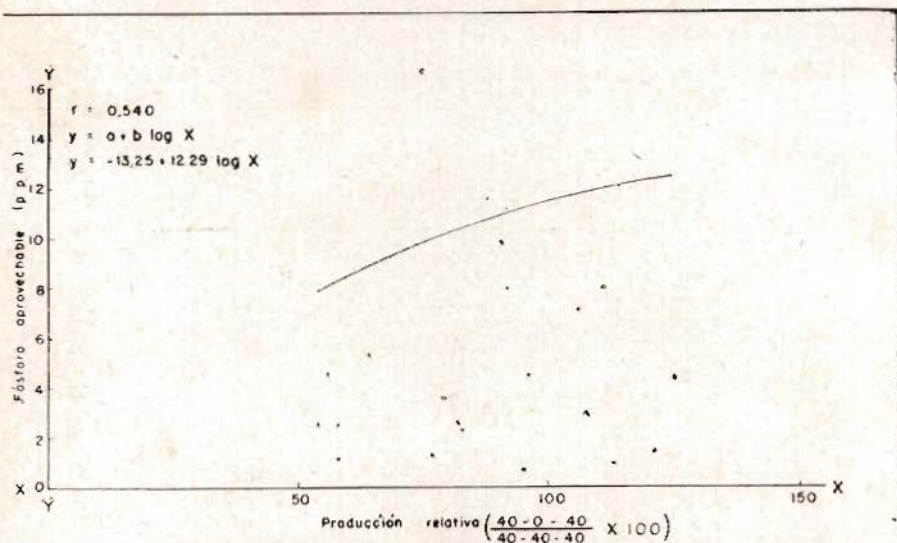


Gráfico N° 4— Correlación entre fósforo aprovechable y respuesta al fertilizante fosfatado.

Asimismo, es interesante observar que la producción del tratamiento testigo en los experimentos que obtuvieron diferencias significativas con la aplicación del fertilizante 40-40-0, fue de 0.65 Ton/Ha. En cambio, la producción del mismo tratamiento en los experimentos que no respondieron a la aplicación del fertilizante fue de 1.07 Ton/Ha.

Al observar la tabla N° XIII, se nota que la mayor respuesta al fertilizante (40-40-0) está asociada con un período vegetativo relativamente corto. Los experimentos que obtuvieron diferencias significativas tienen en promedio un período vegetativo de 157 días. Los que no respondieron a la aplicación del fertilizante tienen un período vegetativo promedio de 166 días*.

El período vegetativo de la variedad "Rocamex 211" se reduce en presencia de suficiente agua. El período vegetativo de la variedad mencionada en siembra de secano, o sea sin riego alguno, es de 190 días como promedio. En cambio, el dato respectivo bajo riego es de 159 días. Es de interés recalcar sobre la baja producción del "Rocamex 211" cuando está sujeto a las condiciones aleatorias del clima.

Por regla general, se observó dentro de cada campo experimental, un adelanto de la madurez en los tratamientos que recibieron una mayor cantidad de fertilizante (40-40-0, 40-40-40 y 40-0-40). El tratamiento 0-40-0 y el testigo fueron, a su vez, los más atrasados.

(*) En la obtención de estos promedios no se tuvieron en cuenta los experimento sin riego.

— TABLA N^o IX —**Producción relativa del tratamiento parcial sin fósforo.**

Exp. N ^o	40-0-40	40-40-40	Producción relativa (S/F) 100 %	Fósforo asimilab. 0-20 P2O5 p.p.m.
	S Ton/Ha.	F Ton/Ha.		
34	1.51	1.21	125	4.33
17	1.43	1.18	121	1.40
18	1.40	1.24	113	0.88
4	0.61	0.51	111	7.90
14	1.18	1.09	108	2.96
12	1.15	1.09	106	7.07
6	1.08	1.06	102	57.90
5	1.41	1.47	96	4.40
19	1.04	1.10	95	0.73
3	1.39	1.51	92	7.90
9	0.82	0.90	91	9.70
26	1.41	1.61	88	11.50
32	1.24	1.46	85	63.11
31v	0.66	0.80	83	2.28
11v	0.89	1.08	82	2.60
29	1.03	1.30	79	3.60
13v	0.79	1.02	77	1.30
27	0.46	0.61	75	15.70
28	1.51	2.04	74	25.00
10	0.88	1.52	58	1.07
35v	0.91	1.58	58	2.43
24	0.24	0.43	56	4.50
36v	0.98	1.82	54	2.43

(v) Experimentos con respuesta significativa.

Fuente: Investigación directa

— TABLA N° X —

Producción relativa del tratamiento parcial sin potasio.

Exp. N°	40-40-0	40-40-40	Producción relativa (S/K) 100 %
	S Ton/Ha.	K Ton/Ha.	
4	0.98	0.55	178
34	1.60	1.21	132
19	1.20	1.10	109
26	1.76	1.61	109
17	1.29	1.18	109
9	0.96	0.90	107
31	0.85	0.80	106
11	1.13	1.08	105
28	2.11	2.04	103
5	1.49	1.47	101
32	1.46	1.46	100
35	1.58	1.58	100
13	1.01	1.02	99
18	1.22	1.24	98
12	1.06	1.09	97
14	1.04	1.09	95
3	1.43	1.51	95
29	1.16	1.30	89
6	0.94	1.06	89
27	0.51	0.61	84
24	0.34	0.43	79
10	1.13	1.52	74
36	1.26	1.82	69

Fuente: Investigación directa.

— TABLA N° XI —

Relación entre número de macollas por planta y altura de las plantas con la producción de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Número de macollas	Altura centímetros	Producción Ton/Ha.
0— 0— 0	3.9	49	0.89
20— 0— 0	4.3	55	0.99
20—40— 0	4.1	59	1.07
40— 0— 0	4.2	57	1.07
40—40— 0	4.5	61	1.20
40—40—40	4.4	61	1.20
40— 0—40	4.3	56	1.04
0—40— 0	3.8	52	0.95

Fuente: Investigación directa.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El rendimiento de trigo por unidad de superficie en México, que es bajo en comparación con el obtenido en otros países productores de este cereal, puede elevarse con mejores prácticas culturales. El uso de variedades mejoradas y un buen manejo de suelos que incluya rotación de cultivos y empleo de fertilizantes, son factores que influirán notablemente sobre el rendimiento del cultivo.

En la presente experimentación, conducida en la siembra de otoño del año 1948-49 en los estados de Guanajuato, México, Puebla, Querétaro e Hidalgo, se trató de evaluar el uso de los fertilizantes de manera especial sobre la variedad de trigo "Rocamex 211", la cual está propagándose con mucho entusiasmo entre los agricultores de estas regiones.

A la luz de los resultados discutidos en el presente estudio, pueden presentarse las conclusiones siguientes:

- 1º Existe, por lo general, una aguda deficiencia de materia orgánica y, por consiguiente, de nitrógeno, lo cual es un factor limitante de la producción de trigo.
- 2º Hay una correlación altamente significativa entre bajo contenido de materia orgánica y alta respuesta a la fertilización con nitrógeno.

- 3º Los suelos que respondieron al fertilizante nitrogenado tienen como promedio un contenido de materia orgánica de 1.44% para el horizonte 0-20 centímetros. Los suelos que muestran una respuesta incierta y los que no respondieron a la aplicación de nitrógeno, presentan un tenor de 1.95 y 2.59% de materia orgánica, respectivamente.
- 4º Ningún experimento mostró aumentos significativos a la aplicación exclusiva de fósforo. Sin embargo, se observa que una vez corregida la deficiencia tan aguda de nitrógeno, el suelo responde a la fertilización fosfática.
- 5º Existe una correlación entre bajo contenido de fósforo aprovechable y respuesta a la fertilización fosfática cuando se corrige la iniciación nitrogenada. Así los suelos que respondieron significativamente a la aplicación del superfosfato, tienen un promedio de 2.20 p.p.m. de fósforo aprovechable, mientras que los suelos que presentan una respuesta incierta alcanzan un tenor de 6.09 p.p.m. de P₂O₅. Los suelos que no respondieron a la aplicación del superfosfato tienen, por su parte, 13.83 p.p.m. de P₂O₅ en los primeros veinte centímetros de suelo.
- 6º La evidencia demuestra que la inclusión del potasio no tuvo ningún efecto sobre la producción de trigo en los experimentos; por tanto su presencia en las prácticas de fertilización de estos suelos es innecesaria e inoficiosa.
- 7º La mayor eficiencia del fertilizante se logró con los tratamientos 20-0-0 y 40-0-0 aún cuando los que dieron la respuesta más alta fueron 40-40-0 y 40-40-40, que obtuvieron un aumento de 34.8% en los promedios generales y de un poco más de 88% en los experimentos con diferencias significativas.
- 8º Hay una estrecha relación entre número de macollas por planta y alta producción de los diversos tratamientos, y entre altura de las plantas y producción.
- 9º Existe una marcada diferencia entre la respuesta de las diversas variedades al fertilizante. La variedad "Rocamex 211" muestra una habilidad especial para responder a la aplicación del fertilizante.
- 10º Una alta respuesta a la aplicación del fertilizante está asociada con un período vegetativo más corto y con una baja producción del tratamiento testigo.

Finalmente, consideramos que las conclusiones obtenidas en esta investigación no son concluyentes ni definitivas, sino un aporte para un estudio posterior, que, al confrontar condiciones climáticas diversas y comprender un mayor número de suelos y de formas de aplicación del fertilizante, estará más acorde con la realidad.

Situación geográfica según orden establecido en la Tabla N° I y datos climatológicos de los experimentos.

Exp. N°	Localidad	Estado	Altura S. N. M. Metros	Lluvias Milímetros	Temperatura Grados centí-grados
32	Tepatepec	Hidalgo	2000	440.0	16.3
19	Tenancingo	México	2000	1550.5	16.1
6	Querétaro	Querétaro	1800	517.6	17.8
18	Tenancingo	México	2050	1550.5	16.1
17	Tenancingo	México	2000	1550.5	16.1
12	Villagrán	Guanajuato	1700	662.5	20.4
28	Villagrán	Guanajuato	1660	662.5	20.4
24	Tulillo	México	2775	2253.2	10.7
5	Querétaro	Querétaro	1800	517.6	17.8
34	Tecamachalco	Puebla	2055	601.6	15.2
3	Juchitepec	México	2600	913.6	—
10	Querétaro	Querétaro	1800	517.6	17.8
9	Querétaro	Querétaro	1750	517.6	17.8
27	San Juan del Río	Querétaro	1900	587.1	17.3
13	Sarabia	Guanajuato	1660	662.5	20.4
29	Valle de Santiago	Guanajuato	1675	724.8	20.4
14	Salamanca	Guanajuato	1650	662.5	20.4
26	Querétaro	Querétaro	1770	517.6	17.8
35	Tula	Hidalgo	2030	673.8	16.6
11	Irapuato	Guanajuato	1700	662.5	20.4
31	Cortazar	Guanajuato	1700	662.5	20.4
36	Tula	Hidalgo	2030	673.8	16.6
4	Juchitepec	México	2600	913.6	—

Fuente: Investigación directa y datos de lluvias y de temperatura para el año de 1.949 (?) tomadas de separatas del "Servicio Meteorológico Mexicano".

NOTA: Los datos relativos a pueblos de menor importancia se adscriben a los de la localidad más cercana con datos disponibles.

— TABLA N° XIII —

Condiciones culturales de los experimentos según orden establecido en la Tabla N° I

Exp. N°	Clase de semilla	Preparación del terreno	Riego al sembrar	Densidad siembra K/Ha.	N° de riegos. Total	Periodo vegetativo Días.
32	Criollo	Buena	Anterior	85	—	170
19	Criollo	—	—	65	2	173
6	Rocamex	Buena	Anterior	60	2	153
18	Criollo	—	—	65	3	172
17	Criollo	—	—	95	3	173
12	Criollo	Regular	Anterior	55	3	167
28	Rocamex	Mala	Posterior	—	—	154
24	Rocamex	Regular	Secano	80	Sin riego	182
5v	Rocamex	Buena	Anterior	70	2	156
34	Criollo	Buena	Anterior	42	3	161
3	Criollo	Buena	Secano	80	Sin riego	197
10	Rocamex	Buena	Anterior	65	3	159
9	Rocamex	—	Anterior	60	3	178
27	Criollo	Regular	Posterior	—	4	164
13v	Rocamex	—	Anterior	80	2	153
29v	Rocamex	Mala	Anterior	80	3	153
14v	Rocamex	Regular	Anterior	85	2	167
26v	Criollo	Buena	Anterior	55	3	153
35v	Criollo	Regular	Posterior	80	4	160
11v	Rocamex	Buena	Anterior	60	2	153
31v	Rocamex	Buena	Anterior	60	3	158
38v	Rocamex	Regular	Posterior	80	4	160
4v	Rocamex	Buena	Secano	80	Sin riego	197

(v) Experimentos con respuestas significativas al tratamiento 40-40-0.

Fuente: Investigación directa.

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.— (Anónimo)— 1951. What Latin America buys. Rev. Latin-American Business High Lights (New York). The Chase National Bank. Junio: 26-27.
- 2.— **Barrus, M. F.**— 1948. Yield of summer wheat demonstrations in México. México, Secr. Agr. y Gan. Oficina de Estudios Especiales. (Mimeógrafo).
- 3.— **Baver, L. D.**— 1943. Practical applications of potassium interrelationships in soil and plants. Soil Sci. 55: 121-126.
- 4.— **Black, C. A., Nelson, L. B. y Pritchett, W. L.**— 1946. Nitrogen utilization by wheat as affected by rate of fertilization. Soil Sci. Amer. Proc. 11: 393-396.
- 5.— **Borlaug, N. E., Rupert, J. A. y Harrar, J. G.**— 1949. Nuevos trigos para México. México. Secr. Agr. y Gan. Oficina de Estudios Especiales. Folleto de Divulgación 5.
- 6.— **Bray, R. H.**— 1944. Soil-plant relations: I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop response to potash additions. Soil Sci. 58: 305-324.
- 7.— **Colwell, W. E.**— 1946. Studies on the effect of nitrogen, phosphorus and potash on the yield of corn and wheat in México. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 332-340.
- 8.— **Ensminger, L. E. y Larson, H. W. E.**— 1944. Carbonic acid soluble phosphorus and lime content of Idaho soils in relation to crop response to phosphate fertilization. Soil Sci. 58: 253-258.
- 9.— **Jenny, H., Vlamis, J. y Martin, W. E.**— 1950. Greenhouse assay of fertility of California soils. Hilgardia 20 (1): 1-8.
- 10.— **México, Secr. Agr. y Gan.**— 1949. Confronta de la producción de trigo 1946-47. Direc. Economía Rural, Boletín mensual 274: 61.
- 11.— **Peech, M. et al.**— 1947. Methods of soil analysis for soil-fertility investigations. U. S. Dept. Agr. Cir. 757- 5-6.
- 12.— **Reitz, L. P. y Myers, H. E.**— 1944. Response of wheat varieties to applications of superphosphate fertilizer. Jour. Amer. Soc. Agr. 36: 928-936.

- 13.— **Soberón-Hernández, H.**— 1948. Los fertilizantes en el trigo. México, Secr. Agr. y Gan. Oficina de Estudios Especiales. (Mimeógrafo).
- 14.— **Vavilov, N. I.**— 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plant. *Chronica Botanica* 13 (1-6): 169-349.
- 15.— **Worzella, W. W.**— 1943. Response of wheat varieties to different levels of soil productivity: I. Grain yield and total weight. *Jour. Amer. Soc. Agr.* 35: 114-124.
- 16.— **Yepes, E.**— 1948. Investigaciones sobre la producción del trigo en México y observaciones sobre su cultivo en Colombia. *Rev. de la Facultad Nal. de Agronomía (Medellín)* 8 (29-30): 59-78.

BIBLIOGRAFIA NO CITADA

- 1.— (Anónimo).— 1947. *Annuaire International de Statistique Agricole. 1941-42 a 1945-46.* Institut International d'Agriculture. Bureau de la F.A.O. (Roma). I.
- 2.— **Cohen, R. L.**— 1946. *Economía de la Agricultura.* Fondo de Cultura Económica. México. 192 pp.
- 3.— **Ezekiel, M.**— 1941. *Methods of correlation analysis.* John Wiley & Sons, Inc. New York. 532 pp.
- 4.— **González - Gallardo, A.**— 1941. *Introducción al estudio de los suelos.* Banco Nal. de Crédito Agrícola, S. A. México. 484 pp.
- 5.— **México, Secr. Agr. y Gan.**— 1947-48-49. *Estadísticas de producción.* Direc. Economía Rural, Boletín mensual 248-283.
- 6.— **México, Servicio Meteorológico Mexicano.** —(Sin fecha). *Datos sobre temperaturas y lluvias.* Separatas (dos).
- 7.— **Paterson, D. D.**— 1939. *Statistical technique in agricultural research.* McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Londres. 263 pp.
- 8.— **Pearson, F. A. y Bennett, K. R.**— 1942. *Statistical methods applied to agricultural economics.* John Wiley & Sons. New York. 444 pp.
- 9.— **Peters, C. C. y Voorhis, W. R., van.**— 1940. *Statistical procedures and their mathematical bases.* Mc-Graw-Hill Book Company, Inc. New York. 516 pp.