

COMPARACION ENTRE CUATRO FERTILIZANTES NITROGENADOS EN MAIZ, EN UN SUELO DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA (*)

Por Ariel A. Gil Benavides.

I — INTRODUCCION

Mucho es lo que se ha trabajado y escrito sobre mejoramiento de maíz en nuestro país, para proporcionarle al agricultor híbridos o variedades con alta producción, pero poco se ha hecho para decirle cuáles prácticas debe seguir para aprovechar esa cualidad de alto rendimiento. Entre esas prácticas se tiene el uso de fertilizantes.

En vista de esto, el objetivo del presente trabajo es el de encontrar una mejor orientación con el uso de fertilizantes y estudiar la posibilidad de hacer algunas recomendaciones al agricultor para mejorar sus cultivos de maíz en cuanto a rendimiento se refiere, ya que de todos es conocido que la agricultura al ser considerada como una empresa comercial e industrial, debe funcionar con la máxima eficiencia para obtener el máximo de producción.

Se persigue además encontrar una fórmula económica en lo que respecta a la fertilización con nitrógeno únicamente, por ser éste el elemento al que generalmente responde el maíz en los suelos oscuros del Valle del Cauca.

Debido a las diferentes formas químicas en que se encuentra el nitrógeno, otro de los fines es el de correlacionar la producción con la velocidad de nitrificación de las fuentes usadas.

II.— REVISION DE LITERATURA

Fitts, Bartholomew y Heidel (7), anotan que el uso de fertilizantes nitrogenados es todavía una práctica relativamente nueva y que la tendencia hacia el uso de fertilizantes es de aplicaciones de gran-

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo bajo la presidencia del Dr. Adel González, a quien el autor expresa su gratitud.

des cantidades de nitrógeno en la producción de maíz.

Ohlrogge, Krantz y Scarseth (19), Gheorghianov (9) y Nelson (18), opinan que el nitrógeno es el elemento limitante en la producción de maíz.

Una evidencia mayor de la relación del nitrógeno del suelo y de la producción de maíz fué demostrada por Salter, según Krantz (14), quien durante 36 años llevó a cabo varios trabajos en Ohio obteniendo bajas en el contenido de nitrógeno del suelo como en el rendimiento en parcelas sin tratar.

Gheorghianov (9), De Urquijo (3) y Krantz (14), sostienen que el mayor consumo de nitrógeno por parte del maíz se realiza desde las dos semanas antes de la floración hasta tres semanas después de la fecundación y que éste consumo llega a la mitad de toda la cantidad empleada durante el ciclo vegetativo.

Miller y Lovvorn (16), sostienen que al aplicar nitrógeno al maíz se obtienen promedios altos de aumento en la producción, con bastante diferencia significativa; y, que las mejores ganancias se obtienen cuando el nitrógeno se aplica en forma de nitrato mediante bandas sobre la superficie del suelo y al lado del surco.

De acuerdo con Dumenil (4), la respuesta al fertilizante nitrogenado está influida por el tipo de suelo, cantidad de erosión, manejo anterior, densidad de siembra y suministro de otros elementos. Dice que la mayor parte de la materia orgánica y del nitrógeno están en la superficie del suelo, por tanto la erosión corta el suministro de nitrógeno disponible; y agrega que las condiciones zonales influyen en la cantidad de nitrógeno liberado por la materia orgánica, por cuanto en estaciones húmedas el nitrógeno liberado por el suelo o por las materia orgánica puede ser lento, por lo cual bajo estas condiciones el fertilizante nitrogenado da buenos resultados, siempre que haya buena aireación en el suelo.

De acuerdo a Fitts, Bartholomew y Heidel (7), la respuesta del nitrógeno está influida también grandemente por la densidad de siembra, encontrando que una buena respuesta podía ser obtenida con una siembra densa por acre* de raíz

Raming y Koehler (21), encontraron que un complemento de humedad en el suelo al tiempo de la plantación aseguraba una respuesta provechosa, para la fertilización de maíz con nitrógeno, aunque la caída de lluvias no fuese uniforme durante el crecimiento ya que lograron pasar de 9 bushels,* en parcelas sin fertilizar y sin agua, a 28 bushels cuando humedecieron las cuatro pulgadas superiores has-

* Un acre equivale a 4.047 metros cuadrados.

* Un bushel de maíz equivale a 56 libras de 454 gramos.

ta un contenido de humedad igual a la capacidad de campo, al tiempo de la siembra.

De acuerdo a sus trabajos ellos recomiendan:

- 1.—Si el suelo se satura de agua a seis pulgadas de profundidad al tiempo de la siembra se puede esperar un aumento en los rendimientos si se hace una aplicación de 20 a 40 libras de nitrógeno por acre, aun cuando el período de lluvias durante el crecimiento esté por debajo del normal.
- 2.—En las regiones secas se deben usar los mejores métodos para conservar la humedad, con el objeto de almacenar la mayor cantidad posible de agua proveniente de la precipitación.

Shubeck y Caldwell (25), para ver los efectos del nitrógeno en el maíz tomaron un suelo franco arcilloso y otro franco arenoso y aplicaron nitrato de amonio en cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, obteniendo rendimientos significativos en el suelo franco arcilloso

De acuerdo con Volk y Tidmore (27), es un hecho que 36 libras de nitrógeno por acre aplicado como nitrato de sodio doblan la producción del maíz y además dicen que mezcla en la cual las 3/5 partes del nitrógeno sean de nitrato de sodio y las 2/5 partes de sulfato de amonio o nitrato de amonio son más efectivas que cualquier sulfato de amonio o nitrato de sodio solos, en la producción.

Jordán (11) dice que en experimento llevado a cabo en Mississippi Station College, para estudiar la influencia de la población, encontraron que en una plantación de 4000 plantas al aplicar 60 libras de nitrógeno se incrementó el rendimiento de 29,4 bushels a 64.7, mientras 120 libras de nitrógeno por acre, aumentaron la producción solamente en 4 bushels; pero cuando la población fue de 12.000 plantas las 120 libras de nitrógeno aumentaron el rendimiento a 105,5 bushels. Este concluyó que 100 a 120 libras de nitrógeno por acre con una población de 10.000 a 12.000 plantas daban los mejores resultados en la producción de maíz.

Según Colwell (2), en México, al aplicar sulfato de amonio a razón de 40 kilos por hectárea obtuvieron un aumento de 912 kilos con relación al testigo y al aplicar 80 kilos el aumento fue de 1.277 kilos, por lo cual dedujeron que la mayor ganancia se lograba con la aplicación de 40 kilos.

En otro experimento llevado a cabo en México por el Instituto Técnico y de Estudios Superiores de Monterrey según Félix (5), encontraron que al aplicar fertilizantes completos el aumento era significativo pero no pagaba los gastos invertidos en el fertilizante, mientras que con la sola aplicación de 200 kilos de sulfato de amonio obtuvieron aumentos remunerativos.

Molina (17), dice que en Nicaragua al efectuarse fertilización

de maíz con los tres elementos, nitrógeno, fósforo y potasio, se encontró que con sólo nitrógeno se lograban aumentos significativos y que se logró un aumento apreciable con una aplicación de 100 libras de nitrógeno por cuadra*, en una mezcla de 50% de urea, 30% de sulfato de amonio y 20% de nitrato de sodio.

Igual cosa fué aprobada en el Salvador según Severo (24), pero con la diferencia de que aquí se ensayaron como fuentes de nitrógeno el sulfato de amonio y el nitrato de sodio, en diferentes dosis, encontrándose que el sulfato de amonio daba mayores rendimientos que el nitrato de sodio con la sola aplicación de 60 libras de nitrógeno por cuadra, aplicadas al tiempo de la siembra.

Pumphrey y Harris (20), encontraron que en parcelas sin fertilizar el rendimiento fue de 39 bushels, y en las que aplicaron 40 libras de nitrógeno por acre al promedio de rendimiento fué de 72 bushels, para aplicaciones de 80 libras de nitrógeno la producción fue de 93 bushels y con 120 libras de nitrógeno se alcanzó un rendimiento de 110 bushels por acre. Sostienen así mismo que en caso de que el nitrógeno no sea aprovechado por condiciones desfavorables durante la primera cosecha, lo será en la siguiente si las condiciones son favorables, de acuerdo a medidas residuales comprobadas por ellos.

Argueta (1), dice que en el Salvador se logró aumento en los rendimientos del maíz con la simple aplicación de 75 libras de nitrógeno por cuadra y ningún aumento con las dosis de potasio y fósforo.

De acuerdo con Grant et al. (10), al llevarse a cabo experimentos en Medellín, Palmira y Armero, para medir las respuestas del maíz al nitrógeno, al fósforo y al potasio, se encontró que en todas las localidades la aplicación de 40 kilos de nitrógeno por hectárea aumentaban los rendimientos en forma significativa y que el fósforo y el potasio no daban ninguna diferencia en los rendimientos.

Lawto (15), aplicó distintas dosis de nitrógeno elemental, en forma de sulfato de amonio, localizado en pequeñas zanjas hechas al lado del surco. El suelo usado fue un franco limoso de la región de Palmira y encontró que la mayor ganancia se obtuvo con 100 libras por acre.

Según Trant (26), al ser aplicada una dosis de 100 kilos de nitrógeno por hectárea, en un suelo franco arcilloso de la región de Florida (Valle), se obtuvo un aumento de 1.500 kilos con respecto al testigo.

De acuerdo con la Estación Agrícola Experimental de Kentucky (12), al aplicar dosis de 0, 30 y 60 libras de nitrógeno por acre, los rendimientos obtenidos fueron de 71,1, 81,7 y 87,4 bushels respectivamente. Dedujeron con ello que el aumento en los rendimientos era

* Una cuadra equivale a 6.400 metros cuadrados.

significativo con la aplicación de las primeras 30 libras; al comparar los rendimientos obtenidos al aplicar 30 y 60 libras de nitrógeno no encontraron diferencia significativa.

Según estudios realizados por Fernández y Laird (6) en períodos de sequía la fertilización fuerte con nitrógeno fue afectada severamente en comparación a dosis bajas o a ninguna dosis de nitrógeno; los autores lo atribuyeron a que hay una mayor reducción en la polinización y en el tamaño de las mazorcas en las plantas más desarrolladas de maíz. Encontraron que once días de sequía durante el espigamiento redujeron el rendimiento desde 6,18 hasta 4,74 toneladas por hectárea con una aplicación de 150 kilos de nitrógeno por hectárea, lo cual no sucedió con el maíz no fertilizado.

Nelson (18), no encontró diferencias en los rendimientos cuando se hicieron las siguientes aplicaciones:

- 1.—Regando el fertilizante, seguido de arada y rastrillada.
- 2.—Colocándolo a los lados de los surcos al tiempo de la siembra.
- 3.—Colocándolo en bandas cuando el maíz tenía un pie de altura.
- 4.—Aplicando la mitad al tiempo de sembrar y la otra cuando el maíz tenía un pie de altura.
- 5.—Aplicando el fertilizante a tres edades diferentes durante el ciclo vegetativo.

Sin embargo, dice que tal vez la no diferencia en rendimiento se debió a factores tales como irrigación al tiempo de hacerse la aplicación del fertilizante y a una siguiente irrigación cuando el maíz tenía doce pulgadas de altura, inmediatamente después de la primera aplicación en bandas y al lado del surco.

Krantz, Ohlrogge y Scarserh (13), al realizar observaciones con la aplicación de sulfato de amonio y nitrato de sodio para estudiar el movimiento del nitrógeno en el suelo encontraron:

- 1.—Que los cationes de amonio en forma reducida de nitrógeno eran más bien inmóviles en el suelo, ya que eran absorbidos por el complejo del suelo.
- 2.—Que durante sequías prolongadas los nitratos se movían hacia arriba para acumularse en la superficie, pero que cuando caía cualquier lluvia el movimiento descendente para ponerlos a disposición de las plantas fué eficiente. Esto ayudó a explicar los resultados erróneos que se obtuvieron en Indiana al fertilizar maíz con nitrógeno.
- 3.—Que al enterrar el sulfato de amonio, una gran porción del nitrógeno aplicado permanece en la forma de amonio en la zona húmeda de las raíces durante el crecimiento de la planta.

En cuanto a pérdida del nitrógeno al aplicar fertilizantes nitrogenados Rhoades (23), encontró que se podía perder en las siguientes formas:

- 1.—Por percolación.
- 2.—Por fijación.
- 3.—Arrastrado por el agua.
- 4.—En forma gaseosa.
- 5.—Tomado por las plantas.

III.— MATERIALES Y METODOS

Para realizar el presente estudio fue necesario la ejecución de dos trabajos diferentes, uno de campo y otro de laboratorio, para lo cual se hizo uso de métodos diferentes. El estudio de campo consistió en preparar un lote de terreno, cuyas características aparecen en un reciente estudio llevado a cabo por Franky y Rentería (8). Se plantó maíz con aplicaciones de distintas dosis de nitrógeno, usándose un maíz híbrido.

El experimento se planeó para una sola cosecha y en forma netamente comercial. Se sembró con máquina, graduándose la sembradora para una distancia de 30 centímetros entre planta y un metro entre surco.

A los diez días de germinado el maíz se hizo un trazado de cuatro bloques al azar, los que a su vez se dividieron en 17 parcelas de 5 metros de ancho por 10 de largo cada una, para hacer las aplicaciones de las fuentes nitrogenadas en dichas parcelas en las dosis de 0, 50, 100 y 200 kilos de nitrógeno elemental en la forma de sulfato de amonio del 21% de nitrógeno, nitrato de amonio del 33,5% de nitrógeno, sulfonitrato de amonio del 26% de nitrógeno y urea del 46% de nitrógeno. Los tratamientos se replicaron cuatro veces y las aplicaciones de las fuentes se hicieron a los veinte días después de germinado el maíz por el sistema de banda o sea regando el fertilizante en forma corrida al lado del surco. Las parcelas quedaron separadas por un surco intermedio con el fin de evitar influencias de un fertilizante sobre el otro y poder así cosechar las parcelas completas.

Además de todas estas operaciones en el campo fueron necesarias tres aplicaciones de Toxapheno Emulsionable, para repeler el ataque del cogollero. También se hicieron tres desyerbas, de las cuales dos fueron con máquina y la última con azadón.

La siembra fué hecha comercialmente con el objeto de obtener mejores bases para las recomendaciones de fertilizantes nitrogenados en maíz.

El estudio de laboratorio consistió en tomar una muestra representativa del suelo en donde se encontraba el experimento y se prepararon pots con 1,5 kilos de suelo tamizado que recibieron aplicaciones de 0 y 100 kilos de nitrógeno elemental de cada una de las fuentes utilizadas en el campo, a razón de cuatro repeticiones, para estudiar la velocidad de nitrificación de cada una de las fuentes. Los



FIGURA 1.— Síntomas característicos de toxicidad causados por la aplicación de 200 kilos de nitrógeno elemental por Ha. en las formas de Sulfato de amonio y Nitrato de amonio.

Foto: A. Figueroa P.

potes después del tratamiento se sometieron a riegos cada cuatro días con una cantidad de agua de 500 c.c. para mantener condiciones uniformes de humedad. Los análisis se hicieron cada doce días por medio del método colorimétrico de La-Motte para medir la cantidad de nitratos que se iba formando.

Además, se hizo un análisis de nitratos por medio de lixiviación al finalizar el experimento. La determinación de nitratos mediante este método se verificó siguiendo a Ramírez (22).

IV.— RESULTADOS

Después de aplicar el fertilizante lo primero que se observó fué una ligera intoxicación en aquellas parcelas en donde se aplicó una dosis de 200 kilos de nitrógeno elemental en las formas de sulfato de amonio y de nitrato de amonio. Esta intoxicación se presentó cuando las plantas tenían 24 días de germinadas y el síntoma característico, como lo muestra la figura N^o 1, fué un retorcimiento de las hojas próximas al cogollo y entrelazamiento de las mismas para



FIGURA 2.— Apariencia general de las parcelas que sufrieron intoxicación con la aplicación de 200 kilos de nitrógeno elemental por Ha. en la forma de nitrato de amonio.

Foto: A. Figueroa P.

luego caer. Además esa intoxicación se caracterizó por el aspecto de quemazón en las puntas de las hojas con un color pardo amarillento.

La figura N^o 2 muestra un conjunto de plantas afectadas con la aplicación de 200 kilos de nitrógeno elemental en la forma de nitrato de amonio. Como se puede ver en esa figura las plantas presentan las puntas de las hojas superiores como quemadas, que no es más que el síntoma de la intoxicación.

Sin embargo esas plantas afectadas se recuperaron poco a poco, pero notándose al final una reducción en su vigor en comparación al resto de la población. El desarrollo del resto del maíz fue uniforme en cuanto a crecimiento y vigor en las parcelas en las cuales se aplicó nitrógeno. Las parcelas testigos alcanzaron una altura inferior e inclusive el espigamiento se retardó. El promedio de plantas al tiempo de la cosecha fue de 152 por parcela, correspondiendo a 30.400 plantas por hectárea.

Los promedios de producción fueron obtenidos de acuerdo al procedimiento de la Caja Agraria. Según ese procedimiento el peso obtenido en mazorca en el campo, con su correspondiente porcentaje de humedad, se redujo a un porcentaje general de 12% de humedad y luego de acuerdo con el aspecto de la mazorca se disminuyó 16% si era de buen aspecto, 18% si era de aspecto regular y 20% si era de mal aspecto.

El análisis de variación mostró una diferencia altamente signifi-

cativa en el rendimiento entre las fuentes y el testigo, al igual que entre las distintas fuentes. Entre las diferentes dosis de una misma fuente no hubo diferencia significativa; sin embargo al comparar dosis iguales de diferentes fuentes, hubo diferencia altamente significativa.

De acuerdo con los datos de la Tabla I se puede apreciar que el sulfato de amonio fué la fuente de más alto rendimiento; luego siguió el nitrato de amonio. En últimos lugares se encontraron el sulfonitrato de amonio y la urea, entre los cuales no se encontró diferencia significativa en los rendimientos.

La figura N° 3 muestra los rendimientos obtenidos con las diferentes dosis de cada fuente; se puede apreciar que el rendimiento al aplicar una dosis de 50 Kg/Ha. de nitrógeno elemental, en la forma de sulfato de amonio, fue superior a los rendimientos obtenidos con cualquier dosis de las otras fuentes; la máxima producción se obtuvo al aplicar 150 Kg/Ha. de nitrógeno elemental de la misma fuente.

— T A B L A I —

A.— PROMEDIO DE PRODUCCION POR FUENTE*

Fuente	Kg.
Sulfato de amonio	23,18
Nitrato de amonio	14,25
Sulfonitrato de amonio	10,25
Urea	10,10
Testigo	6,87

DMS:

0,05	1,39
0,01	1,62

B.— PROMEDIO DE PRODUCCION POR DOSIS EN Kg*

Fuentes	DOSIS DE NITROGENO Kg/Ha.				
	0	50	100	150	200
Sulfato de amonio		22,90	23,49	26,70	19,87
Nitrato de amonio		13,76	13,63	16,08	13,91
Sulfonitrato de amonio		9,27	9,26	8,83	9,37
Urea		8,61	10,27	10,30	10,86
Testigo	687

DMS:

0,05	2,74
0,01	3,50

* Peso del maíz en mazorca con 17% de humedad.

Se notó también una curva diferente del sulfonitrato de amonio en relación a las de las otras fuentes, y ello se debió a su falta de uniformidad en la velocidad de nitrificación como se observó en



FIGURA 3.— Comportamiento de cada una de las fuentes en relación con la producción.

Foto: A. Figueroa P.

los estudios de laboratorio, ya que durante los diferentes análisis se presentaron resultados muy variables en cada determinación de nitratos formados.

Al estudiar la velocidad de nitrificación de cada una de las fuentes portadoras de nitrógeno, durante el período vegetativo del maíz, se puede agregar que en un principio los análisis revelaron una velocidad de nitrificación que fué aumentando, a excepción del sulfonitrato de amonio. Este se conservó más o menos estable durante ese tiempo, para actuar al final en forma contraria a las otras fuentes, es decir aumentó su velocidad de nitrificación. El testigo varió muy poco durante los diferentes análisis.

De acuerdo a los resultados de esos análisis, se obtuvo un promedio de formación de nitratos así:

Sulfato de amonio	30 kilos por Ha.
Nitrato de amonio	22 kilos por Ha.
Sulfonitrato de amonio	18 kilos por Ha.
Urea	18 kilos por Ha.
Testigo	8 kilos por Ha.

El análisis de nitratos mediante el método de lixiviación al final del experimento mostró el mismo orden para el total de nitratos formados; con el sulfato de amonio se formaron 34 Kg/Ha. de nitratos, con el nitrato de amonio 24 Kg/Ha., con sulfonitrato de amonio 23 Kg/Ha., con urea 21 Kg/Ha. y finalmente con el testigo 9 Kg/Ha.

V.— DISCUSION

La intoxicación presentada en las parcelas tratadas con los 200

kilos de nitrógeno elemental en las formas de sulfato de amonio y nitrato de amonio, probablemente se debió a una fuerte lluvia al segundo día de aplicado el fertilizante, pues dicha intoxicación se presentó a los dos días siguientes de la lluvia. Esto se relaciona con los trabajos de laboratorio que muestra que éstas fuentes fueron precisamente las de mayor velocidad de nitrificación. Tal vez se produjo una cantidad bastante grande de nitratos bajo el estímulo de la humedad, como para que sucediera dicho fenómeno. Debido a este disturbio las plantas de estos tratamientos sufrieron un retardo en el crecimiento con relación al resto de la población, que se manifestó en los rendimientos, pues con esta dosis de 200 kilos de nitrógeno elemental por hectárea la curva de producción descendió, como se puede apreciar en la figura N° 3.

Una pequeña variación que se presentó en algunas parcelas, en el rendimiento, con respecto a otras con el mismo tratamiento y la misma fuente, se debió tal vez a un pequeño cambio en el perfil del suelo en los sitios donde se encontraban localizadas las parcelas de bajo rendimiento, ya que a una profundidad de 1,10 metros en el sitio de esas parcelas se encontró una ligera capa de arena bastante floja y en los otros sitios a esa profundidad la capa era más pesada, por lo cual ayudó a conservar una mayor humedad que se hizo efectiva durante la sequía.

El máximo rendimiento como se dijo se obtuvo con el sulfato de amonio para una aplicación de 150 kilos de nitrógeno elemental por hectárea con un total de 18,2 cargas por plaza (4.260 kilos por Ha.). El rendimiento en este caso se da en producción por plaza para facilitar el análisis de costos de producción, por cuanto se tienen datos de producción por plaza usados por la Caja Agraria. A pesar de que se obtuvo con esta dosis el máximo de producción, estadísticamente no hubo diferencia significativa con respecto a la dosis de 50 kilos de nitrógeno elemental por hectárea de la misma fuente. Con ésta se obtuvo una producción de 15,3 cargas por plaza de 150 kilos cada una (3.585 kilos por Ha.). Se observa que no es económica la aplicación de una dosis mayor de 50 kilos, por cuanto el aumento que se obtuvo con 150 kilos de nitrógeno con relación a los 50 kilos es de 2,9 cargas que no compensan el valor del exceso de fertilizante.

La figura N° 4, muestra una gráfica de precipitación diaria por décadas a partir del primero de Abril, fecha en la cual se hizo la siembra. Si se observa dicha gráfica se verá que se tuvo un tiempo bastante desfavorable. Dicho gráfico muestra una fuerte sequía que tuvo lugar prácticamente a partir de la primera década de Junio.

La sequía disminuyó la velocidad de nitrificación en el campo, y por ésto no hubo condiciones favorables de humedad para que se llevaran a cabo los procesos de oxidación, fallando en esta forma el suministro de nitrógeno aprovechable a las plantas, durante el período crítico comprendido entre el espigamiento y el cuajamiento del grano. Debe agregarse que no se le suministró agua al experimento por cuanto no se pudo usar equipo de riegos.

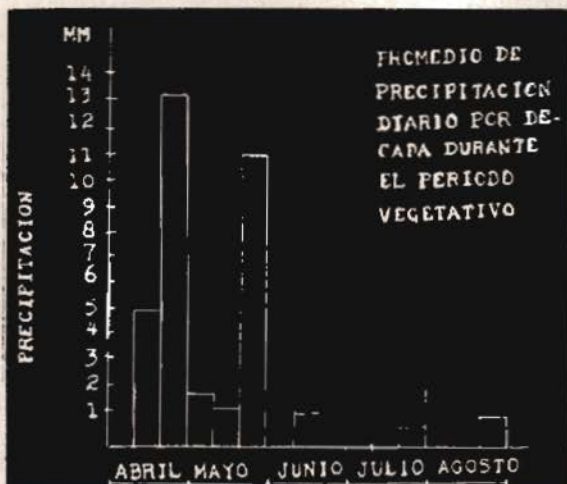


FIGURA 4.— Distribución de lluvias durante el período de crecimiento y desarrollo del maíz.

Foto: A. Figueroa P.

Los resultados concuerdan con lo sostenido por Raming y Koehler (21), quienes observaron, que los fertilizantes nitrogenados no dan los rendimientos esperados en tiempo de sequía aun cuando exista humedad al tiempo de la siembra, pero que si daban respuestas con relación a los testigos.

A pesar de todos los inconvenientes de carencia de agua, la ganancia obtenida con la dosis de 50 kilos de nitrógeno elemental en la forma de sulfato de amonio y por carga de 150 kilos, puede tenerse en cuenta si la fertilización nitrogenada se acompaña con programas de riegos.

Los resultados de laboratorio presentaron una velocidad de nitrificación mayor para el sulfato de amonio, lo que justifica por qué esa fuente dió el mayor rendimiento.

V.— CONCLUSIONES

De los resultados del presente estudio se puede concluir:

- 1.—El maíz es un cultivo que responde ampliamente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, en suelos en que se presente los demás elementos en cantidad suficiente.
- 2.—De acuerdo con los resultados, la aplicación de 50 kilos de nitrógeno elemental, en la forma de sulfato de amonio, fué económica por cuanto se obtuvo una pequeña ganancia bajo un período completamente seco.

- 3.—En la fertilización con nitrógeno en maíz, se debe conservar la mayor humedad posible en el suelo durante el período comprendido entre la siembra y unos 30 días después de la fecundación, para que la planta tenga la oportunidad de abastecerse de todo el nitrógeno requerido para el cuajamiento del grano.
- 4.—El estudio de laboratorio indicó que en futuras fertilizaciones de maíz con nitrógeno, el sulfato de amonio debe preferirse por ser una fuente que presenta una mayor velocidad de nitrificación que las otras tres fuentes estudiadas.
- 5.—El autor sugiere la repetición, por varios semestres, del mismo diseño experimental, incluyendo algunos bajo condiciones de riegos, para que se oriente más y científicamente la fertilización para los suelos oscuros de la región de Palmira.

VII.— RESUMEN

El anterior estudio fué hecho con el fin de observar como respondía el maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en varias formas comerciales, usándose Sulfato de amonio, Nitrato de amonio, Sulfonitrato de amonio y Urea. Se hizo un diseño de bloques al azar para llevar a cabo el experimento. Se encontró que el sulfato de amonio produjo los más altos rendimientos en cada una de las dosis.

También se encontró que el Sulfato de amonio produjo su máximo rendimiento con 150 kilos de nitrógeno elemental por hectárea, pero que con la aplicación de solamente 50 kilos de nitrógeno por hectárea produjo el máximo de ganancias. El Sulfato de amonio fué al mismo tiempo la fuente que presentó la mayor velocidad de nitrificación de acuerdo a los estudios del laboratorio.

SUMMARY

The described study was made with the purpose of observing how would corn respond to the applications of different levels of nitrogen of various commercial forms, using ammonium sulphate, ammonium nitrate, ammonium sulphonitrate and urea. A random block was designed to carry out the experiment. It was found that ammonium sulphate produced the highest yields at each of the levels used.

It was also found that the ammonium sulphate produced its maximum yield with the 150 Kgs. of elemental nitrogen per hectare, but the application of only 50 Kgs. per hectare produced the maximum profit. Ammonium sulphate was at the same time the source which produced the most rapid nitrification according to the laboratory studies.

VIII.— BIBLIOGRAFIA

1. ARGUETA, J. M.— Fertilidad del suelo para maíz. Mejoramiento del

maíz. Primera Reunión Centroamericana. Turrialba (Costa Rica). 1954: 396-398 1954.

2. COLWELL, W. E.— Fertilizante comercial conteniendo nitrógeno y fósforo para aumentar los rendimientos del maíz. México D. F. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto 1: 3-6. 1947.
- 3.—DE URQUIJO, A.— Abonado y síntomas de carencia en el maíz. Madrid. Ministerio de Agricultura. Hojas Divulgadoras 15-55H. 1955.
4. DUMENIL, LL.— Nitrogen Fertilizer for Corn. Iowa State College. Agr. Exp. Sta. Agricultural Extension Service. Bull P1114: 836-855. 1952.
5. FELIX, L. C.— Sugerencias para aumentar los rendimientos de maíz en Nuevo León. Monterrey (México). Agronomía 31: 2-3,8. 1953.
6. FERNANDEZ, R. y R. J. LAIRD.— Efecto de la sequía durante el espigamiento en maíz fertilizado con diferentes cantidades de nitrógeno. México D. F. Folleto técnico 30: 1-26. 1958.
7. FITTS, J. W., W. V. Bartholomew, and H. HEIDEL.— Correlation between nitrifiable nitrogen and yield response of corn to nitrogen fertilization on Iowa soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17: 119-122. 1953.
8. FRANKY, E. y A. L. RENTERIA.— Reconocimiento Agrológico de una parte del Municipio de Palmira. Facultad de Agronomía del Valle. Palmira (Colombia). Tesis 1957.
9. GHEORGHIANOV, W.— El maíz y los fertilizantes. Bogotá. Revista Nacional de Agricultura 593: 19-21. 1954.
10. GRANT, U. J. et. al.— Como aumentar la producción de maíz en Colombia. Bogotá. Dep. Inv. Agr. Bol. Divulg. 1. 1957.
11. JORDAN, H. V.— Fertilizer and Production Practices for Corn in Mississippi. Mississippi State College. Agr. Exp. Sta. Bull 486: 1-14. 1951.
12. KENTUCKY AGR. EXP. STA.— Results of Research in 1956. Annual Report 1956: pp. 42. 1956.
13. KRANT, B.A., A. J. OHLOROGGE, and G. D. SCARSETH.— Movement of Nitrogen in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8: 189-195. 1944.
14. —————.— Fertilize Corn for Higher Yields. North Carolina Agr. Exp. Sta. Bull. 366: 8-26. 1944.
15. LAWTON, K.— Experimento de Fertilización con Nitrógeno. Facultad de Agronomía del Valle. Palmira (Colombia). 1957. (mimeógrafo).

16. MILLER, M. F., and R.L. LEVVORN.— Investigations in the Use of Nitrate of Soda for Field Crops. Missouri Agr. Exp. Sta. Bull. 327: 5-9. 1935.
17. MOLINA, C. A.— Reporte de los experimentos con fertilizantes en maíz. Mejoramiento del maíz. Primera reunión Centroamericana. Turrialba (Costa Rica). 1954: 387-301. 1954.
18. NELSON, C. E.— Methods of Applying Amonium Nitrate Fertilizer on Fiel Corn, and study of the Movement of NH_4^+ and NO_3^- Nitrogen in the soild Under Irrigation. Agr. Jour. 45: 154-157. 1953.
19. OHLOROGGE, A. J., B. A. KRANTZ, and G. D, SCARSETH. — The Recovery of Plowder-Under Amonium Sulfate by Corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8: 196-200. 1944.
20. PUMPHREY, F. V. and L. HARRIS.— Nitrogen Boots Corn Yields; Unused Fertilizer Will Aid Next Year's Crop. Nebr. Exp. Sta. Quarterly. 3 (4): p. 5. 1955.
21. RAMING, R. E., and F. E. KOEHLER.— Soil Moisture Makes Nitrogen Pay. Nebr. Exp. Sta. Quarterly 4 (3): 10-11. 1957.
22. RAMIREZ, A.— La producción de nitratos bajo incubación controlada como un método para medir la asimilación del nitrógeno de los suelos. Facultad de Agronomía del Valle. Palmira (Colombia). (Colombia). 1958. (Tesis no publicada).
23. RHOADES, H. F.— Pood Corn Crop Uses Little Nitrogen; Much Fertilizer Remain in the soil. Nebr. Exp. Sta. Quarterly. 4 (3): 11. 1956.
24. SEVERE, M. L. VAN.— Fertilización del maíz en el Salvador Agricultura Tropical. 12: 251-255. 1956.
25. SHUBEC., F. E., and A. C. CALDWELL.— Effects of Fertilizer and Stand on Corn and Stand on soil Moisture. Min. Unyv. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull 214: 15-18. 1955.
26. TRANT, G. I.— Implications of calculated economic optima in the Cauca Valley, Colombia. Michigan State University. 1957. (mimeógrafo).
27. VOLK, N. J., and J. W. Tidmore.— Efet of Different Sources of Nitrogen on Soil Reaction, Exchangeable ions, and Yields of Crops. Soil Sci. 61: 477-491. 1946.