

# FERTILIZACION DEL CULTIVO DEL MAIZ EN COSTA RICA

Por: Ing. Carlos A. Salas F.

Ing. Nevio Bonilla L.

## Introducción

Es indudable que de los métodos existentes para determinar las necesidades del uso de fertilizantes por las plantas, el establecimiento de ensayos de campo, es quizás el más indicado. Se puede obtener, para el caso que nos ocupa, la siguiente información: respuesta a los elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio) y obtención de los niveles óptimos de aplicación.

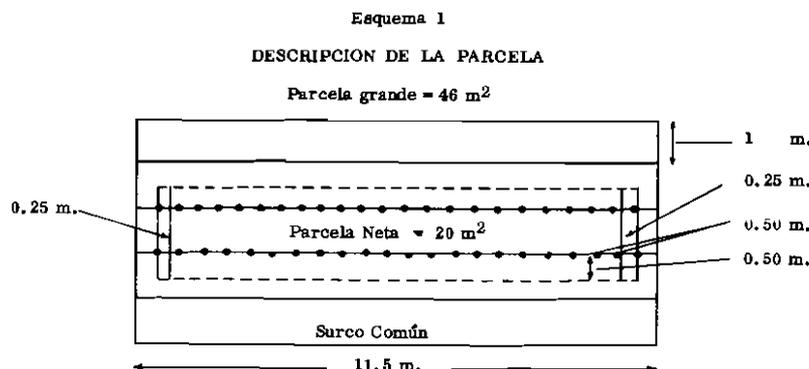
## Materiales y Métodos

Para estudiar la respuesta al nitrógeno, fósforo y potasio y los niveles óptimos de aplicación de estos elementos; se plantaron experimentos en diversos lugares del país, empleándose para ello ensayos bloques al azar, block al azar en arreglo factorial, cuadrado latino, repetición del cuadrado latino, bloques al azar en arreglo factorial con falsos tratamientos y parcelas subdivididas.

El número de repeticiones a usar correspondió generalmente a cuatro, empleándose más cuando los experimentos plantados fueron cuadrados latinos.

El tamaño de parcela usada fue de cuatro surcos de 11.5 metros de largo, o sea un área de 46 metros cuadrados, para la parcela grande y de dos surcos de 10 metros de largo para la parcela neta (20 metros cuadrados).

La densidad fue de dos plantas por golpe de siembra y la distancia de un metro entre surcos y cincuenta centímetros entre plantas. Ver descripción de la parcela en esquema 1.



### Observaciones:

Tamaño de la Parcela: 4 surcos de 11.5 m. de largo. (Parcela grande).

Dos surcos de 10 m. de largo. (Parcela neta)

Distancia de siembra: 1m. entre surcos y 0.50 m. entre plantas.

Densidad de siembra: 2 plantas por mata o golpe de siembra  
(40.000 plantas por hectárea)

Surco Común: Se ha establecido un surco común o testigo entre cada uno de los tratamientos.

## Variedades Usadas

Para plantar los experimentos se emplearon aquellos maíces de alto rendimiento y buena adaptación para cada zona en particular, correspondiendo éstas en la gran mayoría de los casos a variedades mejoradas del programa, tales como: ETO Blanco, ETO Amarillo, Rocamex V-520 C y Poey T-66. Cuando no se podía contar con variedades mejoradas, se acudía a maíces locales, debiendo presentar éstos buen rendimiento y características agronómicas deseables.

## Fuentes de los Elementos a Usar y Epocas de Aplicación

Las fuentes escogidas para cada uno de los elementos y después de estudios realizados correspondieron a las siguientes:

Para el nitrógeno, la úrea (45 a 46.25%) nitrato de amonio (33.5%) y el sulfato de amonio (20.5%) fueron las más usadas, ya que en las pruebas realizadas no se encontraron diferencias significativas en cuanto a peso de la cosecha se refiere; se escogieron las citadas fuentes por ser las que comunmente se encuentran en el mercado.

Para el fósforo, la única fuente que siempre se ha usado ha sido las del triple superfosfato con 46% para el potasio el muriato de potasio (60%).

En cuanto a épocas de aplicación de los fertilizantes y también por pruebas de campo realizadas; se ha concluido que tanto el nitrógeno como el fósforo es factible de aplicarlos ya sea a la siembra o al mes después de ésta, ya que no se reportaron diferencias significativas en la cosecha.

Conociéndose ya los elementos los cuales se van a estudiar, el diseño a emplear, sus fuentes y épocas de aplicación y tamaño de parcela a usar, se puede entonces formar un cuadro de abonamiento, tal como se describe en el cuadro 1.

Con este cuadro de abonamiento se está ya en capacidad de plantar el experimento que se desea.

Cuadro 1.- ABONAMIENTO PARA NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO - ALAJUELA - 1965

Fertilizante a usar y % del elemento	Kgs./Ha. de N.	Kgs./Ha. de $P_2O_5$	Kgs./Ha. de $K_2O$	Kgs./Ha. del fertilizante	Grms./Parc. del fert. Area: 46 m <sup>2</sup>
	0	-	-	0	0
Urea 46.25% de N.	90	-	-	194.60	895.16
	180	-	-	389.20	1790.32
	-	0	-	0	0
Triple superfosfato 46% de $P_2O_5$	-	60	-	130.43	599.84
	-	120	-	260.86	1199.68
	-	-	0	0	0
Muriato de Potasio Potasio 60% de $K_2O$	-	-	60	100.00	460.00
	-	-	120	200.00	920.00

## Observaciones de Campo

Los trabajos y observaciones a efectuar durante el ciclo del cultivo, corresponden a las siguientes:

- Control eficiente de las malezas e insectos
- Notas a tomar que incluyen: posibles diferencias habidas en lo que respecta a altura, vigor y coloración en algunos tratamientos

Todas estas observaciones que se realizan durante el ciclo del maíz, se complementan con el dato de mayor interés, cual es el peso de la cosecha; procediéndose luego al análisis estadístico, para determinar la respuesta a determinado elemento o elementos y su nivel más óptimo de aplicación.

El análisis estadístico se efectúa en base al peso húmedo de campo y en kilogramos. Para determinar el incremento habido con el nivel más óptimo de aplicación del elemento con respecto al control o testigo; es necesario de efectuar una serie de conversiones, para convertir este peso de campo a grano con 12% de humedad y en kilogramos por hectárea.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Obtención del peso húmedo de campo y porcentaje de humedad
- Obtención del porcentaje de materia seca
- Obtención del porcentaje de desgrane (relación elote - grano)
- Relación entre el tamaño de parcela y la hectárea y utilización de un factor para convertir el peso húmedo de campo a peso en grano comercial.

Dicho lo anterior, a continuación y como ejemplo se adjuntan en el cuadro 2 las conversiones necesarias a efectuar en un ensayo plantado en la Estación Experimental "Enrique Jiménez N" en Cañas durante el año 1965.

Cuadro 2. - CONVERSIONES PARA NITROGENO - ESTACION EXPERIMENTAL  
"ENRIQUE JIMENEZ N." - CAÑAS - 1965

Nivel usado	Kgs./Ha. de Nitrógeno	Peso húmedo en mazorca <sup>1</sup>	% de M.S. <sup>2</sup>	Peso seco en Mz. <sup>3</sup>	% de desg. <sup>4</sup>	Peso grano seco en Kgs.	Factor a usar	Kgs./Ha. de grano al 12% de humedad
N <sub>0</sub>	0	5.46	83.66	4.57	84	3.84	568.18	2181.81
N <sub>1</sub>	90-60	10.17	"	8.51	"	7.15	"	4062.49
N <sub>2</sub>	180-120	10.40	"	8.70	"	7.31	"	4153.40

Observaciones:

- <sup>1</sup> Peso húmedo en mazorca en kilogramos
- <sup>2</sup> Porcentaje de materia seca
- <sup>3</sup> Peso seco en mazorca en kilogramos
- <sup>4</sup> Porcentaje de desgrane

## Resultados Obtenidos

Por los resultados obtenidos hasta el momento, se deduce que las respuestas han sido tanto a los elementos en sí como a sus interacciones.

A continuación y en orden de importancia se incluyen las diversas respuestas obtenidas.

## Nitrógeno

Se puede decir que el elemento más limitante es el nitrógeno, éste además de producir un buen desarrollo y vigor de planta, también es responsable del aumento en forma significativa en la longitud y diámetro de la mazorca, factores que se traducen como es obvio en un aumento de la cosecha.

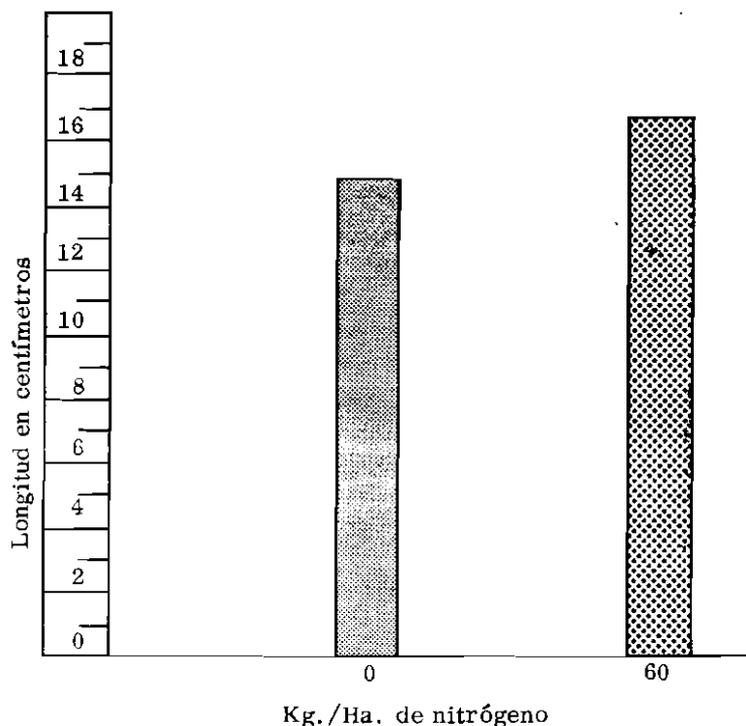
Experimento realizado en la Estación Experimental "Fabio Baudrit M." en Alajuela, ver figura 1, reportó el tratamiento de 60 Kgs./Ha. de nitrógeno, un aumento en la longitud de ésta de 1.86 centímetros con respecto al testigo.

En otro experimento realizado y en este mismo lugar, el nitrógeno reportó una respuesta significativa al aumento del diámetro de la mazorca.

Los resultados arrojados y en cuanto a altas producciones obtenidas se refiere por la influencia del nitrógeno que produce un buen desarrollo y vigor de planta, en Alajuela y durante el año 1962, en una siembra bajo riego, fue factible obtener un incremento sobre el testigo de 1426 kilogramos de maíz por hectárea con el nivel de 60 kilogramos; tal como muestra la figura 2 dicho efecto fue cuadrático.

También en la Estación Experimental "Enrique Jiménez N." en Cañas, gráfico 3, con los niveles de 0, 90 y 180, se obtuvo un efecto cuadrático y el nivel más indicado lo fue el de 90 Kgs./Ha. de nitrógeno, con un incremento sobre el testigo de 1880.68 kilogramos. Véase gráficos 1-2 y 3.

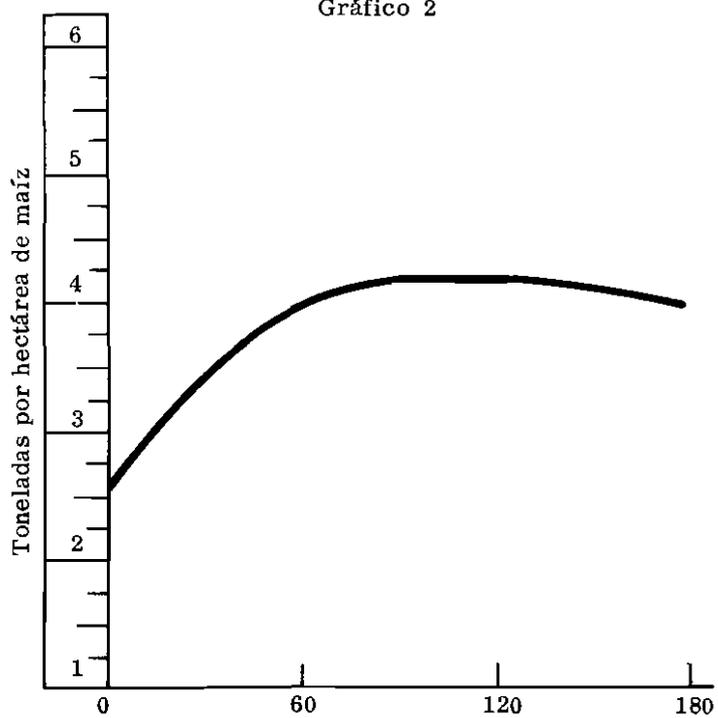
Gráfico 1



Efecto del Nitrógeno en la longitud de la mazorca

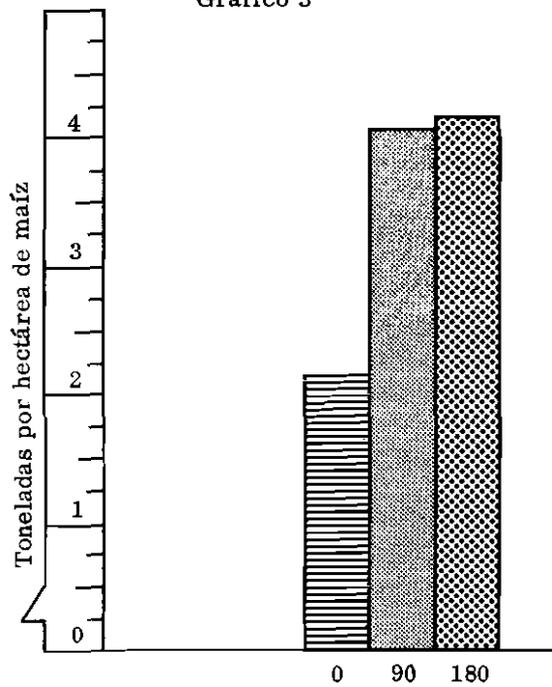
Est. Exp. Agr. "F.B.M." - Alajuela

Gráfico 2



Kg./Ha. de nitrógeno  
Efecto Cuadrático del Nitrógeno  
Alajuela - 1962 - Siembra bajo riego

Gráfico 3



Kg./Ha. de nitrógeno  
Efecto Cuadrático del Nitrógeno  
Est. Exp. "E.J.N." - Cañas 1965

El incremento obtenido en kilogramos de maíz en grano por cada kilo de nitrógeno aplicado para los lugares de Alajuela y Estación Experimental "Enrique Jiménez N." en Cañas, (gráfico 2 y 3) fueron de 23.77 y 20.90 para el primero y segundo respectivamente.

#### Fósforo

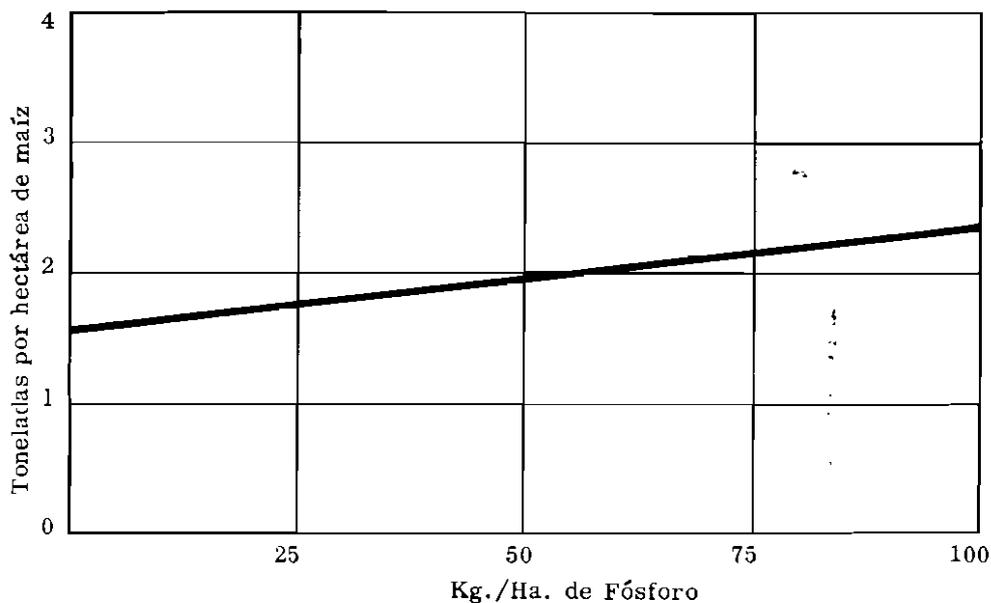
El fósforo y por experimentos efectuados, también es responsable en el aumento de la cosecha.

Los resultados obtenidos en la Estación Experimental "Los Diamantes", en Guápiles (gráfico 4) indican que se obtienen incrementos sucesivos y en su efecto lineal, mediante la aplicación de hasta 100 Kgs./Ha. del elemento, aplicado a intervalos de 25 Kgs./Ha. El incremento obtenido con el máximo nivel aplicado fue de 773 Kgs./Ha. de maíz en grano.

En Esparta y durante el año 1961 (gráfico 5) el efecto que se obtuvo fue cuadrático y el nivel más óptimo de aplicación correspondió al de 100 Kgs./Ha. de dicho elemento. El incremento obtenido con respecto al testigo fue de 1161.93 Kgs./Ha. de maíz en grano comercial. Los niveles que se usaron fueron: 0, 50, 100 y 150 Kgs./Ha. del elemento fósforo.

En estos dos ensayos plantados, o sean, Estación Experimental "Los Diamantes" en Guápiles y en Esparta, los incrementos obtenidos en kilogramos de maíz en grano comercial por cada kilo de fósforo aplicado, fue de 7.73 y 11.62 para el primero y segundo lugar respectivamente. (Véase gráficos 4 y 5).

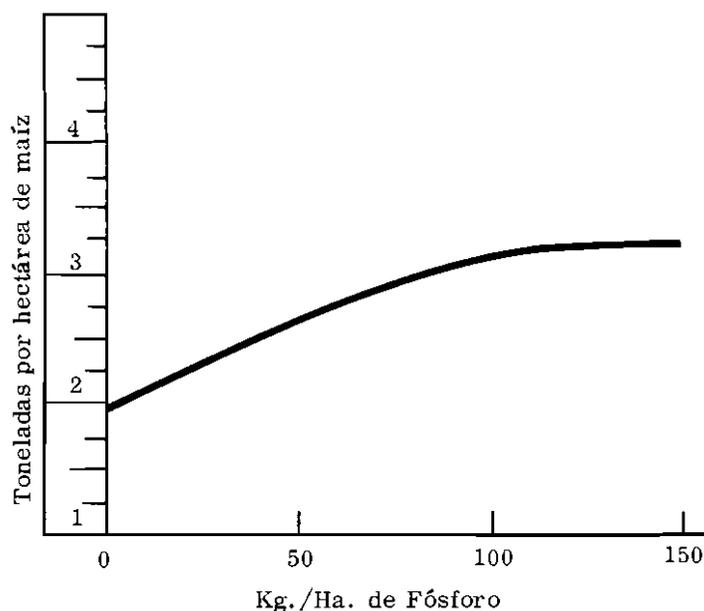
Gráfico 4



Efecto Lineal del Fósforo

"Los Diamantes" - Guápiles

Gráfico 5



Efecto Cuadrático Fósforo

Esparta - 1961

## Nitrógeno - Fósforo

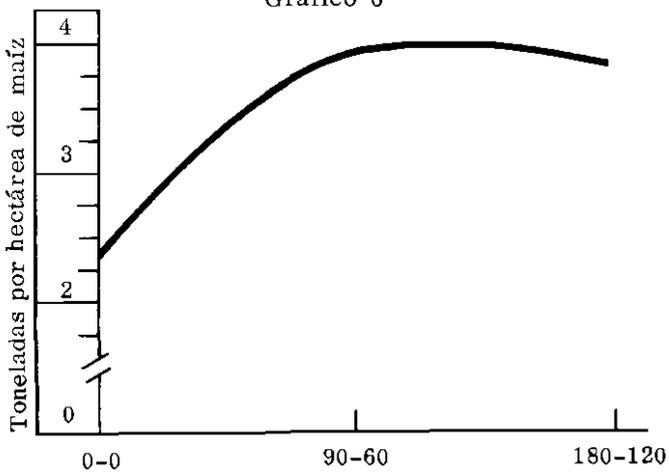
La interacción nitrógeno y fósforo, además de producir un aumento en la cosecha (gráfico 6) éste es responsable y en forma significativa del aumento de la altura en las plantas de maíz (gráfico 7).

En el primer caso, y en experimento plantado en Alajuela durante el año 1965, con los niveles más óptimos de aplicación de 90 y 60 Kgs./Ha. de nitrógeno y fósforo y en su efecto cuadrático, se obtuvo un incremento de 1517 Kgs./Ha. de maíz en grano comercial. Esto indica, que por cada kilo de nitrógeno y fósforo aplicado se obtiene 10.11 Kgs./Ha. de maíz en grano.

En lo que respecta al segundo caso, o sea la influencia que tiene sobre la altura de la planta de maíz, se puede decir; que en las tres lecturas efectuadas la interacción nitrógeno - fósforo, fue siempre significativa, siendo su efecto cuadrático.

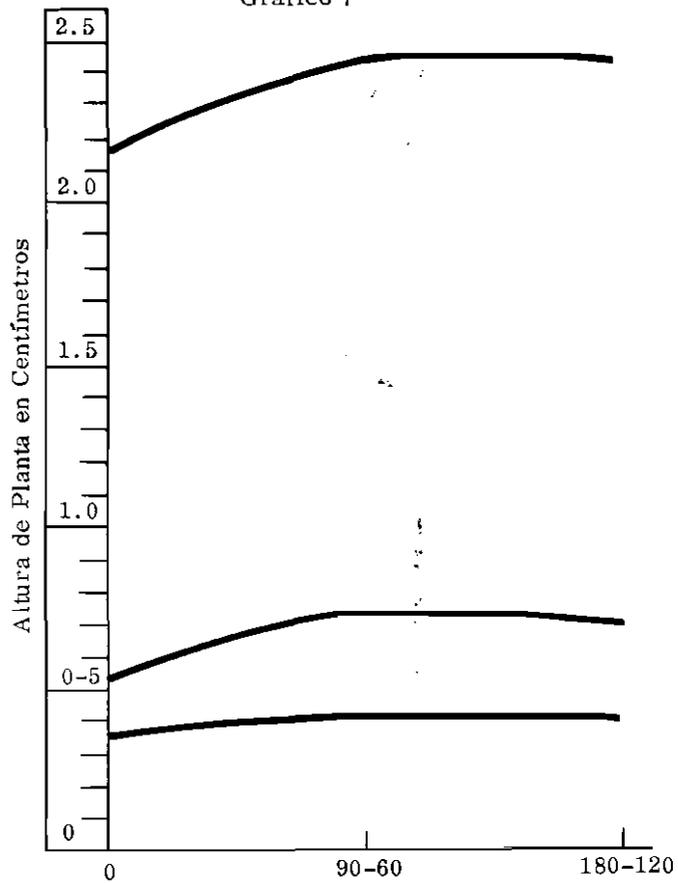
Los niveles que se usaron fueron: 0, 90 y 180 para nitrógeno y 0, 60 y 120 para fósforo. Entre el nivel  $N_0 P_0$  y el nivel  $N_{90} P_{60}$ , el aumento en el crecimiento de la planta fue más manifiesto en la segunda lectura que en la primera. La primera altura de planta se tomó a los 28 días después de la siembra, mientras que en la segunda se tomó a los 51 días después de haberse plantado el ensayo. El aumento de crecimiento del nivel uno con respecto al nivel cero, citados anteriormente, en la primera lectura, fue de seis centímetros, mientras que en la segunda lo fue de 21 centímetros. El mayor aumento de crecimiento se registró en la tercera y última lectura, ya que entre el nivel cero de nitrógeno y fósforo y el de 90 y 60 kilogramos por hectárea, se registró un aumento de 32 centímetros. Esta lectura se efectuó, cuando ya el maíz estaba en floración (a los 80 días). (Véase gráficos 6 y 7)

Gráfico 6



Kg./Ha. de Nitrógeno y Fósforo  
Efecto Cuadrático de Nitrógeno y Fósforo  
Alajuela - 1965

Gráfico 7



Kg./Ha. de Nitrógeno y Fósforo  
Efecto Cuadrático de Nitrógeno y Fósforo en tres épocas  
del crecimiento de la planta de maíz.  
Alajuela - 1965 A

## Nitrógeno, fósforo y potasio

Por último se tiene la respuesta a los tres elementos obtenida en la región de Atenas: esto y por ensayo plantado durante el año 1961, en que el tratamiento 80, 60, 80 kilogramos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio, produjo un incremento significativo en la cosecha (gráfico 8).

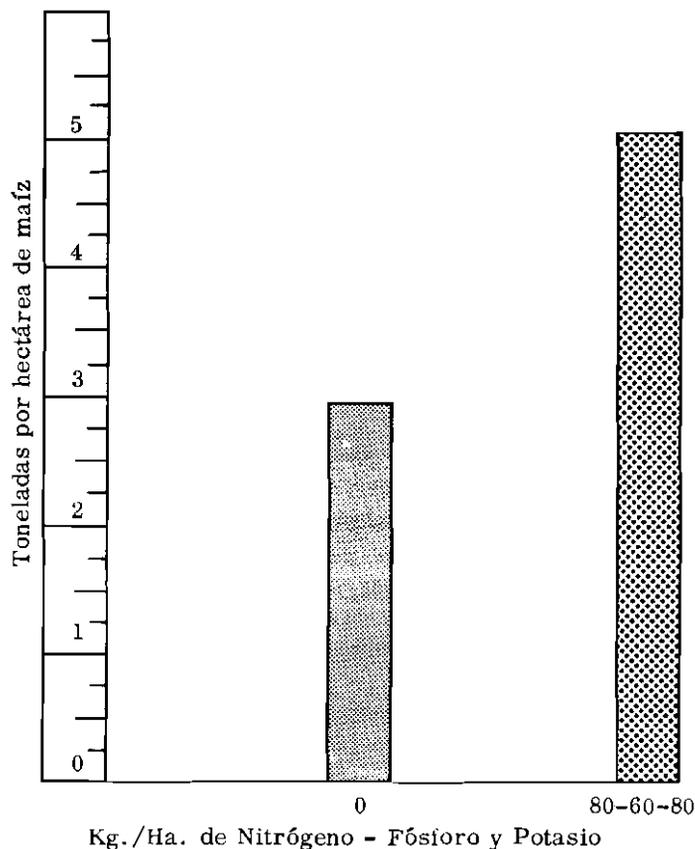
Esta respuesta al potasio en esta localidad, además del nitrógeno y fósforo, fue comprobada en el siguiente año (1962) y en la misma localidad, por ensayo de niveles de potasio plantado, en el cual se usaron desde 0 hasta 175 Kgs./Ha. de dicho elemento, espaciados cada 25 kilogramos. Para ejecutar tal experimento se usó una base general de nitrógeno y fósforo en los niveles de 90 y 60 Kgs./Ha. del primero y segundo respectivamente (gráfico 9).

Esta respuesta del potasio fue confirmada a la vez por medio del análisis químico de suelo efectuado, reportando éste un nivel de bajo a medio de potasio.

En el primer caso con el tratamiento 80, 60, 80 Kgs./Ha. de nitrógeno, fósforo y potasio, se obtuvo 2096,58 Kgs./Ha. de grano comercial como incremento. El incremento obtenido por cada kilo de los tres elementos aplicados fue de 9.53 kilogramos de maíz en grano.

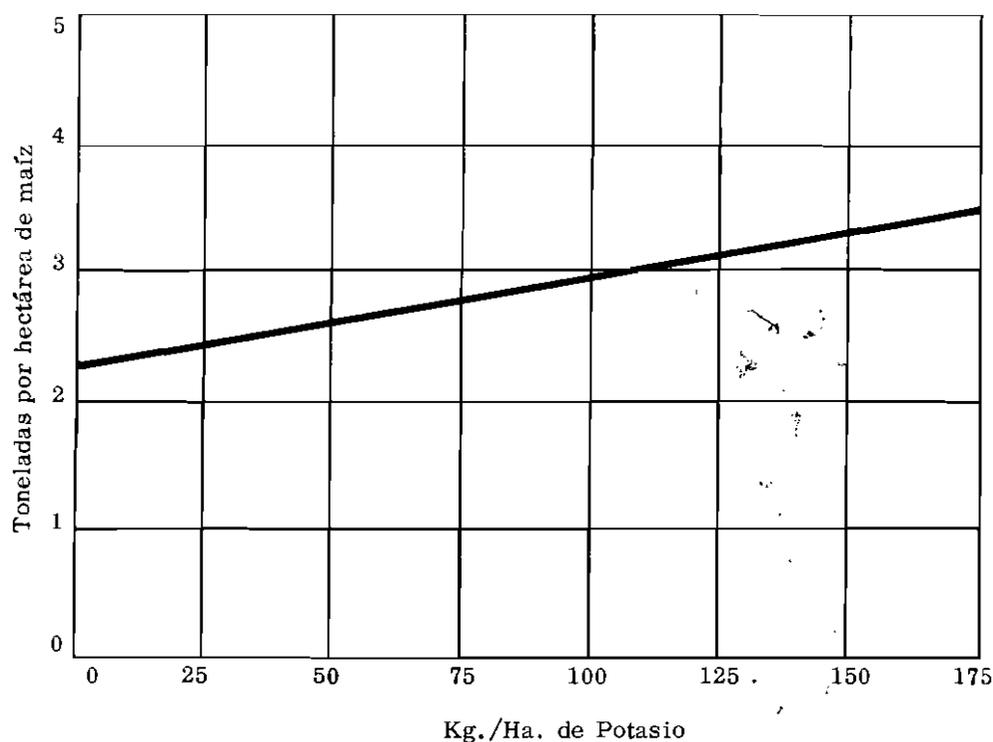
Con el nivel de 175 Kgs./Ha. de potasio, el efecto fue lineal, siendo su incremento de 1289.52 Kgs./Ha. o sea: 7.37 kilogramos de maíz en grano por cada kilo del elemento potásico aplicado. (Véase gráficos 8 y 9).

Gráfico 8



Respuesta al Nitrógeno - Fósforo y Potasio  
Atenas - 1960 A

Gráfico 9



Efecto Lineal de Potasio

Atenas - 1962

### Estudio Económico

En base al aumento o incremento obtenido en la cosecha, en aquellos ensayos en que determinado tratamiento fue significativo, es posible realizar el estudio económico correspondiente, escogiendo el nivel más económico de aplicación.

Para realizar dicho estudio, es necesario considerar los siguientes aspectos:

#### Valor del incremento

Para obtener el valor del incremento, se ha tomado como precio mínimo el de ₡ 160.00 la fanega (800 libras) o sea a ₡ 0.20 la libra.

#### Costo de los fertilizantes y su aplicación

Se determina el costo de los fertilizantes y su aplicación, según las fuentes a usar para cada elemento (nitrógeno, fósforo y potasio). Estos costos como es obvio varían año con año.

#### Costo que demanda la cosecha y desgrane del incremento

Al incremento obtenido es necesario cargarle el costo que demanda la cosecha y desgrane de dicho incremento. Estos costos sí han sido más estables y se pueden considerar a ₡ 1.00 y ₡ 1.50 el costo del saco en mazorca para la cosecha y de ₡ 1.00 el quintal en lo que a desgrane se refiere.

Con estos tres aspectos considerados, es posible obtener la ganancia neta aparente, tomando en consideración el valor del incremento y su costo total de producción.

Como ejemplo, seguidamente se incluye un estudio correspondiente a la zona de Alajuela, en ensayo plantado durante el año 1965, el cual se tuvo respuesta a los elementos nitrógeno y fósforo, en que sus niveles más óptimos de aplicación fueron de 90 a 60 Kgs./Ha. del primero y segundo respectivamente.

El incremento sobre el testigo fue de 1517 Kgs./Ha. o sean 3292 Lbs./Ha. (32.92 qq./Ha.).

El valor de este incremento y considerándolo a ₡ 20.00 el quintal que es el precio mínimo, se tiene un valor de ₡ 658.40.

El costo de los niveles usados de nitrógeno y fósforo son: para el primero (90 Kgs./Ha.) es de 194.59 Kgs./Ha. de Urea del 46.25% de nitrógeno o sean, 422.26 Lbs./Ha. que al precio de ₡ 0.39 nos da un costo de ₡ 164.68. Para el segundo elemento y con el nivel de 60 Kgs./Ha. de fósforo es de 130.43 Kgs./Ha. de triple superfosfato del 46% de fósforo o sean 283.03 Lbs. que al precio de ₡ 0.34 c/u. dará un costo de ₡ 96.23.

Con el uso de ambos fertilizantes, se tiene un costo total de ₡ 260.91. Si se considera el costo de aplicación de los fertilizantes de ₡ 32.00/Ha., o sean: 4 jornales, el de cosecha del incremento a ₡ 1.50 el quintal y el de desgrane a ₡ 1.00 el quintal; este estudio económico se puede resumir tal y como se presenta a continuación:

#### Estudio económico para nitrógeno y fósforo, Alajuela 1965

Niveles usados: 90 y 60 Kgs./Ha. de nitrógeno y fósforo

Valor del incremento.....	₡ 658.40
Costo de los fertilizantes.....	₡ 260.91
Costo de aplicación.....	32.00
Costo de cosecha.....	50.05
Costo de desgrane.....	33.37
Costo total de producción.....	₡ 376.33
Valor del incremento.....	₡ 658.40
Ganancia neta.....	282.07/Ha. = ₡ 197.25 por Mz.

En base a este estudio económico efectuado, es factible realizarlo también en cada una de las otras localidades en donde se realizaron los experimentos. En la página siguiente en cuadro 3 se incluyen los resultados obtenidos de experimentos realizados en diversos lugares.

### Resumen

Mediante el uso de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, como se puede observar en dicho cuadro, los incrementos y ganancias netas obtenidas; le dan una buena ganancia al agricultor, ya que éstas oscilan entre ₡ 72.50 y ₡ 414.65 por manzana, reportándose y en cuanto a incrementos obtenidos se refiere, desde 773.00 hasta 2096.58 Kgs./Ha. de grano comercial, con los niveles de cada uno de los elementos recomendados.

Los incrementos obtenidos por cada kilo del elemento o elementos aplicados, van desde 7.37 hasta 20.90 Kgs. de maíz en grano para Atenas y la Estación Experimental "Enrique Jiménez N." en Cañas respectivamente.

Por cada colón invertido se obtuvo desde ₡ 1.45 en un ensayo plantado en la Estación Experimental "Los Diamantes" en Guápiles hasta ₡ 3.66 en la Estación Experimental "Enrique Jiménez N." en Cañas.

Cuadro 3.- RESUMEN DE LOS ESTUDIOS ECONOMICOS EFECTUADOS EN LA ESTACION EXPERIMENTAL "FABIO BAUDRIT M." EN ALAJUELA, LA ESTACION EXPERIMENTAL "ENRIQUE JIMENEZ N." EN CAÑAS, ALAJUELA, LOS DIAMANTES EN GUAPILES, ESPARTA Y ATENAS

Lugar y año	Kgs./Ha.de los elementos usados			Incremento de maíz Kgs./Ha.	Valor del incremento en colones	Costo de producción en colones	Ganancia neta aparente por Ha. y en colones	Ganancia por manzana en colones	Ganancia en colones por cada colón invertido
	N	P	K						
E. J. N. Cañas 1965	90	0	0	1880.68	816.20	223.25	592.95	414.65	3.66
Alajuela 1962	60	0	0	1426.00	618.80	263.22	355.58	248.65	2.35
Los Diamantes 1964	0	100	0	773.00	335.40	231.73	103.67	72.50	1.45
Esparta 1961	0	100	0	1161.93	504.20	238.20	266.00	186.01	2.11
Alajuela 1965	90	60	0	1517.00	658.40	376.33	282.07	197.25	1.75
Atenas 1961	80	60	80	2096.58	910.00	401.47	508.53	355.60	2.27
Atenas 1962	0	0	175	1289.52	559.60	307.85	251.75	176.05	1.82

Con estos experimentos y otros más que se han realizado, se han plantado un total de 41 ensayos en todo el país; estudiándose las respuestas de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

De este total 14 experimentos respondieron al nitrógeno, nueve al fósforo, uno al potasio, seis al nitrógeno - fósforo, tres al nitrógeno - fósforo y potasio y ocho no respondieron a ninguno de los elementos.

Refiriéndose a porcentos un 34.15% respondieron al nitrógeno, un 21.95% al fósforo, un 14.63% al nitrógeno-fósforo, un 7.32 al nitrógeno-fósforo y potasio, un 2.44 al potasio y un 19.51 sin respuesta a ninguno de los elementos citados.

Considerando en sí la respuesta de los fertilizantes, ya sea el elemento por sí solo o en sus interacciones, en general se tiene que del total de 41 ensayos plantados, un 80.49% produjeron un aumento significativo en la cosecha.

Los lugares en donde se han obtenido las diversas respuestas a cada uno de los elementos y a sus interacciones han sido: para el nitrógeno en el Valle Central y Pacífico, para el fósforo en el Valle Central, Pacífico y Atlántico y para el nitrógeno-fósforo y potasio en Atenas.

Durante el año 1966 y en base al resultado de cinco experimentos más, en que no sólo se estudiaron los tres elementos mayores, nitrógeno-fósforo y potasio, sino que también el magnesio y el zinc, los resultados obtenidos en cuanto a los elementos mayores se refiere, son muy similares a los obtenidos en años anteriores. Con estos elementos magnesio y zinc, es necesario llevar a cabo más estudios para obtener conclusiones más precisas, que puedan dar base a futuras recomendaciones.

En lo referente a la densidad de población a usar y en base a los estudios efectuados en relación con los niveles de fertilización recomendados, las poblaciones de 40.000 y 50.000 plantas por hectárea son los más indicados.