

**ESQUELA NACIONAL DE agricultura Y GANADERIA  
managua,nicaragua, C.A.**

**DETERMINACION DE LA EPOCA DE APLICACION DEL  
NITROGENO COMPLEMENTARIO EN EL MAIZ (Zea mays L.)**

**Por**

**LEONARDO GREEN CARLSON**

**Tesis**

**1974**

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
Managua, Nicaragua, C.A

DETERMINACION DE LA EPOCA DE APLICACION DEL  
NITROGENO COMPLEMENTARIO EN EL MAIZ (Zen mays L.)

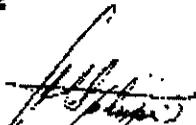
por

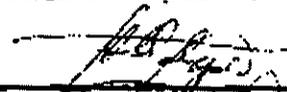
LEONARDO GREEN CARLSON

T E S I S

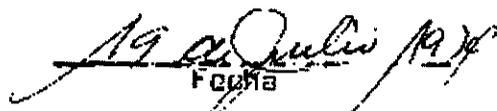
Presentada como requisito parcial para obtener el grado  
profesional de Ingeniero Agrónomo.

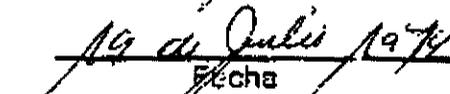
APROBADA:

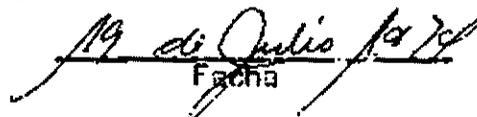
  
\_\_\_\_\_  
ASESOR PRINCIPAL

  
\_\_\_\_\_  
Director de la Escuela

  
\_\_\_\_\_  
Jefe del Departamento

  
\_\_\_\_\_  
Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Fecha

## DEDICATORIA

A mi querida esposa:

Dra. Yolanda Bacon Forbes de Green

A mis padres:

Dr. Leonardo E. Green (q.e.p.d.)

Sra. Janet Carlson.

## AGRADECIMIENTO

Al ..... Ing. Humberto Topis B.

A la ... Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería

A ..... Todas aquellas personas que colaboraron en la elaboración de este estudio.

## CONTENIDO

DEDICATORIA . . . . .	iii
AGRADECIMIENTO . . . . .	iv
CONTENIDO . . . . .	v
LISTA DE CUADROS . . . . .	vi
LISTA DE FIGURAS . . . . .	vii
INTRODUCCION . . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	3
REVISION DE LITERATURA . . . . .	4
MATERIALES Y METODOS . . . . .	11
RESULTADOS . . . . .	16
DISCUSION . . . . .	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	28
RESUMEN . . . . .	29
CITAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .	31

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1.- Condiciones climatológicas ocurridas durante el período del ensayo.	13
2.- Precipitaciones en milímetros ajustadas a las fechas en que se hicieron las aplicaciones con referencia a las fases de crecimiento.	14
3.- Rendimiento en kilogramos por hectárea de grano de maíz con 15 por ciento de humedad ajustados por población de cada una de las variedades sometidas a aplicaciones de nitrógeno complementario; y porcentaje de incremento con relación a la época de aplicación convencional.	17

## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
<p>1.- Valor real y tendencia del rendimiento promedio en kilogramos de grano por hectárea de la variedad Nicaragua Sintética - 2 con relación a las diferentes épocas de aplicación complementaria del nitrógeno.</p>	15
<p>2.- Valor real y tendencia del rendimiento promedio en kilogramos de grano por hectárea de la variedad XL-101 con relación a las diferentes épocas de aplicación complementaria del nitrógeno.</p>	21
<p>3.- Valor real y tendencia del rendimiento promedio en kilogramos de grano por hectárea de la variedad X-300-3 con relación a las diferentes épocas de aplicación complementaria del nitrógeno.</p>	24

## DETERMINACION DE LA EPOCA DE APLICACION DEL NITROGENO COMPLEMENTARIO EN EL MAIZ (Zea mays L.)

### I.- INTRODUCCION

El maiz, debido a su amplia rama de estabilidad, es cultivado bajo condiciones climáticas variando desde regiones templadas a tropicales del mundo entero. Los altos rendimientos por unidad de superficie son un reflejo directo de altas aportaciones de fertilizantes y el uso de variedades con alto potencial de producción. Se asume generalmente que el uso efectivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados en particular, resulta en incrementos significativos de producción. Sin embargo, la eficiencia y la efectividad de diferentes prácticas de fertilización en maiz son una función del suelo, especie, condiciones climáticas y en muchas regiones la disponibilidad del agua de riego.

Conociendo los niveles óptimos de nitrógeno que se deben suministrar al maiz, es necesario conocer el momento más apropiado de efectuar esta fertilización. Sabiéndose en el hecho de que el nitrógeno se pierda en el suelo rápidamente por diversas causas, lo que obliga en el maiz a hacer aplicaciones de este elemento un mes después de la siembra, o bien en forma fraccionada.

El objetivo deseado con las aplicaciones complementarias del nitrógeno en siembras de maiz, es lograr una mayor eficiencia en la absorción y utilización de este nutriente, proporcionándolo a las plantas en el período de mayor demanda fisiológica. En esta forma se evita la absorción del nitrógeno por las malas hierbas durante las primeras etapas del ciclo del cultivo y se reducen las pérdidas por lixiviación de las fuentes solubles más comunes de este fertilizante.

El maiz representa para la población nicaragüense, el alimento básico en la dieta alimenticia diaria. Este cultivo se comienza a

consumir desde su estado de chilote y en toda su fase de maduración.

En el presente trabajo, que se efectuó en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería durante los meses de Julio a Octubre de 1972, se determina la mejor época de aplicación del nitrógeno complementario en la fertilización del maíz.

## OBJETIVOS

- 10 Determinar el período más apropiado dentro del ciclo vegetativo para efectuar la fertilización nitrogenada complementaria que permita obtener mayores rendimientos de grano en el cultivo del maíz.
- 20 Proveer de información para las condiciones de Nicaragua, con miras al uso efectivo de la fertilización nitrogenada.

### III.- REVISIÓN DE LITERATURA

Salazar (11), señala que la variedad Nicaragua Sintética - 2, de acuerdo a su período vegetativo, se puede clasificar como precoz. En las condiciones ambientales de "La Calera", la precocidad del Nicaragua Sintético - 2 es de 90 a 95 días y la floración de esta variedad ocurre aproximadamente de los 45 a los 48 días después de la siembra.

Tapia (14), menciona que la variedad XG-101 es un híbrido "Pioneer", con grano de color blanco. Esta variedad, de acuerdo a su período vegetativo, se puede clasificar como intermedia y madura entre 100 y 105 días después de la siembra. La floración ocurre aproximadamente a los 52 a 55 días después de la siembra.

La variedad X-306-A, también es un híbrido "Pioneer". Esta variedad está clasificada como una variedad tardía y su período vegetativo es de 110 a 115 días después de la siembra. Entre los 54 y 56 días después de la siembra ocurre su floración.

Henkes (3), concluyó que el nitrógeno es en general muy móvil en el suelo y se encuentra generalmente en forma rápidamente aprovechable por la planta. También está expuesto a sufrir pérdidas por volatilización y lavado.

Se estima que las plantas no aprovechan del 25 a 50 por ciento de todo el fertilizante nitrogenado que se aplica al suelo.

Una manera de evitar las pérdidas por lavado consiste en hacer aplicaciones reducidas y más frecuentes en suelos arenosos. Como no se puede acumular fácilmente en el suelo ninguna forma de nitrógeno asimilable, la división de la aplicación en varias partes contribuye a tener nitrógeno a disposición de las plantas en todo

tiempo, para poder satisfacer las necesidades.

Aunque los fertilizantes amoniacales son más resistentes al lavado que los fertilizantes nítricos, la diferencia suele ser temporal, debido a la rápida conversión del amonio a nitrato. La conversión se puede completar en dos semanas si son favorables las condiciones de temperatura y humedad.

Barber y Olson (1), en base a experimentos llevados a cabo concluyeron que los fertilizantes nitrogenados se pueden aplicar antes de la siembra, al momento de la siembra, después de la siembra, o en la combinación de estas prácticas. El método más efectivo depende de factores de crecimiento tales como temperatura del suelo y condiciones de humedad. Estos factores pueden influenciar incrementadamente las pérdidas de nitrógeno por volatilización o lixiviación.

Nelson (7), informa que prácticas óptimas de fertilización se han mostrado claramente como una función de las características del suelo, clima, potencial de producción de la variedad, los requerimientos de nutrientes por el maíz a diferentes estados de desarrollo, las propiedades químicas de los fertilizantes usados, usando la mayoría de estos factores interactuando fuertemente.

Tisdale y Nelson (16), mencionan que el tiempo que se aplica un fertilizante depende del suelo, clima, nutrientes y cosechas.

En contraste con el fósforo, deben de considerarse las posibilidades de pérdidas del nitrógeno al seleccionarse el tiempo en que éste puede aplicarse. Teóricamente sería más deseable añadir el nitrógeno lo más próximo posible al requerimiento máximo del cultivo.

Un retraso en el tiempo de aplicación del nitrógeno, después que la planta alcance los 60 centímetros de altura, puede dar como resultado una utilización disminuida del nitrógeno aplicado al maíz. Sin embargo, es interesante notar que las aplicaciones del nitrógeno en la fase que precede a la espiga, cuando hay una marcada deficiencia, son eficaces en el incremento de las producciones.

FAO (2), mediante la utilización de isótopos determinó que el por ciento del nitrógeno aplicado que es utilizado por la planta de maíz, varía de 20 a 70 por ciento, con promedio de 40 por ciento para todos los países.

Lunt, Dertli y Hofmann (6), demostraron por medio de una prueba de percolabilidad usando una columna de arena, que después de 75 días de lavados periódicos había una mitad del nitrógeno en el fertilizante recubierto que permaneció en la columna.

Ortiz (9), estudió varias épocas de aplicación del nitrógeno en el maíz. En las zonas frías los resultados mostraron una tendencia al incremento de los rendimientos entre más tardía era la aplicación, habiéndose considerado que la época más adecuada era cuando la aplicación se hacía al momento que las plantas alcanzaban una altura de 60 centímetros. Estas pruebas se realizaron en suelos que no presentaban deficiencias en fósforo y potasio.

En las condiciones de la zona de Guatemala, que es diferente a las de tierra fría, entre todo en el crecimiento, se encontró que la mejor época de aplicación del nitrógeno fue al momento de la siembra.

La aplicación del nitrógeno en tierra fría, en épocas muy tempranas, puede redundar en que este elemento se pierda por perco-

loción, antes de que llegue el período en la planta es más al mayor grado. Pueden dar buenos resultados aplicar una pequeña parte en la siembra como fertilizante iniciador.

Fuente et al (10), encontraron que en las aplicaciones complementarias el aprovechamiento del nitrógeno está condicionado por la cantidad de agua que el cultivo recibe posteriormente y a las propiedades del suelo.

Los suelos de textura ligera que reciben una precipitación adecuada durante el ciclo vegetativo producirán mayores rendimientos cuando una parte del nitrógeno se aplica después de la siembra. En los suelos de textura media o pesada con lluvias adecuadas durante el ciclo de crecimiento, la aplicación de todo el nitrógeno al momento de la siembra o con una parte después de la siembra, producirán rendimientos semejantes.

Si un suelo recibe escasa o ninguna precipitación durante los tres semanas siguientes la aplicación complementaria, rendirá menos que cuando todo el nitrógeno se aplicó al suelo en el momento de sembrar.

En quince de veintidós experimentos efectuados los rendimientos fueron más altos cuando una parte de todo el nitrógeno fue suministrado en el momento de sembrar, siendo la forma más eficiente de fertilizar el maíz en nueve de los experimentos cuando se aplicó todo el nitrógeno al momento de la siembra. Sin embargo, estos últimos nueve ensayos se efectuaron en suelos muy deficientes en fósforo y es probable que los rendimientos de maíz fueron más altos cuando todo el nitrógeno se aplicó en el momento de la siembra, debido a que esto aumentó la absorción del fósforo por las plantas aplicado en forma de abono químico. Además de que

el suelo recibió poca o ninguna precipitación por un período de dos a tres semanas después de la aplicación complementaria.

En base a estos resultados se recomienda que una tercera parte del nitrógeno y la totalidad del fósforo y potasio se apliquen al momento de la siembra y que el nitrógeno restante se aplique complementariamente después del deshierbe del maíz y antes de que las plantas alcancen una altura de 60 centímetros.

FAO (2), en investigaciones donde aplicaciones post siembra de nitrógeno fueron comparadas con la fertilización del nitrógeno al momento de la siembra, resultó altamente significativa la fertilización nitrogenada efectuada cuando la planta tenía entre 50 centímetros y la altura al momento de espigar. Ciertas excepciones a estas observaciones ocurrieron cuando la superficie del suelo estaba seco al momento de efectuar la fertilización nitrogenada y que permaneció por algún tiempo después. Cuando la aplicación post siembra fué retrasada hasta 10 días después del espigamiento se mostró un descenso marcado de la efectividad de la fertilización nitrogenada.

Se efectuaron también comparaciones entre un número de aplicaciones divididas de fertilización nitrogenada. No hubo diferencias significativas entre dos y tres divisiones. Sin embargo, la combinación más favorable es la de aplicar la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y la otra mitad cuando la planta alcance los 50 centímetros de altura.

Lizarraga (4), experimentó con niveles de nitrógeno y formas de aplicación usando el maíz Rocamex H-503, dentro del programa de fertilizantes del Departamento de Agronomía del Ministerio de A-

agricultura y ganadería. En un experimento ~~realizado~~ ~~en~~ ~~la~~ ~~finca~~ ~~de~~ ~~La~~ ~~Calera~~ como en Chinandega, se evaluaron los niveles de 50, 100 y 200 libras de nitrógeno por manzana.

Las modalidades de aplicación del nitrógeno ~~eran~~

- a) Todo el nitrógeno al momento de la siembra.
- b) Una mitad en la siembra y la otra mitad 10 días después.
- c) Además, en el tratamiento de 100 libras de nitrógeno por manzana, se aplicó dividido en cuatro partes: 25 libras a la siembra y 25 libras a los 11, 24 y 39 días después.

Los resultados obtenidos en Chinandega mostraron que el nivel del nitrógeno que permitió mayor rendimiento fué el de 100 libras por manzana, siendo la división en dos partes la mejor para este nivel.

En "La Calera" la respuesta a los niveles de nitrógeno fueron de menor magnitud que en Chinandega, pero incluyeron nuevamente que el tratamiento de 100 libras por manzana fué el que permitió el mayor rendimiento. En "La Calera" no se encontró efecto notable de la forma de aplicación del nitrógeno.

Ortiz (3), recomienda que cuando se pueden hacer dos aplicaciones es conveniente aplicar un tercio del nitrógeno al momento de la siembra (junto con todo el fósforo y potasio cuando éstos son necesarios) y dos tercios en una o dos etapas de desarrollo, es decir, cuando la planta alcanza la altura de la rudi-  
lia o al momento del enrollado, es todavía de éstas la primera la más adecuada.

Lueders et al (5), en un ensayo efectuado en Nebraska con un promedio de aplicaciones de 20 libras de nitrógeno, 40 libras de fósforo y 40 libras de potasio por acre al momento de la siembra, no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento. Una aplicación de 40 ó 60 libras de nitrógeno al momento del arranque de última cultivada (plantas tenían de 25 a 45 centímetros de altura) produjo rendimientos más altos que las mismas cantidades aplicadas adicionalmente al momento de la siembra.

Louvier, Sadet y Lencin (13), determinaron en experimentos de campo, con 80 y 160 kilos por hectárea de nitrógeno aplicado al maíz, que 80 kilos de nitrógeno por hectárea incorporados al momento de la siembra no rindieron tanto granos como la misma cantidad aplicada en la siembra. Igual resultado se obtuvo aplicando 160 kilos por hectárea de nitrógeno al momento de la siembra y que no mejoró en mucho el tratamiento de aplicación al momento de la siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fué realizado en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, situada en el kilómetro 15, Carretera Maizta, Managua, Nicaragua.

Las parcelas experimentales estuvieron localizadas en un suelo a una altura de 15.95 metros sobre el nivel del mar, perteneciente a la serie Sofecitas, derivado de conizas volcánicas de origen aluvial de color pardo-oscuro, franco, considerablemente profundo (de 60 a 90 centímetros), de topografía plana, bien drenado, con un pH de 7.2 con 14 partes por millón de Calcio (bajo) y más de 500 partes por millón de potasio (alto), (15).

El clima de la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 1361.44 milímetros (promedio de diez años). La temperatura promedio mensual es de 26.59°C, la evaporación total media mensual es de 177.55 milímetros y la humedad relativa media anual de 76.6 por ciento. Sin embargo, en el año de 1972 hubo una sequía que afectó todos los cultivos. La precipitación pluvial registrada en "La Calera" en el tiempo que transcurrió el experimento fué de 298.9 milímetros, y la evaporación media mensual durante el ensayo fué de 137.4 milímetros. La temperatura promedio mensual fué de 27.00°C. Estos datos se hallan resumidos en el cuadro 1.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, con seis repeticiones.

Los maíces utilizados corresponden a las variedades Nicaragua Sintético - 2, X3-101 y X-706-3 que son catalogadas como variedades precoces, intermedias y tardías, respectivamente. Cada una de las variedades representó un experimento por separado. Las parcelas fueron de cuatro surcos de ocho metros de largo y la parcela útil de

las dos surcos centrales.

La densidad de población fue de 50000 plantas por hectárea, sembradas en surcos separados a 90 centímetros y entre de una sola planta a 20 centímetros entre planta y planta por surcos; sembrando tres semillas por sitio y seleccionando una planta.

Los niveles de nitrógeno-fósforo-potasio usados fueron a razón de 120-60-32 kilos por hectárea, respectivamente, y que corresponden a las que permitían obtener mayores rendimientos para las surcos de "La Chispa". Las fuentes de elementos fueron: Urea, Triple Superfósforo y Sulfato de Potasio, para N, P y K, respectivamente.

La aplicación del nitrógeno se efectuó aplicando la mitad al momento de la siembra y la otra mitad a partir de los 20 días después de la emergencia en la variedad precoz, y de los 30 días en las variedades intermedia y tardía.

Se aplicó la mitad del nitrógeno complementariamente al suelo en distintos períodos de acuerdo al ciclo vegetativo de las variedades usadas:

- 1) Variedad precoz: 20, 30, 40, 50, 60 y 70 días después de la emergencia.
- 2) Variedades intermedia y tardía: 30, 50, 70, 90 y 100 días después de la emergencia.

La siembra se efectuó el 13 de Julio de 1973. El fósforo y el potasio se administraron al momento de la siembra.

Con los datos de rendimiento y número de plantas se efectuó un análisis de conversión, para ajustar el rendimiento de acuerdo al número de plantas. Este análisis se efectuó para cada variedad

Cuadro 1.

Condiciones climatológicas ocurridas durante el período del Ensayo.  
 MANAGUA, ENAG - 1972-A 1/

M e s e s	Precipitación Pluvial (mm)	Nº de Días con lluvia	Humedad Relativa % <u>2/</u>	Temperature (°C) <u>2/</u>	Evaporación (mm)
Mayo	159.2	8	75	27.9	207.5
Junio	81.6	13	80	27.1	147.3
Julio	59.8	12	75	27.4	187.3
Agosto	100.0	8	76	26.7	188.5
Septiembre	116.1	8	77	26.9	188.5
Octubre	79.7	7	78	26.7	167.7

1/ Estación Meteorológica Las Mercedes 2/ Promedios Mensuales.

Cuadro 2.

Precipitaciones en milímetros ajustadas a las fechas en que se hicieron las aplicaciones con referencia a las fases de crecimiento.

Días después de la emergencia	Desarrollo Inicial	V A R I E D A D E S								
		Nicaragua Sintético - 2			XB - 101		X - 306 A			
		Inicio de Floración	Flora- ción	Llenado de grano	Inicio de Floración	Flora- ción	Llenado de grano	Inicio de Floración	Flora- ción	Llenado de grano
0 - 20	69.4									
20 - 30	24.2									
30 - 40		63.4								
40 - 50			12.4		75.8			75.8		
50 - 60				31.9						
60 - 70				21.4		53.3			53.3	
70 - 90							107.8			107.8
90 - 100							20.0			20.0

acomodado. En la variedad pascua Simpsona sintética 507, se utilizó la tercera repetición de inicio. La variabilidad presentada en el número de plantas por parcela en esta repetición, quedará documentada en una hoja con cinco repeticiones únicas.

Se ajustaron los valores de frasco de aplicación con el rendimiento para obtener las ecuaciones de regresión cuadrática para cada variedad. También se determinó el procedimiento de ajuste de estas ecuaciones con el rendimiento.

## RESULTADOS

### Varietal Sicaragua Sintética - 2

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre las diferentes épocas de aplicación del nitrógeno complementario en la variedad de maíz Sicaragua Sintética - 2.

Los resultados de rendimiento en grano ajustados por utilización de cada una de las tratamientos del nitrógeno complementario aplicado fraccionada, y por ciento de incremento con relación a la época de aplicación convencional, están resumidos en el cuadro 1.

El mayor rendimiento en grano corresponde al tratamiento de la aplicación complementaria a los 50 días después de la emergencia. Este rendimiento fué de 2479 kilogramos de grano por hectárea.

El tratamiento y aplicación complementaria a los 50 días después de la emergencia, mostró un aumento del 13.8 por ciento sobre el promedio de todos los tratamientos, y un 27.5 por ciento sobre el tratamiento que rindió menos. La aplicación complementaria a los 25 días después de la emergencia, correspondió al tratamiento que rindió menos, cuadro 3.

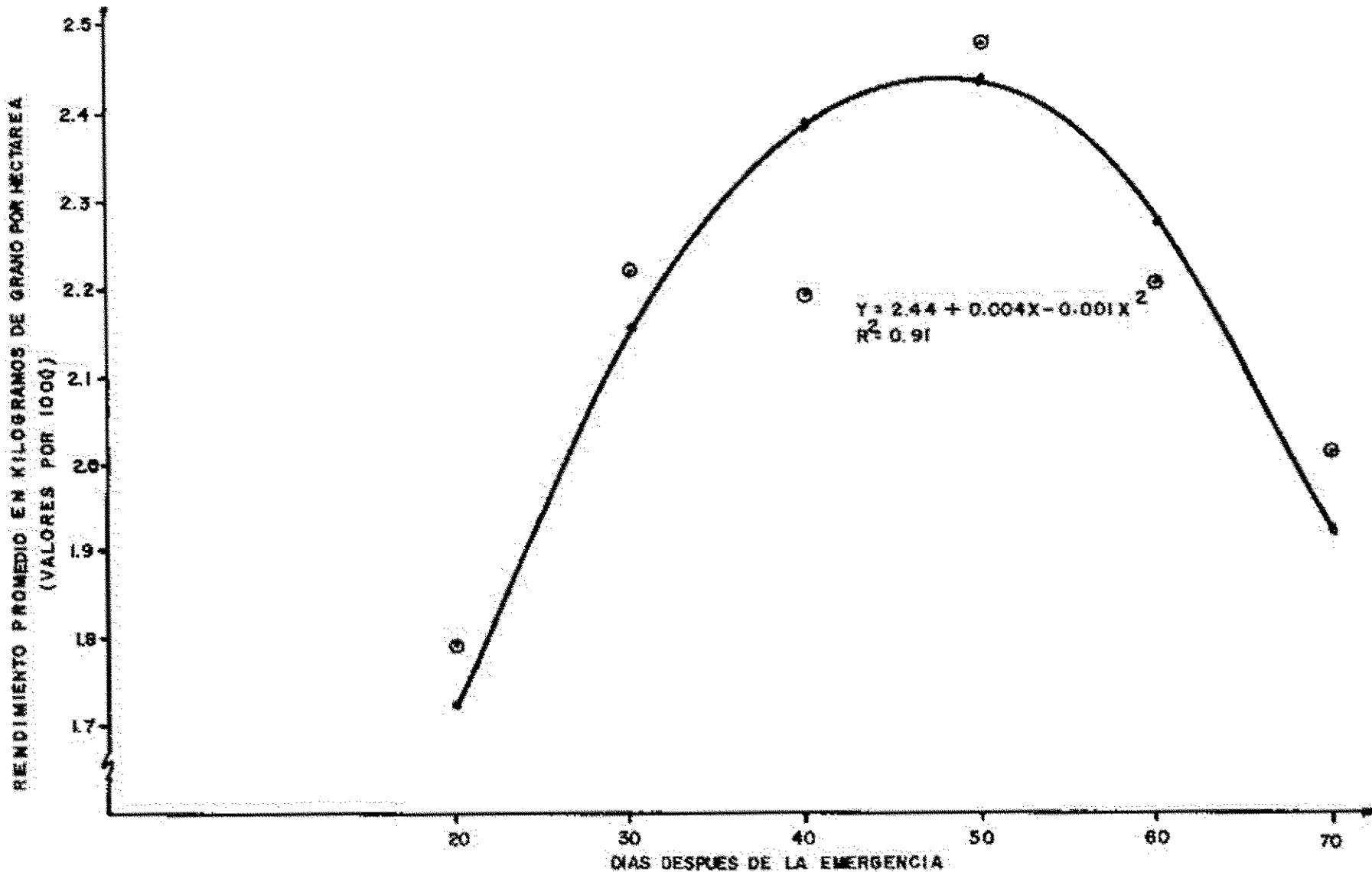
Los rendimientos obtenidos al aplicar el nitrógeno complementario a los 30, 40 y 50 días después de la emergencia fueron similares entre sí, siendo la diferencia entre una y otra un mayor de 1.17 por ciento, cuadro 3.

La época convencional de la aplicación nitrogenada complementaria a los 30 días comparada con el tratamiento a los 50 días después de la emergencia varió en 12 por ciento en favor de esta

Cuadro 3.

Rendimiento en kilogramos por hectárea de grano de maíz con 15 por ciento de humedad ajustados por población de cada una de las variedades sometidas a aplicaciones de nitrógeno complementario; y porcentajes de incremento con relación a la época de aplicación convencional. ENAG - 1972-A.

Días después de la emer- gencia	V A R I E D A D E S					
	Nicaragua Sintético - 2	Por ciento de la aplicación convencional	XB-101	Por ciento de la aplicación convencional	X-306-A	Por ciento de la aplicación convencional
20	1796	81				
30	2216	100	3600	100	4040	100
40	2190	99				
50	2476	112	4030	112	3560	88
60	2208	100				
70	2020	91	4570	127	4740	117
90			4400	122	3850	95
100			4290	119	4050	100



**FIGURA I.- VALOR REAL Y TENDENCIA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO EN KILOGRAMOS DE GRAMO POR HECTAREA DE LA VARIEDAD NICARAGUA SINTETICO-2 CON RELACION A LAS DIFERENTES EPOCAS DE APLICACION**

último tratamiento. El tratamiento a los 20 días fué similar a los tratamientos de 40 y 60 días después de la emergencia, y superó a los tratamientos de 30 y 70 días después de la emergencia en un 10 y 5 por ciento respectivamente, cuantitativa.

En la figura 1 se muestra la distribución del rendimiento promedio en kilogramos de grana por hectárea en relación a los diferentes períodos de aplicación complementaria del nitrógeno.

Al ajustar los valores de época de aplicación con el rendimiento de grana se obtuvo la siguiente ecuación de regresión cuadrática:

$$y = 2.44x - 0.0001x^2 - 0.001x^2$$

lo que indica la tendencia de la respuesta a las aplicaciones complementarias del nitrógeno en los diferentes períodos, figura 1.

El coeficiente de ajuste y asociación de esta ecuación con los valores obtenidos fué de:  $r^2 = 0.91$ .

La fluctuación de esta variable ocurrió a los 60 días después de la emergencia.

#### Variedad X-101

El análisis de variancia no mostró diferencias significativas entre las diferentes épocas de aplicación del nitrógeno complementario en la variedad X-101 a un nivel de 5 por ciento de probabilidad de error. Sin embargo, resultó ser significativa a una probabilidad de error de 10 por ciento, la que se ocurrió en ninguna de las otras dos variedades. El mejor tratamiento en relación al rendimiento de grana correspondió a la aplicación complementaria del nitrógeno a los 70 días después de la emergencia. Este rendimiento fué de 4577 kilogramos de grana por hectárea. Los mejores rendimientos de grana ajustados por producción de cada uno de los tres

tamientos de nitrógeno complementario, y por ciento de incremento con relación a la época de aplicación convencional están resumidas en el cuadro 3.

La aplicación del nitrógeno complementario a los 70 días después de la emergencia mostró un aumento de 8.5 por ciento sobre el promedio de todos los tratamientos, y un 21.2 por ciento sobre el tratamiento que rindió menos y que fué la aplicación a los 30 días después de la emergencia.

El tratamiento de aplicación complementaria del nitrógeno a los 90 días después de la emergencia fué el que rindió más después del tratamiento a los 70 días, siendo la diferencia entre uno y otro de 3.7 por ciento. La diferencia entre los tratamientos a los 70 días y 100 días después de la emergencia fué únicamente 6.1 por ciento, y la diferencia entre la aplicación a los 70 y 50 días después de la emergencia fué de 11.8 por ciento, cuadro 3.

La época convencional de la aplicación del nitrógeno complementario a los 30 días, comparada con el tratamiento a los 70 días después de la emergencia, varió en 27 por ciento a favor de éste último. El tratamiento a los 30 días comparado con los tratamientos a los 50, 90 y 100 días fué inferior en un 12, 22 y 19 por ciento, respectivamente, cuadro 3.

En la figura 2 se muestra la distribución del rendimiento promedio en kilogramos de grano por hectárea con relación a las diferentes épocas de aplicación complementaria del nitrógeno.

Al ajustar los valores de época de aplicación con el rendimiento se obtuvo la siguiente ecuación de regresión cuadrática:

$$Y = 2.06 + 0.06X - 0.00038X^2$$

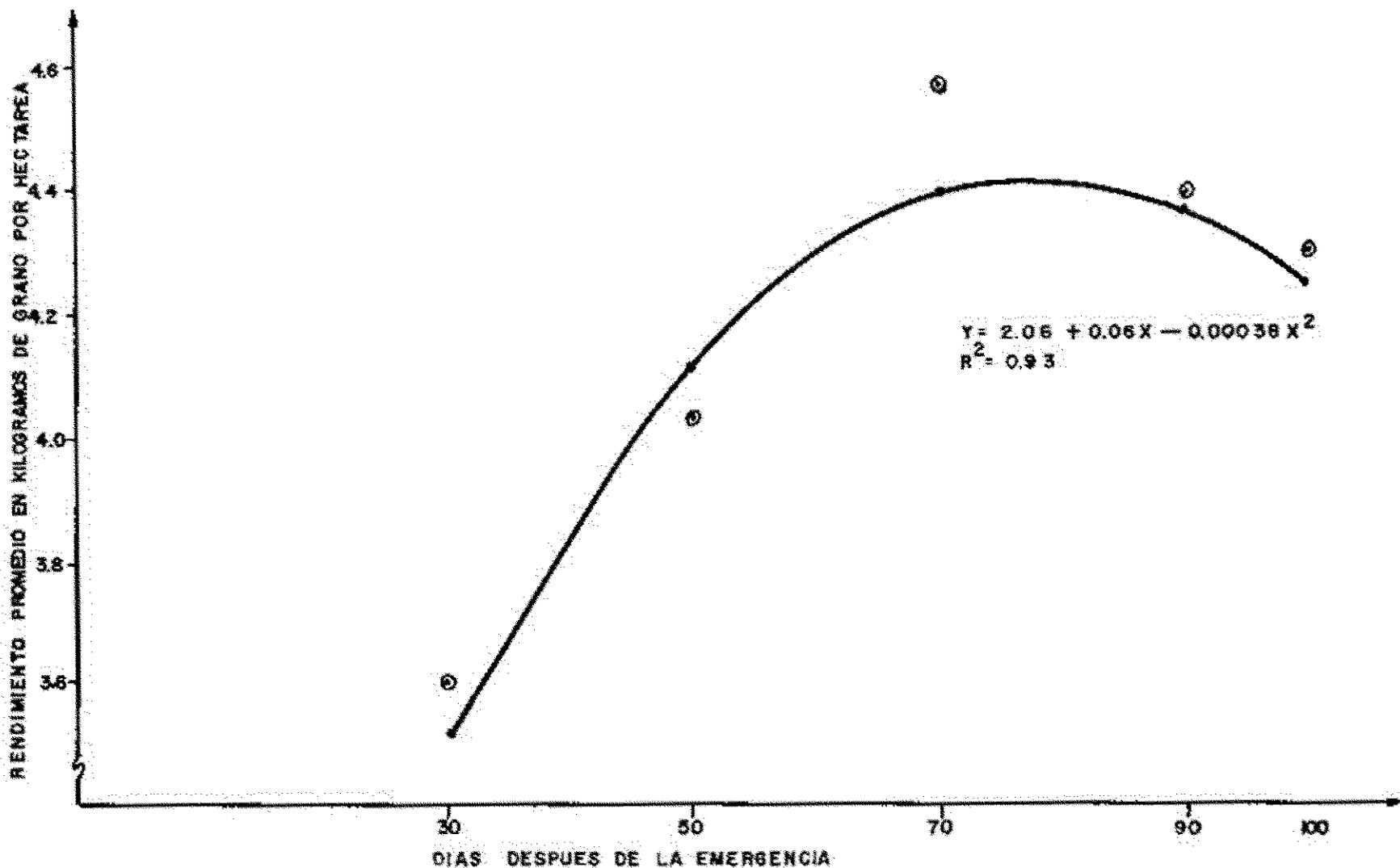


FIGURA 2: VALOR REAL Y TENDENCIA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO EN KILOGRAMOS DE GRANO POR HECTAREAS DE LA VARIEDAD XB-101 CON RELACION A LAS DIFERENTES EPOCAS DE APLICACION COMPLEMENTARIA DEL NITROGENO.

la que indica la tendencia de la respuesta a las aplicaciones complementarias de nitrógeno por las diferentes épocas, figura 2.

El por ciento de ajuste o asociación de esta ecuación con los valores obtenidos fué del  $r^2 = 0.93$ .

La floración de esta variedad ocurrió a los 52 días después de la siembra.

#### Variedad X-306-A

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre las diferentes épocas de aplicación del nitrógeno complementario en la variedad X-306-A.

Los resultados de rendimiento en grano ajustados por población de cada uno de los tratamientos de nitrógeno complementario y por ciento de incremento con relación a la época de aplicación convencional están resumidos en el cuadro 3.

El mayor rendimiento en grano corresponde al tratamiento de la aplicación complementaria a los 70 días después de la emergencia. Este rendimiento fué de 4749 kilogramos de grano por hectárea.

La diferencia entre el tratamiento a los 70 días y el promedio general de todos los tratamientos fué de un 14.6 por ciento. El tratamiento a los 30 días después de la emergencia mostró una diferencia con respecto a la de los 70 días en un 14.8 por ciento; la correspondiente a los 50 días un 24.9 por ciento; la de 90 días un 18.8 por ciento y la de 100 días un 14.6 por ciento; todas con respecto al tratamiento a los 70 días después de la emer-

gencia que fue la mejor, cuadro 3.

La época convencional de la aplicación nitrogenada complementaria, a los 30 días comparada con los tratamientos a los 50 y 90 días varió en un 12 y 5 por ciento, respectivamente, a favor de la época convencional. La época convencional comparada con el tratamiento a los 70 días fue inferior en un 17 por ciento y resultó similar al tratamiento de los 100 días después de la emergencia.

En la figura 3 se muestra la distribución del rendimiento promedio en kilogramos de grano por hectárea con relación a las diferentes épocas de aplicación del nitrógeno.

Al ajustar los valores de época de aplicación con el rendimiento se obtuvo la siguiente ecuación de regresión cuadrática:

$$Y = 3.25 + 0.03X - 0.00024X^2$$

lo que muestra la tendencia de la respuesta a las aplicaciones complementarias del nitrógeno por las diferentes épocas, figura 3.

El por ciento de ajuste o asociación de esta ecuación con los valores obtenidos fue de:  $r^2 = 0.059$ .

La floración de esta variedad ocurrió a los 54 días después de la siembra.

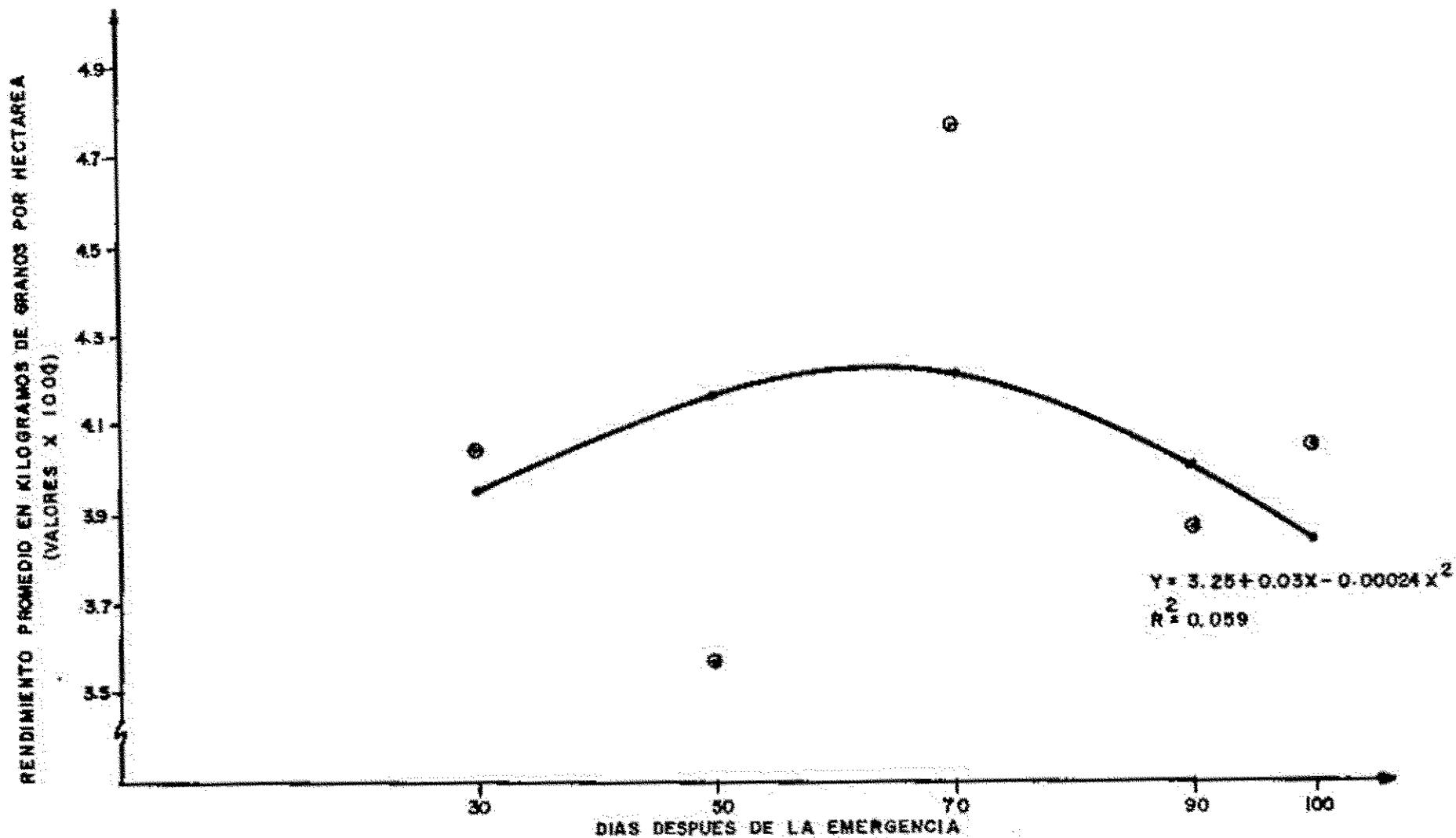


FIG. 3\_ VALOR REAL Y TENDENCIA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO EN KILOGRAMOS DE GRANO POR HECTAREA DE LA VARIEDAD X-306 A CON RELACION A LAS DIFERENTES EPOCAS DE APLICACION COMPLEMENTARIA DEL NITROGENO.

## DISCUSION

Las diferencias entre las épocas de aplicación del nitrógeno complementario en cada variedad, no fueron significativas estadísticamente. Estas resultados coinciden con los reportados en su estudio, por Lizarraga (4).

### Variedad Nicaragua Sintética - 2

Las diferencias observadas entre tratamientos muestran que en la variedad precoz, Nicaragua Sintética - 2, el tratamiento que rindió más corresponde al de la aplicación complementaria de nitrógeno a los 50 días después de la emergencia. Es decir, aproximadamente una semana después de la floración. Esto coincide por lo expuesto por Sayre (12), por Louvica, Gadet y Lennin (13) y FAB (2).

La aplicación complementaria a los 50 días después de la emergencia coincidió con una precipitación de 48.4 milímetros y que fué la mayor a excepción de la precipitación que recibió el tratamiento de los 70 días, o sea casi cuatro semanas después de la floración, que tuvo precipitación de 63 milímetros.

Las deficiencias de precipitación después de las aplicaciones complementarias, posiblemente condicionaron el aprovechamiento del nitrógeno por las plantas; y por esta razón las diferencias entre los rendimientos por tratamiento no mostraron diferencias estadísticas significativas, (16).

Se estima que el nitrógeno aplicado como complemento debido a la escasez y mala distribución de la precipitación se perdió en un alto por ciento por volatilización (1), (3). A esta razón se atribuye también la poca diferencia entre los rendimientos por tratamiento, ya que se puede decir que no hubo un buen aprovechamiento del nitrógeno complementario en los diferentes trata-

minutos.

La alta mortandad de plantas que experimentó el tratamiento de aplicación a los 20 días después de la emergencia, se debió entre otros factores a: La poca precipitación, volatilización del nitrógeno, absorción del nitrógeno por las malas hierbas y la poca disponibilidad del nitrógeno en la fase más crítica como es el momento del espigamiento, (2), (13). Similares resultados se obtuvieron en el tratamiento de aplicación complementaria a los 70 días después de la emergencia. Es decir, a una edad donde la absorción del nitrógeno por la planta de maíz, cuyo ciclo es de 90 días, es mínima.

#### Variedades XG-101 y X-306-A

En ambas variedades el tratamiento que rindió más correspondió al de la aplicación complementaria a los 70 días después de la emergencia. Igualmente como en la variedad Nicaragua Sintético - 2, correspondió al tratamiento inmediatamente después de haber ocurrido la floración. Estas dos variedades, XG-101 y X-306-A, florecieron a los 52 y 54 días después de la siembra, respectivamente. Estos resultados coinciden también por lo expuesto por Sayre (12) y contradictorias por lo expuesto por FAO (2).

En las dos variedades que coincidieron tanto en fecha de siembra y casi en floración, 52 y 54 días, en el tratamiento de aplicación complementaria a los 70 días después de la emergencia, se experimentó una precipitación de 63 milímetros de un total de 255.9 milímetros que ocurrió durante el ensayo.

A excepción del tratamiento de aplicación complementaria a los 70 días y del tratamiento a los 50 días después de la e-

emergencia, se puede afirmar que hubo escasez de agua para una adecuada absorción del nitrógeno aplicado complementariamente. Sin embargo, la mayor producción experimental del tratamiento de los 70 días sobre el de los 50 días permite afirmar que la época más adecuada para la fertilización complementaria es inmediatamente después de la floración, y no inmediatamente anterior a ella.

La anteriormente expuesta se podría confirmar con los resultados obtenidos en la variedad Nicaragua Sintética - 2, cuya mayor producción coincide con la aplicación complementaria inmediatamente después de la floración, aunque en este caso no existe comparación con el tratamiento inmediatamente anterior a la floración, debido a la escasez de agua experimental en ésta última.

Los resultados que se observaron son preliminares y no muestran tendencias definidas por la errática de los valores obtenidos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los datos que se obtuvieron en el presente estudio se llegan a las siguientes conclusiones:

- 1º No existen diferencias significativas entre las diferentes épocas de aplicación complementaria entre maíces precoces, entre intermedios y entre tardíos para las condiciones de la estación experimental "La Calera", resultando igual aplicar en cualquier época del ciclo del cultivo.
- 2º Las épocas de aplicación del nitrógeno complementario que muestran tendencias para incrementar el rendimiento de grano para la zona de "La Calera" son las siguientes:
  - 2.1. Para un maíz precoz, a los 50 días después de la emergencia, es decir, inmediatamente después de la floración.
  - 2.2. Para maíces intermedios y tardíos, a los 70 a 90 días después de la emergencia, o sea aproximadamente dos semanas después de la floración.
- 3º Se recomienda repetir el ensayo, tratando de evitar al mayor grado posible la variabilidad de los factores involucrados.
- 4º En las variedades intermedia y tardía se recomienda que el período entre los tratamientos sea reducido a 10 días en vez de 20 para que las determinaciones sean más precisas.

## RESUMEN

Se realizó un experimento con maíz, durante los meses de Julio a Octubre de 1972, en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, situada en el kilómetro 12 de la Carretera Norte, a 35.99 metros sobre el nivel del mar, en un suelo de la serie Cofradías, derivado de cenizas volcánicas aluviales, (15). La precipitación pluvial registrada durante el ensayo fué de 295.9 milímetros, la evaporación media mensual durante el ensayo fué de 187.4 milímetros y la temperatura promedio mensual fué de 27.9°C.

El experimento contó de tres ensayos, utilizando tres variedades y cada variedad representaba un ensayo. Las épocas de aplicación del nitrógeno complementario fueron:

- a) En la variedad precoz, a los 20, 30, 40, 50, 60, 70 días después de la emergencia.
- b) En las variedades intermedia y tardía a los 30, 50, 70, 90 y 100 días después de la emergencia.

La mitad del nitrógeno se aplicó al momento de la siembra y la otra mitad en las épocas antes mencionadas. Los fuentes de elementos fueron: Urea, Triple Superfosfato y Muriato de Potasio en la dosis de 120-60-32 kilos por hectárea, respectivamente.

En ninguna de las variedades se encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimiento. Sin embargo, es probable que esto sea debido a la sequía ocurrida en la zona en la época en que se realizó el experimento. Cabe mencionar que en la variedad precoz, la fertilización nitrogenada complementaria realizada a los 50 días después de la emergencia mostró ser la mejor. En las variedades intermedia y tardía la fertilización nitrogenada complementaria realizada a los 70 días después de la emergen-

cia resultó ser la mejor.

En las tres variedades se encontró uniformidad en el sentido de que el mayor rendimiento se experimentó cuando la fertilización nitrogenada complementaria se realizaba pocos días después de la floración.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- 19.- BARBER, S.A. y OLSON, R.A. 1968. Changing Patterns in Fertilizer Use. Soil Society of America. Madison, Wisconsin, U.S.A. 163p.
- 20.- FAO/IAEA. DIVISION OF ATOMIC ENERGY IN FOOD AND AGRICULTURE. 1970. Fertilizer Management Practices for Maize. International Atomic Energy Agency, Vienna. 79p.
- 30.- HENKES, R. 1968. Naturaleza del Nitrógeno. Agricultura de las Américas. Kansas City, U.S.A. No. 19:16-22.
- 40.- LIZARRAGA, H. 1959. Niveles de Nitrógeno y Modalidad de Aplicación en Nicaragua. Programa Cooperativo Centroamericano del Mejoramiento del Maíz, 5a. Reunión Centroamericana, Panamá, Panamá. 19-20pp.
- 50.- LUEBS, R.E. et al. 1949. Fertilizer for Corn Not Irrigated Artificially in Nebraska. National Joint Committee of Fertilizers application. 25:94-95.
- 60.- LUNT, D.R., DEITLI, J.J. y KOFRANECK, A.M. 1962. Coated Fertilizers "Water Out" of Plants Nutrients. Crop & Soil, Wisconsin. 14(6):14-15.
- 70.- MELSON, L.B. 1956. The Mineral Nutrition of Corn as Related to it's Growth and Culture. Advances in Agronomy 8, Academic Press, New York. 336p.
- 80.- ORTIZ, O. 1961. Algunos Resultados Sobre Fertilizantes de Maíz en Guatemala. Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Maíz. 7ma. Reunión, Tegucigalpa, Honduras. 20-23pp.

- 99.- ORTIZ, G. 1962. Ensayos de Fertilización de Maíz en Guatemala. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Maíz. Svn. Reunión, San José, Costa Rica. 53-54pp.
- 100.- FUENTE, F.F. et al. 1963. Prácticas de Fertilización Población Óptima para Siembra del Maíz en las Regiones Tropicales de Veracruz. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. Folleto Técnico No. 45:25-29.
- 110.- SALAZAR, S.A. 1962. Características del Maíz Nicaragua Sintético - 2. Nuestra Tierra, Nicaragua (VI) 53:14-16.
- 120.- SAYRE, J.D. 1948. Mineral Accumulation in Corn. Plant Physiology, Washington 23:267-267.
- 130.- LOUVIER, L., GADET, R. y LEMAIN, M. 1960. Una Nueva Técnica para la Fertilización Nitrogenada del Maíz. Fertilité, Paris. 10:27-33.
- 140.- TAPIA, J., H. 1971. El Cultivo del Maíz en Nicaragua. Departamento de Fitotecnia y Biología, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Managua. 25p.
- 150.- SOIL INVENTORY and Natural Resources Inventory. 1971. Soil Survey of the Pacific Region of Nicaragua. Description of Soil. Final Technical Report. Volume II.
- 160.- TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Traducción del Inglés por el Dr. Jorge Salasch y la Lic. Carmen Fiza. Editores: Montaner y Simón S.A. Barcelona. 760p.