

EFFECTO DEL RIEGO Y DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO
Y EL CONTENIDO DE PROTEINA EN EL TRIGO (Triticum vulgare Vill.).

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados en
Ciencias Agrarias, Universidad Nacional - Instituto
Colombiano Agropecuario (ICA)

Por

†
JAIME FRANCISCO MONROY VEGA

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá, Colombia

1978

COMITE CONSEJERO

CARLOS RODRIGUEZ A. Ph.D.  Principal

JAIIME NAVAS A. Ph.D.  Consejero

RODRIGO BRITO M. M.S.  Consejero

"El presidente de tesis y el consejo examinador de grado no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato." (Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Comité Consejero por su valiosa colaboración durante la ejecución del trabajo y en la revisión del informe, y en especial al Dr. Carlos Rodríguez, Presidente de Tesis, por sus valiosos comentarios y orientación en la presentación del informe e interpretación de los resultados.

A la División de Estadística y Biometría, especialmente al Dr. Julio Henao, por la acertada dirección brindada para el análisis de datos e interpretación de los resultados.

Al personal de la División de Ingeniería Agrícola, principalmente a Anibal Rodríguez y Germán Urbina, por la colaboración prestada durante la ejecución del trabajo de campo; a la Srta Carmen Fox por la elaboración de los dibujos; al personal del Programa de Procesos Agropecuarios, en especial a la Sra. Beatriz de Casanova por la colaboración prestada en mecanografía del informe.

A todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la ejecución y conclusión del trabajo.

gracias

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades	3
2.1.1. Origen y Botánica	3
2.1.2. El trigo en Colombia (variedades y cultivo).....	4
2.1.3. Aspecto Económico	5
2.2. Fertilización	7
2.2.1. Generalidades	7
2.2.2. Respuestas del trigo a la fertilización	9
2.2.3. Materia orgánica y nitrógeno disponible.....	12
2.3. Humedad	13
2.4. Efecto de la interacción humedad nitrógeno en el rendimiento	15
2.5. Efecto del nitrógeno y el agua disponible sobre la proteína del grano	16
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Localización	18
3.2. Descripción del lote experimental	18
3.3. Tratamientos de riego y fertilización.....	19

	pág.
3.4.	Diseño experimental 23
3.5.	Establecimiento del experimento 23
3.6.	Toma de datos y su análisis 25
3.6.1.	Humedad del suelo 25
3.6.2.	Cultivo 26
3.6.3.	Grano 27
4.	RESULTADOS Y DISCUSION 28
4.1.	Aplicación del riego 28
4.2.	Análisis de la información 33
4.3.	Modelos de regresión para determinar el efecto so bre el rendimiento (R_e) 34
4.4.	Modelos de regresión para determinar el efecto so bre el número de granos por espiga (NGXE)..... 43
4.5.	Modelos de regresión para determinar el efecto so bre el peso promedio de mil granos (PMIL)..... 47
4.6.	Modelos de regresión para determinar el efecto so bre el porcentaje de proteína del grano (Prot)... 54
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60
6.	RESUMEN..... 62
7.	SUMMARY 64
8.	BIBLIOGRAFIA 66
	APENDICES 73

L I S T A D E T A B L A S

		pág.
3.1.	Resultados del análisis de fertilidad para el primer horizonte	21
4.1.	Cuadro de balance hídrico	31
4.2.	Análisis de varianza para los diferentes modelos de Re	36
4.3.	Coefficientes de regresión de las variables independientes que inciden sobre Re	37
4.4.	Análisis de varianza para los diferentes modelos NGXE	44
4.5.	Coefficientes de regresión de las variables independientes que inciden sobre NGXE	45
4.6.	Análisis de varianza para los diferentes modelos de PMIL	49
4.7.	Coefficientes de regresión de las variables independientes que inciden sobre PMIL	50
4.8.	Análisis de varianza para los diferentes modelos de Prot	55
4.9.	Coefficientes de regresión de las variables independientes que inciden sobre Prot.	56

L I S T A D E F I G U R A S

		pág.
3.1.	Curvas características de retención de humedad del área del experimento	20
3.2.	Distribución de las parcelas en el campo	24
4.1.	Variación del rendimiento con relación al nitrógeno aplicado, para diferentes riegos	40
4.2.	Variación del rendimiento con relación al agua aplicada	42
4.3.	Variación del peso promedio de mil granos con relación al nitrógeno aplicado, para diferentes riegos.....	52
4.4.	Variación del peso promedio de mil granos con relación al agua aplicada y dosis de fertilización.	53
4.5.	Variación del porcentaje de proteína con relación al nitrógeno aplicado para diferentes riegos.....	58
4.6.	Variación del porcentaje de proteína del grano con relación al agua aplicada	58

LISTA DE CUADROS

	pág.
2.1. Importaciones y consumo nacional de trigo, en los últimos años	6
2.2. Producción, área cultivada y rendimiento de trigo, en los últimos años	7

1. INTRODUCCION

A pesar de que el trigo constituye un renglon básico en la dieta alimenticia colombiana, su producción ha disminuido en los últimos años, luego de lograrse su más alto valor en el año de 1955. Si bien es cierto que se ha logrado una mejora en los rendimientos por hectárea, año tras año ha disminuido el área cultivada con el consecuente incremento de las importaciones para satisfacer la demanda nacional de este producto. La constante alza en los precios FOB de éste producto, indica un incremento del 113,8%, tan sólo entre el año de 1972 a 1973. (3)

Por lo anterior, es claro el beneficio para el país de un incremento en la producción total de trigo. Esto puede lograrse mediante la formulación por parte del Gobierno de claras políticas de fomento del cultivo y la realización continuada de investigaciones que permitan un aumento de la productividad del mismo. El manejo racional de aquellos factores que inciden notoriamente en la productividad y en la calidad del producto, constituyen un aspecto importante a considerar en materia de investigación; entre otros, están el agua y los fertilizantes nitrógenados, además del control de calidad de la semilla y de las condiciones físico-químicas del suelo.

Aparentemente las condiciones de pluviosidad de la gran mayoría de las regiones trigueras del país son suficientes para obtener una adecuada cosecha; sin embargo, cuando se presentan condiciones de sequía temporal la reducción en los rendimientos es considerable. Por otro lado, las inadecuadas condiciones de humedad afectan innumerables funciones de la planta que inciden directamente en la calidad del grano, la formación de proteína, el porcentaje de extracción de harina y la calidad panificadora de ésta.

De acuerdo a lo anterior es de gran importancia establecer cuáles son los niveles de humedad del suelo que permiten mayor productividad y mejor calidad del grano.

El principal objetivo de la presente investigación fué estudiar y evaluar los efectos del riego y de la fertilización sobre el rendimiento y la formación de proteína en el grano.

Se emplearon en el experimento tres dosis de riego y tres niveles de fertilizante nitrogenado y se compararon los resultados con los que se obtuvieron al no aplicar riego ni fertilizante.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades

2.1.1. Origen y Botánica

Dada la antigüedad del uso del trigo por el hombre es difícil determinar su lugar de origen aunque generalmente se acepta como originario del Asia Menor, posiblemente de Siria o Palestina. Su uso en Europa es bastante antiguo y al observar su nombre en diferentes idiomas (wheat en inglés, blé en francés, weizen en alemán, triticon en griego y trumentum en latín) se puede concluir, que por no poseer una raíz común, esos pueblos ya lo conocían cuando sus idiomas se formaron, (14).

El trigo es integrante de la gran familia gramínea, miembro de la tribu Hordeae y pertenece al género Triticum, en el cual hay especies diploides (14 cromosomas), tetraploides (28 cromosomas) y exaploides (42 cromosomas).

El Triticum vulgare Vill, sinónimo del T. aestivum L, especie exaploide, ha desplazado de los campos a las otras especies hasta llegar a ser el más cultivado en todas las regio

nes trigueras del mundo y adquirir la extraordinaria importancia económica que tiene hoy en día, (14).

2.1.2. El trigo en Colombia (Variedades y cultivo)

El cultivo del trigo en Colombia, está adaptado a las zonas frías, en regiones cuya elevación sobre el nivel del mar oscila entre los 2.100 y los 2.900 metros, con temperaturas promedias entre los 17 y 12 grados centígrados respectivamente y una precipitación media anual de 600 a 1000 milímetros. La mayor extensión se cultiva en el departamento de Nariño y en la Meseta de la Cordillera Oriental, que corresponde a los departamentos de Cundinamarca y Boyacá; (2, 37).

En la literatura se han reportado las condiciones ambientales, y edafológicas óptimas para el cultivo en Colombia; se puede decir que las características de los suelos van de sueltos a semipesados con buen drenaje, tanto interno como externo; y acidez con un pH entre 5,5 y 6,5; la temperatura oscila entre 15 y 21°C y la humedad relativa baja, porque si es elevada, el grano producido es blando y la calidad se afecta, (2, 37).

Las variedades de mayor adaptación a las condiciones colombianas, son aquellas mejoradas por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, como la Tiba, cuyo rendimiento en zonas aptas llega a los 2.500 kg/ha. Para las diferentes variedades se recomienda una densidad de siembra de 120 a 140 kg/ha, y para la variedad Tiba se ha encontrado que los mejores rendimientos se obtienen cuando se siembra 120 kg/ha, (6).

Generalmente la preparación del suelo consiste de una arada, 2 o 3 rastrilladas y una nivelada. Hasta el presente, en nuestro medio las plagas no revisten gravedad y se consideran de poca importancia como factor limitante en la producción, (37).

2.1.3. Aspecto económico

La importancia económica del trigo radica en el amplio uso que de él se hace en la industria especialmente en la elaboración de harinas, fabricación de pan, galletas, pastas alimenticias, etc., en cuya elaboración, distribución y comercio se invierten grandes sumas; además, se debe contemplar el incremento actual en las importaciones y el significado

Cuadro 2.1. Importaciones y Consumo Nacional de Trigo,
en los últimos años.

Años	Importación Ton.	Consumo Nacional Ton.	Fuente
1961	162.907	297.800	14
1963	102.857	192.857	1
1965	187.821	297.821	1
1968	192.723	260.723	1
1971	257.184	405.756	1
1973	356.673		3
1974	418.000	456.320	4

de esa cifra en dólares, para suplir las diferencias causadas por un aumento en el consumo y una disminución de la producción nacional, Cuadros 2.1 y 2.2. Sin embargo, se puede disminuir en gran parte la actual importación mediante el aumento del área cultivada y el rendimiento.

Cuadro 2.2 Producción, área cultivada y rendimiento de trigo, en los últimos años.

Años	Producción Ton.	Area cultivada Ha.	Rendimiento Kg/ha.	Fuente
1955	166.500	211.700	878	14
1957	157.000	180.300	870	14
1961	142.100	159.950	888	14
1963	90.000	120.000	750	14
1966	125.000	110.000	1.136	1
1969	68.000	57.000	1.192	1
1970	55.817	51.635	1.081	3
1973	76.400	57.000	1.351	4
1976	54.320	32.750	1.384	5

2.3. Fertilización

2.3.1. Generalidades

La nutrición de la planta de trigo debe ser particularmente abundante en nitrógeno y fósforo, en los primeros estados de desarrollo cuando emite raíces y empieza a macollar y por tanto está creando los núcleos de las células jóvenes, que

son particularmente ricos en nucleo-proteínas. Si faltan algunos de esos elementos se aprecia un amarillamiento de la vegetación, motivado tanto por la insuficiente riqueza del suelo ó por una alimentación demasiado lenta, como por una carencia de fósforo en suelos pobres o muy calizos, (30).

Los mismos autores, (30) dicen que cada elemento de los que a continuación se describen juega un papel importante en la elaboración de tejidos, así:

El nitrógeno entra en la composición de las nucleoproteínas de los núcleos de las células, por lo que se encuentra en abundancia en los tejidos jóvenes. Es, por tanto, el factor determinante del crecimiento de los órganos vegetativos, siendo éstos los que se ven afectados en su composición por la deficiencia de nitrógeno.

El potasio aumenta la resistencia de las plántulas de trigo al frío e influye en el aumento de la concentración del jugo celular, el cual es un factor de resistencia a las enfermedades criptogámicas. Parece que este elemento hace crecer el poder asimilador de la hoja y por lo tanto el de la elaboración de glúcidos, facilitando el traslado de éstos hacia

los órganos de reserva y la transformación de nitrógeno mineral en nitrógeno proteico.

Probablemente no es exageración decir que el crecimiento de las plantas se ve limitado más a menudo por deficiencias de nitrógeno que de cualquier otro elemento. Desde el punto de vista económico, el nitrógeno es el elemento nutriente más importante, porque comunmente es el más deficiente en mayor o menor grado, en la mayoría de los suelos de cultivo de diversas partes del mundo. Por otra parte, comercialmente es el más costoso de los elementos primarios, (24).

2.2.2. Respuesta del trigo a la fertilización.

En Colombia se ha encontrado que la respuesta al nitrógeno está principalmente concentrada en las regiones más bajas y cálidas. En las regiones más frías, el nitrógeno es alto pero la nitrificación generalmente es baja; sin embargo, las respuestas a este elemento son menos comunes, (24).

En ensayos realizados desde 1961 a 1965, con trigo, en diversas zonas de Colombia, se encontró que las mayores respuestas se obtuvieron a las aplicaciones de fósforo, medianas

respuestas al nitrógeno y poca ó ninguna respuesta al potasio. El cultivo del trigo en la Sabana de Bogotá y en Boyacá requiere menor aplicación de nitrógeno que de fósforo. Los mejores resultados se obtuvieron con aplicaciones entre 30 y 60 kg/ha. de nitrógeno. Dosis superiores a 60 kg/ha. produjeron reducción en los rendimientos, (28). Aunque los suelos de la serie Tibaitatá son ricos en nitrógeno total, es posible la deficiencia de este elemento durante el cultivo, debido a la mayor demanda de las plantas por efecto del fósforo aplicado; una dosificación de 50 kg/ha de nitrógeno puede suministrar suficiente cantidad de este elemento al cultivo. (35)

Contreras (6), encontró un efecto independiente del nitrógeno y el fósforo en los suelos serie "TIBAITATA" y "RIO CHICHAMOCHA"; asimismo, indica que para la serie "TIBAITATA" la influencia del nitrógeno sobre el rendimiento decrece a medida que aumenta el fósforo en el suelo.

Lora (24), indica que no hay relación directa entre la cantidad total y el nitrógeno aprovechable por las plantas. Solamente en el caso de que el contenido sea muy bajo, por

ejemplo 0,05 por ciento, 6 menos, se puede esperar una casi segura respuesta al nitrógeno.

Aparentemente en la Sabana de Bogotá no existe respuesta al nitrógeno; sin embargo, Navas (28), indica que la falta de control de humedad en el suelo no permitió una buena interpretación de los resultados. Por esa razón se justifican los estudios de la interacción riego-fertilizante, para observar el desarrollo del cultivo del trigo.

Vega y otros (35), respecto al fósforo, comentan que en lugares no cultivados ni fertilizados recientemente, sería conveniente realizar aplicaciones de fósforo superiores a 200 kg/ha de P_2O_5 para obtener rendimientos cercanos a 3 ton/ha, usando una variedad mejorada. Las dosis de fósforo se pueden reducir cuando el trigo se siembra en terrenos que han sido fertilizados previamente.

En la serie "Tibaitatá", el trigo responde muy poco a la fertilización de potasio; sin embargo, se considera conveniente hacer aplicaciones de cantidades medianas de éste nutriente, entre 25 y 50 kg/ha de K_2O , con el fin de prevenir posibles deficiencias, (27, 35).

De acuerdo a los resultados de los análisis químicos, los suelos de las regiones trigueras de Cundinamarca son muy variables en pH, fósforo, calcio y magnesio. El contenido de potasio intercambiable generalmente se encuentra dentro de valores altos, (27).

Trabajos realizados por Grimes y otros (13), en Kansas, indican que cuando el nitrógeno aumenta de 0 a 56 kg/ha, el rendimiento del grano aumenta y comienza a disminuir cuando el nitrógeno pasa de 56 kg/ha.

De Sá (10), trabajando con trigo en el Brasil y Fernández y Laird (11), trabajando en Méjico, encontraron un aumento en el rendimiento del grano, a medida que el nivel de nitrógeno disponible en el suelo aumentaba.

2.2.3. Materia Orgánica y Nitrógeno disponible

Navas (28), indica que existe una relación entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno disponible, ya que la materia orgánica es un buen indicativo del nitrógeno disponible en el suelo. Suelos con menos del 5% de materia orgánica se consideran como pobres en nitrógeno asimilable y

presentan una mayor respuesta al nitrógeno; suelos con contenido de materia orgánica entre el 5% y el 10% se consideran como medianos en contenido de nitrógeno y la respuesta a éste disminuye. Suelos con más del 10% de materia orgánica se consideran adecuados en cuanto a disponibilidad de nitrógeno y no requieren aplicación de éste elemento.

Múñoz y León (27), comentan que la interacción entre el nitrógeno y el fósforo aparentemente depende en un alto porcentaje del contenido de materia orgánica y del fósforo asimilable de los suelos siendo la respuesta al nitrógeno mayor en suelos con bajos contenidos de materia orgánica.

2.3.

Humedad

Prats y Clement-Grandcourt (30), dicen que no es preciso insistir más para comprender el papel que juega el agua en el crecimiento de la planta, puesto que además del agua de constitución de la célula y de la que participa en la síntesis de los glucidos catalizados por la clorofila, el agua es el vehículo transportador de los elementos minerales solubles de la savia bruta.

Israelsen (19), considera que los patrones de riego obtenidos para uno de los cereales menores son aplicables a los otros debido a su similitud fenotípica, así como a las prácticas culturales y llega a describir como igual, el patrón de distribución de raíces en el suelo.

Kirbi (2), encontró diferencias notables en crecimiento y desarrollo de algunas variedades de cebada, como respuesta al riego y al fertilizante.

Rauning y Rhoades (31), encontraron respuesta del trigo a diferentes niveles de humedad del suelo, en la época de germinación. Grimes y otros (13), encontraron que cuando el suelo se mantiene más húmedo, el rendimiento de grano aumenta; sin embargo, De Sá (10), afirma que el rendimiento del grano es mejor en los tratamientos en los cuales la humedad del suelo es bastante baja; algo similar reporta la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México (34). Por otro lado Núñez y otros (29), encontraron que la humedad guarda un efecto bien marcado en la producción ya que en aquellos tratamientos en los cuales la humedad era baja, se obtuvieron los mejores rendimientos y cuando el cultivo se mantuvo durante

varios días por debajo del punto de marchitamiento permanente, el rendimiento se redujo. Lo mismo sucede cuando el cultivo se mantiene a un contenido de humedad bastante elevado.

Robins y Domingo (32), encontraron que si se mantiene en el suelo un contenido de humedad inferior al punto de marchitamiento permanente durante uno o dos días en el período de espigamiento, puede reducirse el rendimiento hasta en un 22%; si esta deficiencia se prolonga por 6 u 8 días se puede reducir el rendimiento en un 50%.

2.4.

Efecto de la Interacción Humedad Nitrógeno en el Rendimiento

En México, Chavez y Laird (9), realizaron una calificación de las prácticas de riego utilizadas en trigo y su relación con la respuesta a fertilizante y encontraron que existen ciertas dosis menores a las comunes que dan mejor respuesta en el rendimiento cuando se mantienen buenas condiciones de humedad en el suelo.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos (34), en 10 experimentos realizados entre 1973 y 1974, encontró una relación entre el aumento del rendimiento en trigo, cuando la hume-

dad del suelo y el nitrógeno disponible aumenta; los mejores resultados se obtuvieron cuando la humedad aprovechable variaba entre 20 y 40%, el nitrógeno de 120 a 200 kg/ha y el fósforo de 40 a 60 kg/ha, todo lo cual depende de las condiciones físicas y químicas del suelo. Algo similar obtuvieron De Sá (10), Grimes y otros (13), y Fernández y Laird (11).

Mihajlovich y Nijensohn (26), anotan que la respuesta a riegos más frecuentes en trigo se acrecenta con la adición de nitrógeno. Este mismo elemento elimina prácticamente la presencia de granos "panza blanca"; efecto similar se nota en los riegos de menor frecuencia.

De todo lo anterior se puede notar que bajos contenidos de humedad y alta disponibilidad del nitrógeno, aumentan los rendimientos; sin embargo, al pasar ciertos límites, los aumentos obtenidos no son significativos y en muchas ocasiones ocurre el fenómeno de los rendimientos decrecientes.

2.5. Efecto del Nitrógeno y el Agua Disponible sobre la Proteína del Grano

En el trigo hay diferentes tipos de proteínas las cuales

son: albúmina, globulina, proteosa, prolamina (gliadina) y glutelina (glutenina). Las tres primeras tienen poca importancia y se presentan sólo en pequeñas cantidades; las otras dos, son las más importantes ya que con el agua y las sales forman el gluten. En el trigo la gliadina se encuentra en una proporción superior al 4 por ciento dependiendo de la cantidad total de proteína; normalmente, la proporción de glutenina es similar. Para que se forme el gluten son necesarias ambas proteínas. La glutenina comunica solidez al gluten; la gliadina sustancia blanda y pegajosa fija la glutenina impidiendo su arrastre en el proceso de lavado del gluten, (20).

De Sá (10), indica que la proteína en el trigo aumenta en los tratamientos de bajo contenido de humedad y elevado nivel de nitrógeno. Algo similar obtuvo Grimes y otros (13).

Fernández y Laird (11), encontraron que cuando la aplicación de nitrógeno variaba entre 0 y 50 kg/ha, la cantidad de proteína en el grano disminuyó pero cuando pasó el nitrógeno de 50 kg/ha, la proteína del grano aumentó. Cuando la humedad aumentó el contenido de proteína disminuyó. Efecto similar encontraron Núñez y otros (29).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, situado en Mosquera, Departamento de Cundinamarca, a 2550 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 14°C y una precipitación media anual de 638 milímetros.

Su situación geográfica corresponde a una latitud de 4°- 42' N y una longitud de 74°- 12' W. Su ecología se define como bosque seco montano bajo (Bs-Mb).

3.2. Descripción del lote experimental

El área experimental, se localizó en el costado sur oriental del lote número 68 del mencionado centro; las dimensiones de dicha área fueron de 50 por 100 metros, coincidiendo el eje mayor con la orientación norte-sur. El área experimental se dividió en 16 parcelas, cada una de 90 por 20 metros.

Con el fin de evitar la influencia entre parcelas se dejaron calle de 3 metros de ancho entre estas. La distribución de las parcelas se indica posteriormente.

Los resultados del análisis de fertilidad, previo al establecimiento del experimento, para el primer horizonte (0-25 cm) se presentan en la Tabla 3.1.

Las curvas características de retención de humedad para profundidades de 0-25 cm y de 25-50 cm; se muestran en la fig. 3.1.

En el área experimental hubo anteriormente un experimento de cebada, razón por la cual se utilizó una cortamaleza rotativa para la destrucción de la zoca.

3.3. Tratamientos de riego y fertilización

Se utilizaron para el experimento 3 tratamientos de riego y tres de fertilización, cuyos resultados se compararon con un testigo al cual no se aplicó ni riego ni fertilizante.

Los tratamientos de riego consistieron en la aplicación de

0 - 25 cm 25 - 50 cm
 C.C. 54% D_a 1.01
 P.M.P. 42%
 D_a 1.0

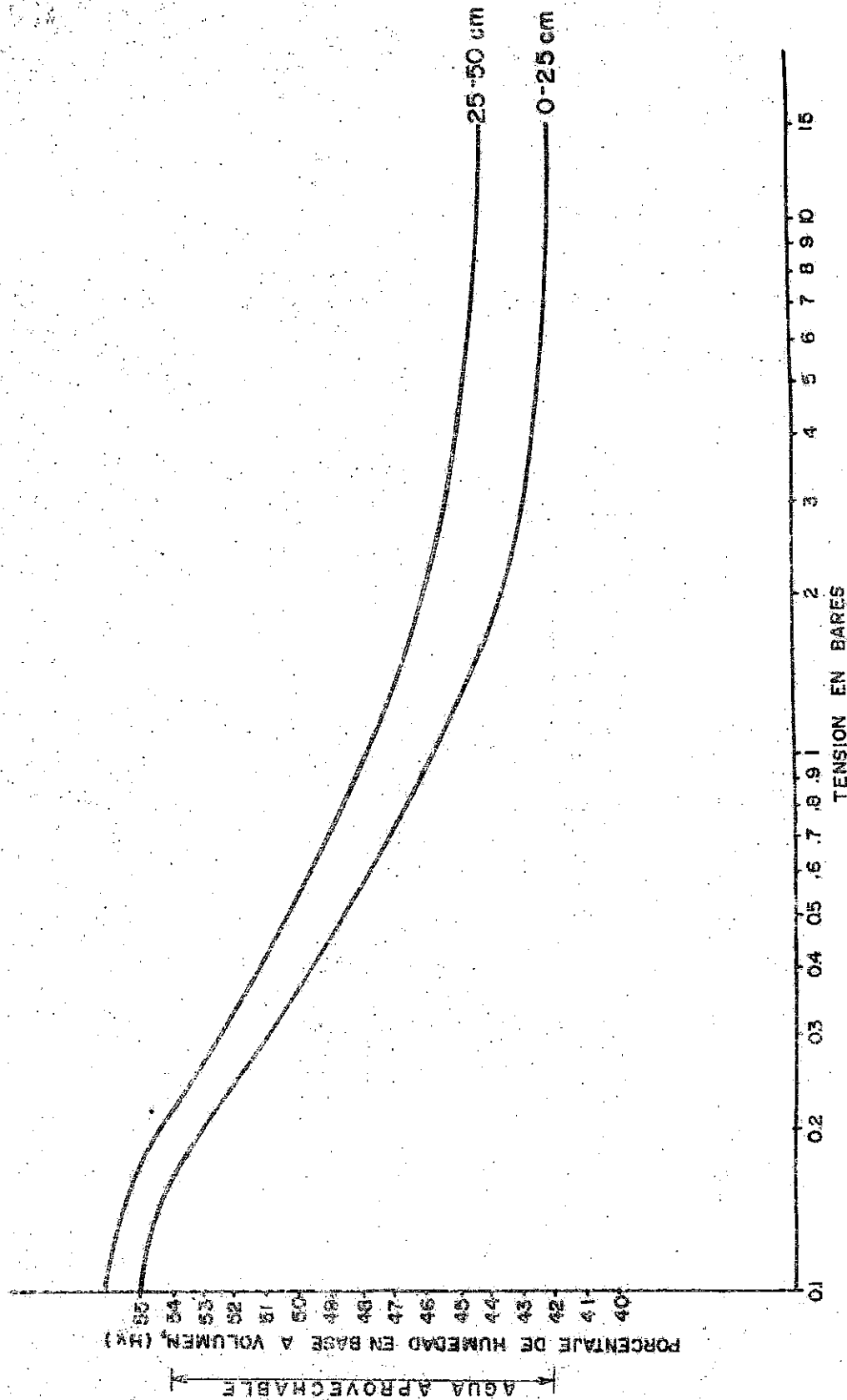


FIG. 5.1 - CURVAS CARACTERISTICAS DE RETENCION DE HUMEDAD DEL AREA DE EXPERIMENTO (Lote No. 88)

Tabla 3.1 Resultados del análisis de fertilidad para el primer horizonte (10-25 cm). Tibaitatá, (lote No. 68).

Concepto	Valor
pH	5,0 - 6,1
Materia orgánica (en porcentaje)	8,7 - 10,7
Fósforo, ppm (Bray II)	21,83
Potasio (meq/100)grm)	0,9 - 1,4

agua en cantidades necesarias para llevar el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo, luego de permitir valores de 75%, 50% y 25% del agua aprovechable. Estos tratamientos se identificaron como R1, R2 y R3 respectivamente. El testigo se identificó como R4.

Mediante la determinación periódica de la humedad del suelo y la utilización de las curvas características de retención de humedad se determinaban las parcelas que se debían regar y se calculaba la lámina de agua que se debía aplicar a ca-

da una.

El sistema de riego empleado consistió en una motobomba, una conducción de agua en tubería de plástico negro de 10 cm de diámetro y una manguera de jardinería.

El sistema fué previamente aforado, de tal forma que la aplicación de la lámina de riego requerida (para los diferentes tratamientos) se hizo controlando el tiempo de aplicación.

Las tres dosis de fertilizante nitrógenado seleccionadas para el experimento fueron de 15, 30 y 45 kg/ha, y se identificaron como F₁₅, F₃₀ y F₄₅ respectivamente. El testigo se identificó como Fo.

Como fuente de nitrógeno se utilizó úrea al 46%. La úrea se aplicó al voleo 34 días después de la siembra.

Se realizó una aplicación uniforme de fósforo en dosis de 75 kg/ha antes de la siembra. Como fuente de fósforo se empleó superfosfato triple (P₂O₅) al 46%; el fósforo se aplicó al voleo y se incorporó al suelo mediante un pase de puñidor.

No se aplicó potasio.

3.4. Diseño experimental

El experimento se planeó bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro niveles de riego, cuatro dosis de nitrógeno y cuatro replicaciones. Las parcelas principales fueron los niveles de riego y las subparcelas las dosis de nitrógeno. La distribución de las parcelas y subparcelas en el área experimental se muestra en la figura 3.2; allí también se indica la numeración asignada a éstas para fines del análisis.

3.5. Establecimiento del experimento

Para el establecimiento del experimento se preparó el lote mediante una arada con un arado de disco, y una rastrillada con rastrillo californiano. Las labores anteriores se realizaron 15 días antes de la siembra.

En el experimento se utilizó la variedad de trigo Tiba; la siembra se realizó utilizando una sembradora para grano pequeño, marca FIONA, calibrada para sembrar 120 kg/ha de semilla.

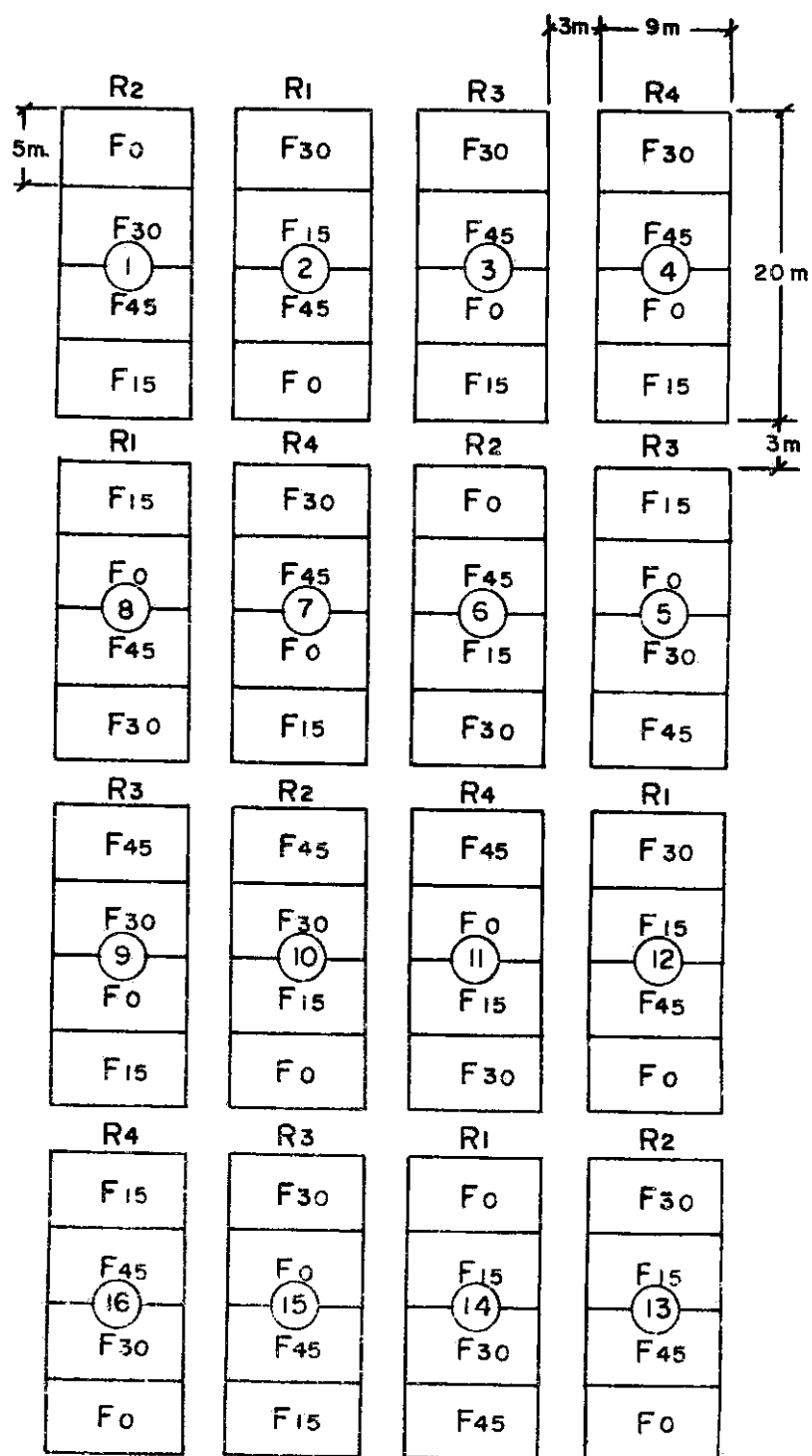


Fig 3.2 - Distribución de las parcelas en el campo. Dentro del círculo se encuentra el número de la Parcela.

Una vez realizada la siembra se aplicó un riego ligero a todo el lote con el fin de garantizar una germinación uniforme de la semilla. Posteriormente se procedió a la división de las parcelas.

Se controló malezas haciendo una aplicación de 2-4D, con una dosificación de 2 lts/ha, 48 horas después de la siembra.

La fluctuación del nivel freático se observó durante todo el tiempo del experimento, en cuatro pozos temporales de observación distribuidos en el área experimental. Estos fueron construidos con barreno holandes, de 10 cm de diámetro, hasta una profundidad de 1.20 m y revestidos con tuberfa de asbesto-cemento.

3.6. Toma de datos y su análisis

3.6.1. Humedad del suelo

Se tomaron muestras de suelos, a 25 cm de profundidad, y se determinó su contenido de humedad por medio del método gravimétrico; los resultados se conocían 24 horas después del muestreo.

Inicialmente se tomaron muestras de suelo al azar para determinar la humedad en una de las parcelas de cada tratamiento; cómo este método no daba un reflejo del contenido de humedad del suelo en cada parcela, se decidió tomar las muestras en cada una de las 16 parcelas.

Un primer muestreo se hizo 48 horas después del riego de germinación. La frecuencia inicial de muestreo era de 3 veces por semana; posteriormente se utilizó una frecuencia de 5 veces por semana. Esto permitió un mejor seguimiento del contenido de humedad en cada parcela.

3.6.2. Cultivo

Se tomaron datos del número de granos por espiga y del rendimiento en cada parcela.

Para la determinación del número de granos por espiga se hizo un muestreo al azar tomando 10 espigas de cada tratamiento; se desgranó independientemente cada espiga y se contaron los granos en cada una para posteriormente determinar el número promedio de granos por espiga de cada tratamiento.

3.6.3. Al grano

Con el grano cosechado se determinó el peso de mil granos y el contenido de proteína.

De cada muestra de trigo se tomaron dos submuestras de 1000 granos cada una, se pesaron y promediaron.

De cada muestra de trigo se sacaron dos submuestras de 10 gramos cada una, las cuales se molieron para realizar la determinación de proteína; los resultados se ajustaron al mismo contenido de humedad y luego se promediaron.

El análisis de la proteína se realizó en el laboratorio de nutrición animal y se empleo el método Macro Kjendallh y como reactivo se empleó la siguiente mezcla:

1000 gramos de sulfato de sodio
18,77 gramos de sulfito de cobre
4,0 gramos de selenio metálico

En lo demás se conservaron las características del método enunciado.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Aplicación del riego

El número total de riegos varió entre 1 y 5, debido principalmente a la precipitación y a las variaciones de la humedad del suelo. La cantidad total de agua a los diferentes tratamientos varió entre 306 y 356 milímetros; de los cuales 306 mm correspondieron a la precipitación caída durante los 150 días que duró el experimento y el resto al número variable de riegos a las diferentes parcelas. En el apéndice A se presenta la distribución de la precipitación durante el experimento, Fig. 1.A, pudiéndose observar una precipitación máxima diaria de 30 mm y mínima de 0.5 mm. Durante los primeros 70 días la frecuencia de lluvias iguales o superiores 5 mm varió entre 2 y 25 días y las lluvias iguales o superiores a 10 mm fueron 3. En los 80 días finales la frecuencia de lluvias iguales o superiores a 5 mm varió entre 1 y 16 días y las lluvias iguales ó superiores a 10 mm fueron 9. De un total de 51 días de lluvias que se presentaron durante el tiempo de experimento, el cual duró 150 días, tan solo

en 12 días la precipitación fué igual o superior a 10 mm. Fué notorio el déficit de lluvia en los primeros 70 días de desarrollo del cultivo, motivo por el cual durante ese período se realizaron las principales aplicaciones de riego.

Igualmente se presentan en el apéndice A las curvas de la variación de la humedad del suelo en cada una de las 16 parcelas, Figuras 2.A a 17.A. El comportamiento de ésta humedad no correspondió exactamente a aquel que era de esperarse dentro de un marco teórico, bajo el cual se asume que cuando no existe recarga de alguna naturaleza (agua freática, lluvia o riego), la humedad del suelo disminuye debido a fenómenos de evaporación y transpiración. Sin embargo, en la mayoría de los casos esto no fué así, ya que como se observa de la tabla 4.1., la cual hace parte del cuadro de balance hídrico para la parcela 5, en el día 1 la humedad es 49.09 por ciento, era de esperarse que el día 2 ésta hubiera disminuído ya que no hubo recarga, sin embargo, la humedad para el día 2 fué 50,74 por ciento. Lo mismo sucedió del día 6 al 8 y del 13 al 14. El día 17 la humedad era de 51,93 por ciento, con la lluvia caída (4,9 mm cuadro 4.1) se es-

peraba que la humedad fuera de 53,89 por ciento (por cada 2.5 mm el incremento es de 1% en H_{v1}), sin embargo, la humedad fué de 56,91 por ciento. Situaciones parecidas a las anteriores se encontraron al analizar la humedad en las diferentes parcelas. Estos problemas se atribuyen, entre otras causas, a errores en el muestreo, al tomar las muestras de suelo para determinar la humedad; desuniformidad en la aplicación del riego; y cálculo de la lámina de riego.

Debido a que las muestras de suelo para determinar su humedad, se tomaban al azar en cada parcela, se incurrió en un error que no era previsible, ya que la muestra se podía tomar en una parte alta o baja del terreno, en las cuales las condiciones de humedad no eran representativas de la humedad en toda la parcela. Por otro lado, el factor tiempo fué un limitante en la toma de muestras, ya que el sólo muestreo requirió un mínimo de 2 personas y el tiempo gastado fué de 160 minutos, y ese tiempo fué difícil de disminuir. Una vez tomada la muestra se llevaba al laboratorio y el tiempo mínimo que se requirió para pesar y meter al horno fué de 80 minutos. Fueron necesarios 160 minutos para determinar la humedad, luego de 24 horas de estar en el horno.

Tabla 4-1- CUADRO DE BALANCE HIDRICO. PARCELA 5
HUMEDAD PARA REGAR 45%. MES ABRIL

DIA	EDAD DEL CULTIVO	HVo %	P mm	R mm	HVi	HVo+I
1	57	49,09				
2	58	50,74				
3	59					
4	60					
5	61	48,65				
6	62	46,46				
7	63	47,97				
8	64	48,70				
9	65	47,21	18,0		7,2	54,41
10	66					
11	67		14,0		5,6	
12	68	53,64				
13	69	51,38				
14	70	59,50				
15	71	53,18				
16	72		3,0		1,2	
17	73	51,93	2,3		0,92	52,85
18	74		2,6		1,04	53,89
19	75	56,91	4,0		1,60	58,51
20	76	64,73	18,0		7,2	71,93
21	77	69,64	7,0		2,8	72,44
22	78	72,91				
23	79	52,46				
24	80					
25	81		2,0		0,8	
26	82	52,78	12,5		5,0	57,8
27	83	54,27	1,5		0,6	54,87
28	84	51,64	2,0		0,8	52,44
29	85	52,82	10,0		4,0	56,82
30	86	55,68				
31	87					

NOTA : HVo = Humedad del suelo, en base a volúmen.

P = Precipitación.

R = Riego.

HVi = Precipitación o riego convertido a humedad, en base a volumen.

HVo+I = Humedad esperada (HVo + HVi) debido al riego ó a la precipitación.

En el mejor de los casos no fué posible obtener la humedad antes de las 9 horas (9 a.m.). Además, mientras se preparaba el equipo de riego y se calculaba la lámina de agua, el tiempo mínimo transcurrido fué de 60 minutos. Por lo tanto, el riego no se comenzó a aplicar en ningún momento antes de las 10 a.m. Se tiene entonces que entre el muestreo y el cálculo de la humedad y de la lámina de riego se gastó entre 3 y 5 horas. Por todo lo anterior fué imposible aumentar el número de muestras a tomar.

El método de riego empleado ayudó a introducir error en el estimativo de la humedad del suelo. Inicialmente el riego se hizo por aniego, pero debido a desuniformidad en relieve del terreno, unas partes se humedecían más que otras. Lo anterior se trató de obviar, haciendo canales y diques para llevar el agua a toda el área de la parcela. Sin embargo, esto no se logró completamente. Luego el riego se hizo aéreo, lo cual permitió una mejor distribución del agua en las parcelas, pero la intercepción del agua por parte del follaje introdujo un nuevo error.

El mismo cálculo de la lámina de riego introdujo variación

ya que este se hacía en base a la humedad del suelo, y como ésta correspondía a una muestra tomada 24 horas antes, el cálculo realizado era por lo tanto defectuoso ya que no se tenía en cuenta la humedad perdida en ese lapso de tiempo.

Debido a lo anterior, resultó completamente imposible controlar los tratamientos de riego a los límites de agotamiento inicialmente previstos (25, 50 y 75 por ciento del agua aprovechable). Por lo tanto se optó por analizar la información en base a la cantidad total de agua debida al riego, agregada al cultivo y su efecto en la planta y las interacciones de la humedad con el fertilizante, mediante el empleo del análisis de regresión múltiple.

El nivel freático en ningún momento estuvo por encima de los 1,20 metros del nivel del terreno, por lo tanto se puede descartar la posibilidad de aporte de humedad por este concepto.

Analizando las precipitaciones del año del experimento con los otros años, se tiene que ese año fue relativamente seco.

4.2. Análisis de la información

Para analizar la información del experimento se usó el análisis de regresión múltiple, para estudiar las relaciones existentes entre las variables de suelo, nitrógeno y riego, y su efecto sobre el rendimiento, el número promedio de granos por espiga, el peso promedio de mil granos y el porcentaje de proteína del grano.

Se establecieron modelos de la forma:

$$Y_i = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_n X_n + E_i \quad (1)$$

Y modelos cuadráticos de la forma

$$Y_i = A_0 + A_i X_i + B_{ij} X_i X_j + E_i \quad (2)$$

en los cuales Y_i es la variable dependiente; A_0 , el intercepto; A_n y A_i el coeficiente de regresión de la variable independiente X_n y X_i ; B_{ij} el coeficiente de regresión de $X_i X_j$; y E_i , el error experimental debido a fenómenos no controlables dentro del experimento.

4.3. Modelos de regresión para determinar el efecto sobre el rendimiento (Re)

De acuerdo a los objetivos del presente trabajo se supone

que tanto las condiciones de humedad del suelo como las variaciones en fertilización debidas al nitrógeno, inciden sobre el rendimiento.

La tabla 4.2. muestra el análisis de varianza para cada uno de los modelos que analizan el rendimiento (Re), en función de las variables de fertilización, suelo y humedad. Se encontró que todos los modelos propuestos son altamente significativos (al 99 por ciento), a excepción del modelo VII, el cual contiene solamente la variable nitrógeno. Esto indica que dicha variable tiene un efecto muy bajo sobre Re y explica tan sólo un 7.1% ($R^2=0,071$; tabla 4.3) en su variabilidad. En Colombia se ha encontrado que en las regiones frías como la Sabana de Bogotá, el nitrógeno es alto pero la nitrificación es generalmente baja, sin embargo, las respuestas a este elemento no son comunes (24). El modelo II, que no contiene la variable nitrógeno explica un 42,8 por ciento de la variabilidad de Re ($R^2=0,428$) en tanto que el modelo III, que si la contiene, explica un 47.8 por ciento ($R^2=0,478$). Es decir, la variación que sufre Re, debe explicarse por variables diferentes al nitrógeno.

Tabla No. 4.2- ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS DIFERENTES MODELOS DE Re.

FUENTE	I		M		O		D		E		L		O	
	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM
REGRESION	8	1052042	5	1113708**	7	888847**	5	1079121**	8	777430**	5	1013167**	2	463671
e	38	121220		181808	39	174443	41	186026	38	179033	41	194069	44	274894
T O T A L	46				46		46		46		46		46	
													2	2139796**
													44	198707
													46	

** Significativo al 99%

Tabla No. 4.3- COEFICIENTES DE REGRESION DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES QUE INCIDEN SOBRE Re .

VARIABLE	O							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
MO	49,156	-153,76	-164,45	-116,78	-164,37			
P	-129,32**	2,71	2,15	-3,97	2,18			
K	4771,60*	1673,91	1642,12	759,50	1640,13			
R x MO	6,30							
R x P	5,90**							
R x K	-150,80							
R	-22,93	7,38	5,76	24,14**	5,80	5,30		5,95
R2	0,49	0,36	0,39		0,39	0,29		0,27
F			-18,90	2,40	-18,84	-17,22	-18,04	
F2			0,49		0,49	0,50	0,51	
R x F					0,003	-0,06		
Intercepto	-1749,50	786,20	1001,25	327,23	1000,80	1333,35**	1693,06**	1315,39**
R2	0,646	0,428	0,478	0,414	0,478	0,389	0,071	0,329
CV	20,649	25,289	24,772	25,580	25,095	26,128	31,096	26,438

** Altamente significativo al 99 %

* Significativo al 95 %

Al analizar los modelos II y VIII, se tiene que los factores de suelo (MO, P y K) más el riego, presentan una incidencia de 42,8 por ciento sobre la variabilidad de Re, mientras que el riego presenta una incidencia de 32,9%; por lo tanto, la incidencia de los factores de suelo sobre el rendimiento es tan sólo de 9,9 por ciento. Lo anterior se obtiene al comparar los coeficientes de determinación de dichos modelos, los cuales son 0,428 para el II y 0,329 para el VIII.

Se encontró además que el riego en asocio con los factores de suelo (MO, P y K), presentan una incidencia de 21,8 por ciento sobre la variabilidad de Re, lo cual se comprueba al comparar los modelos I y II, ya que el modelo II que no contiene la interacción de riego con las variables de suelo, explica solo 42,8 por ciento de la variabilidad de Re ($R^2=0,428$), mientras que el I, que si las incluye, explica el 64.6 por ciento ($R^2=0,646$). El modelo I indica además, que las variables P y R x P son altamente significativas (al 99%), y que K, es significativa (al 95%). Analizando matemáticamente el modelo I, se tiene que a medida que se aumenta P, el rendimiento se incrementa, siempre y cuando el riego sea superior a 22 mm; un aumento de K, también

redunda en un incremento de R_e , siempre y cuando el riego sea inferior a 300 mm. Según el mismo análisis, un aumento de M_0 y del riego hace incrementar al rendimiento.

Se buscó además el efecto que tiene la interacción riego-nitrógeno sobre el rendimiento y se encontró que es nulo, lo cual se comprueba al comparar el modelo III que no contiene a la variable $R \times F$ y el modelo V que si lo contiene, ya que sus coeficientes de determinación son idénticos.

Con el fin de estudiar mejor la variación de R_e debida a F , se hizo una representación gráfica del modelo III ($R^2=0,478$), para diferentes valores de riego y mantenimiento constantes en sus valores promedios las variables de suelo ($M_0=9,8$ por ciento; $P=21,84$ ppm; $K=1,09$ meq/100 gr de suelo), Fig. 4.1. Del análisis de esa figura se tiene que el rendimiento disminuye es aproximadamente 150 kg/ha cuando la aplicación de nitrógeno pasa de 0 a 20 kg/ha. La diferencia del rendimiento cuando la aplicación del nitrógeno pasa de 0 a 45 kg/ha es de 150 kg/ha, lo cual es bastante bajo. Sin embargo, de acuerdo a la tendencia de la curva, los rendimientos tratan de aumentarse cuando la aplicación de nitrógeno es

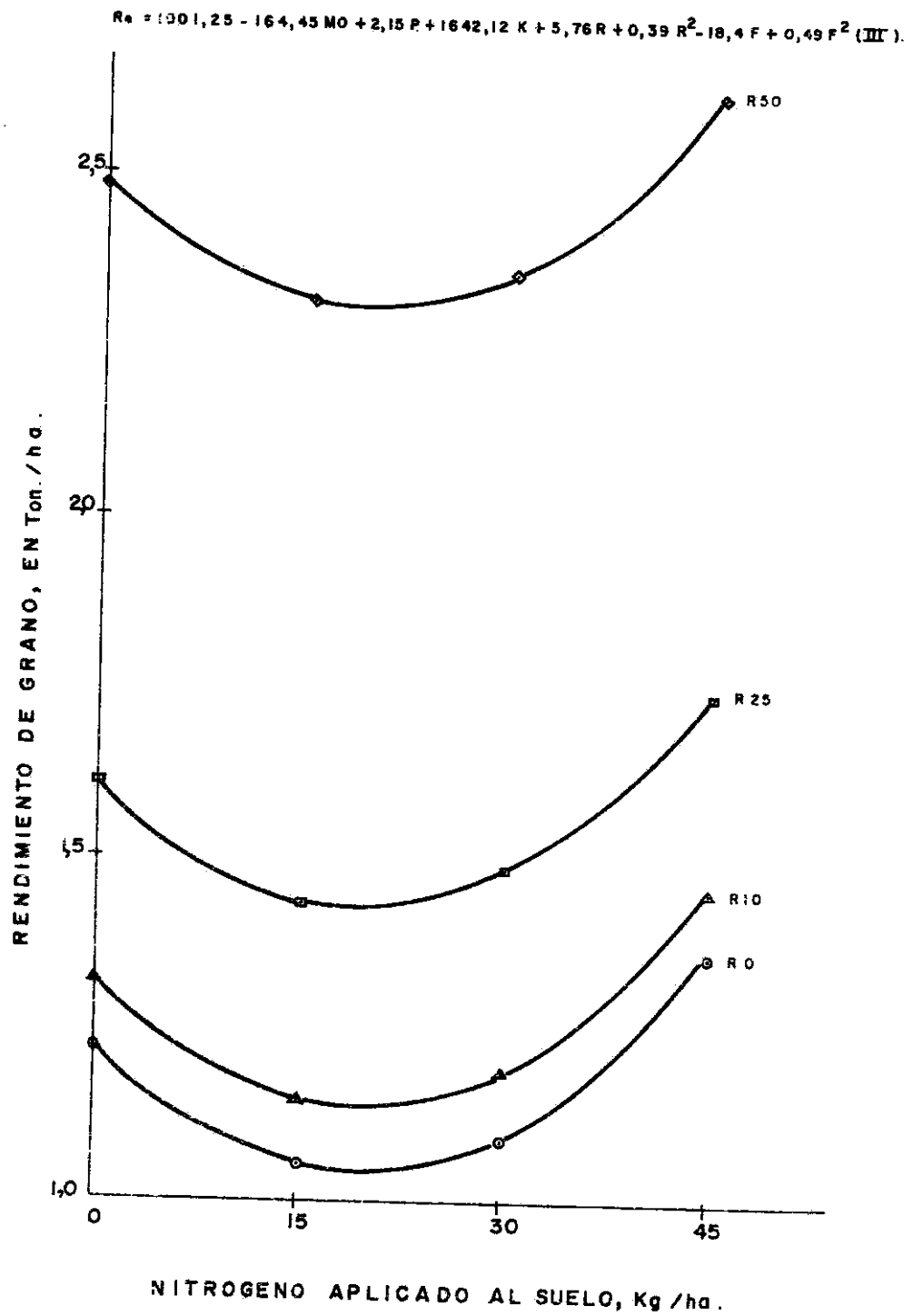


FIG. No 4.1-VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RELACION AL NITROGENO APLICADO, PARA DIFERENTES RIEGOS.

mayor de 45 kg/ha, pero con los datos que se tienen es difícil determinar hasta donde llegaría ese incremento.

La explicación más viable, a la disminución del rendimiento, cuando la aplicación de nitrógeno pasa de 0 a 20 kg/ha, se debe, de acuerdo al doctor Gildardo Marín*, a un desbalance en la relación nitrógeno-fósforo.

Para observar el efecto del riego sobre el rendimiento, se hizo una representación gráfica del modelo I ($R^2=0,646$), manteniendo constantes en sus valores promedios a las variables de suelo (MO, P y K), Fig. 4.2. Del análisis de esa figura se tiene que el rendimiento es cada vez mayor a medida que se aumenta la cantidad de agua aplicada; las ganancias que se obtienen en rendimiento cuando el agua aplicada pasa de 0 a 50 mm es superior a 1000 kg/ha.

Hay que tener en cuenta que la precipitación total caída en el área experimental fué de 306 mm, lo cual indica que cantidades iguales o inferiores a ésta, producen rendimientos iguales o inferiores a 1.100 kg/ha y que para tener

*Comunicación personal

$$R_e = 1749,5 + 49,156 M O - 129,32 P + 4771,6 K + 6,3 R \times M O + 5,9 R \times P - 150,8 R \times K - 22,93 R + 0,49 R^2 \quad (I)$$

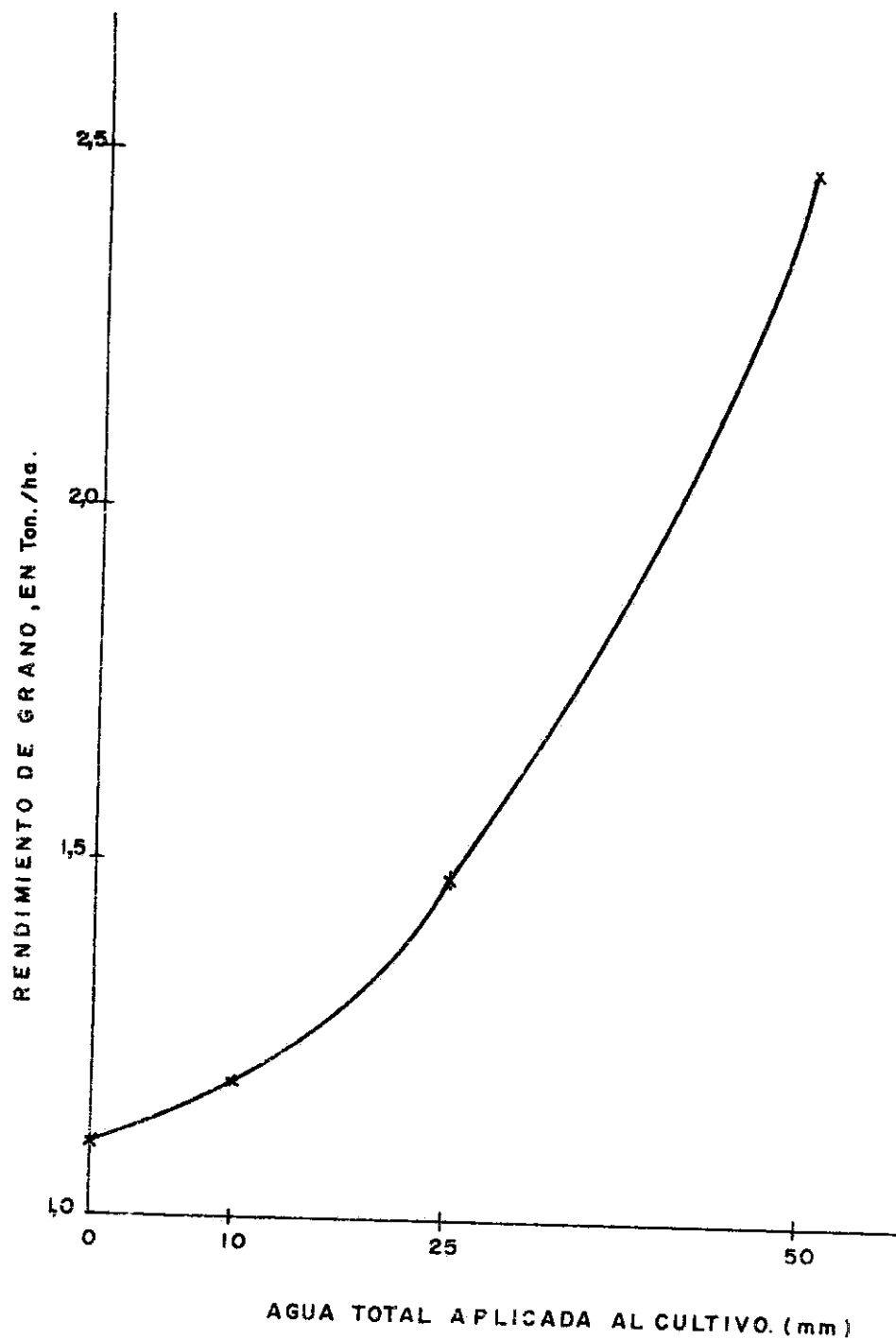


FIG. No 4.2-VARIACION DEL RENDIMIENTO CON RELACION AL AGUA APLICADA.

rendimientos superiores a 2500 kg/ha, es necesario que el cultivo reciba más de 356 mm ya sean por lluvia o por riego ó una combinación de ambos. Sin embargo, con los datos que se tienen es difícil determinar las cantidades máximas de agua que requiere el cultivo y hasta donde llegaría el rendimiento. No obstante es necesario anotar que entre la siembra y el espigamiento se presentó el mayor deffcit de humedad y la mayor aplicación del riego, la cual indica, que es durante éste período cuando el cultivo requiere la mayor cantidad de agua.

4.4. Modelos de regresión para determinar el efecto sobre el número promedio de granos por espiga (NGXE).

En la literatura no se encontró el efecto que tiene el nitrógeno, el agua y las condiciones de suelo (MO,P y K) sobre NGXE, razón por la cual se buscó la relación que puedan tener las anteriores variables, ya que se supone que dichas variables están relacionadas.

La tabla 4.4. muestra los análisis de varianza para los diferentes modelos que analizan la variable dependiente

Table No. 4.5-- COEFICIENTES DE REGRESION DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES
QUE INCIDEN SOBRE NG XE.

VARIABLE	O				
	M	I	II	III	IV
MC					-1.44
P					-0.08
K					31.62
R x MO					
R x P					
R x K					
R	-0.23			-0.19	0.08
R2	0.004			0.004	0.003
F	0.06	0.08			0.032
F2	-0.002	-0.002			-0.002
R x F	0.002				0.003
Intercepto	29.38 **	26.93 **	29.34 **	5.52	8.69
R2	0.035	0.007	0.019	0.223	0.262
CV	23.162	22.674	22.538	20.786	21.045

** Altamente significativo al 99%
* Significativo al 95%

NGXE. Se encontró que ninguno de los modelos propuestos es significativo, lo cual indica que la incidencia que tienen las diferentes variables sobre el número promedio de granos por espiga es muy bajo.

La tabla 4.5 muestra los coeficientes de regresión para las variables independientes que tienen incidencia sobre NGXE. Se encontró que el nitrógeno incide sobre la variabilidad de NGXE en 0,7% ($R^2=0,007$); el riego en 1,9% ($R^2=0,019$); riego por nitrógeno en 0,9%, lo cual se obtiene al comparar el modelo I que contiene a riego, nitrógeno y riego por nitrógeno con los modelos II (que contiene a nitrógeno) y III (que contiene a riego) y cuyos coeficientes de determinación respectivamente son: 0,035; 0,007 y 0,019 ($3,5 - 0,7 - 1,9 = 0,9$); y los factores de suelo en 22,7%, lo cual se obtiene al comparar el modelo I, que no contiene a los factores de suelo con el V, que si los contiene y cuyos coeficientes de determinación son 0,035 y 0,262 respectivamente, ($26,2 - 3,5 = 22,7$).

Con el fin de observar la variación de NGXE debido al nitrógeno, se hizo una representación gráfica del modelo IV, pa

ra diferentes valores del riego, manteniendo constantes en sus valores promedios a las variables de suelo (MO, P y K). En el apéndice B se muestra esa representación gráfica, Fig. 1.B. Del análisis de esa figura se desprende que al incrementarse el nitrógeno aplicado, hay muy poca variación en NGXE, para cualquier lámina de riego.

Igualmente, con el modelo IV, se hizo una representación gráfica, para observar la incidencia del riego sobre NGXE, para cualquier nivel de nitrógeno aplicado, manteniendo constantes en sus valores promedios a las variables de suelo (MO, P y K), Fig. 2.B. (apéndice B). Del análisis de esa figura se tiene que cuando se incrementa R, el incremento de NGXE es muy bajo, ya que al pasar el agua aplicada de 0 a 50 mm se consigue un aumento de 3 granos/espiga.

4.5. Modelos de regresión para determinar el efecto sobre el peso promedio de mil granos (PMIL).

El agua, el nitrógeno y los factores de suelo aparentemente inciden sobre el peso del grano del trigo, aunque en la literatura no se encontró referencia sobre ello.

La tabla 4.6 muestra los análisis de varianza para los diferentes modelos que analizan a la variable dependiente PMIL. Se encontró que ninguno de los modelos propuestos es significativo a excepción del modelo IV, el cual es significativo (al 95%) y en donde las variables K y R, son altamente significativas y MO, significativa. Aunque el modelo IV es significativo y algunas de sus variables también, el coeficiente de determinación, es muy bajo ($R^2 = 0,277$). Todo lo anterior indica, que la incidencia que tienen las variables involucradas, en los diferentes modelos, sobre PMIL, es muy baja.

La tabla 4.7, muestra los coeficientes de regresión para las variables independientes que tienen incidencia sobre PMIL. Se encontró que el nitrógeno incide sobre la variabilidad de PMIL en 3,4 % ($R^2 = 0,034$); el riego en 4,2% ($R^2 = 0,042$); la interacción riego por nitrógeno en 0,1% lo cual se obtiene al comparar el modelo I, que contiene a riego, nitrógeno y riego por nitrógeno, con los modelos II, que contiene a nitrógeno, y III que contiene a riego, y cuyos coeficientes de determinación son: 0,007; 0,034 y 0,042 respectivamente, ($7,7 - 3,4 - 4,2 = 0,1$); y los factores de suelo en 20%, lo cual se obtiene al comparar el modelo V, que contiene a los

Tabla No. 4.6 - ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS DIFERENTES MODELOS DE P MIL

FUENTE	M		O		D		E		L		O	
	I		II		III		IV		V		VI	
	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM
REGRESION	5	2.5309	2	2.8033	2	3.4204	5	8.3296*	8	5.6747		
e	41	3.6834	44	3.5925	44	3.5645	41	2.9763	38	3.1126		
TOTAL	46		46		46		46		46			

* SIGNIFICATIVO AL 95%

Tabla No.4.7.-COEFICIENTE DE REGRESION DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES QUE INCIDEN SOBRE PMIL.

VARIABLE	M					O				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
MO										
P									-1.30 *	-1.34 *
K									-0.12	-0.09
R x MO									13.92 **	12.82 *
R x P										
R x K										
R	-0.029									
R2	0.001									
F	0.054	0.047								
F2	-0.001	-0.001								
R x F	0.001									
									0.061 **	-0.002
									0.008	0.001
										0.033
										-0.001
Intercepto	39.466 **	39.693 **	40.104 **	38.598 **	39.668 **					
R2	0.077	0.034	0.042	0.254	0.277					
CV	4.768	4.709	4.691	4.286	4.383					

** Altamente significativo al 99%

* Significativo al 95%

factores de suelo con el I, que no los contiene y cuyos coe
ficientes de determinación son 0,277 y 0,077 respectivamente
te, $(27,7 - 7,7 = 20,0)$.

Con el fin de estudiar mejor la variación de PMIL debida al
nitrógeno, se realizó una representación gráfica del modelo
IV, para diferentes valores del riego, manteniendo constante
tes en sus valores promedios a las variables de suelo (MO,
P y K), Fig. 4.3. Del análisis de esa figura se tiene que al
incrementarse el nitrógeno, para cualquier valor del agua
aplicada, PMIL se incrementa, sin embargo, ese incremento
es muy bajo.

Igualmente, con el mismo modelo IV, se hizo una representación
gráfica, para observar la incidencia del riego sobre
PMIL, para diferentes cantidades de nitrógeno aplicado, manten
iendo constantes en sus valores promedios a las variables
de suelo (MO, P y K), Fig. 4.4.

Del análisis de esa figura se tiene que a medida que se incre
menta el agua aplicada, para cualquier valor de nitrógeno
no, el PMIL aumenta, sin embargo, ese aumento no es consider
derable.

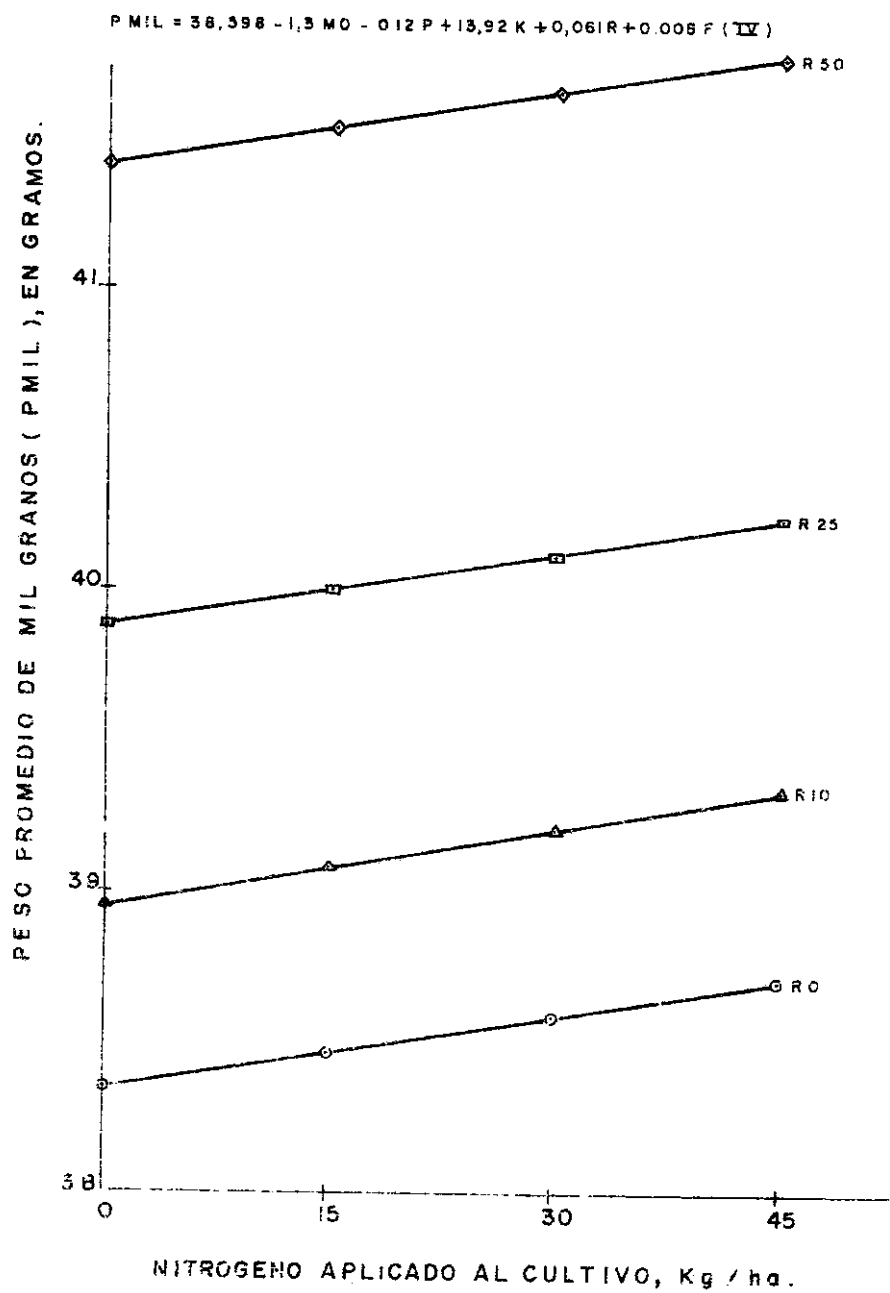
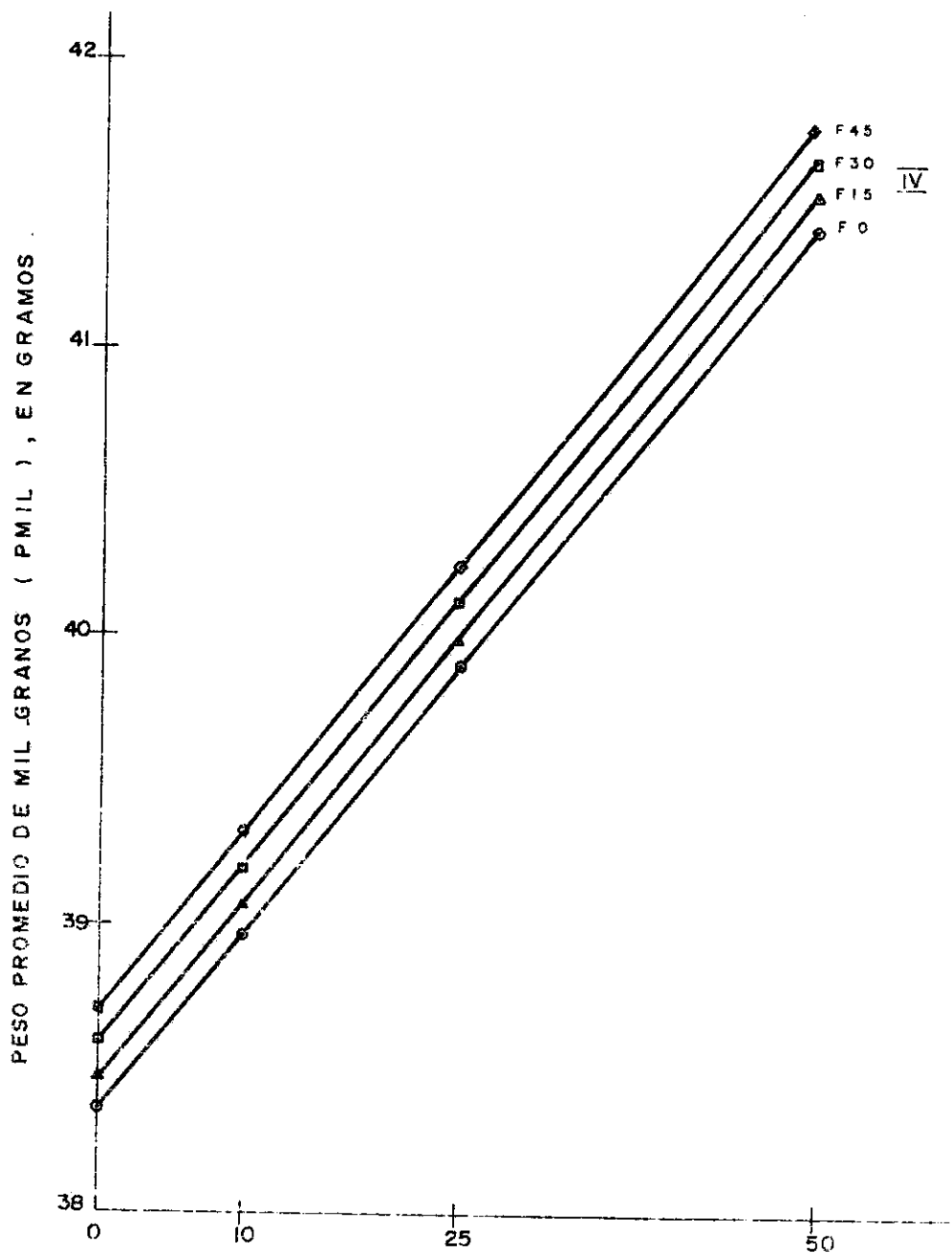


FIG. No. 43 - VARIACION DEL PESO PROMEDIO DE MIL GRANOS CON RELACION AL NITROGENO APLICADO, PARA DIFERENTES RIEGOS.

$$P_{MIL} = 38,598 - 1,5 M0 - 0,12 P + 13,92 K + 0,061 R + 0,008 F \quad (IV)$$



AGUA TOTAL APLICADO AL CULTIVO (mm)

FIG No. 4.4 - VARIACION DEL PESO PROMEDIO DE MIL GRANOS CON RELACION AL AGUA APLICADA, Y DOSIS DE FERTILIZACION.

4.6. Modelos de regresión para determinar el efecto sobre el porcentaje de proteína del grano (Prot).

La literatura foránea reporta que el nitrógeno y el agua tienen efecto sobre el porcentaje de proteína en el grano. Sin embargo, en la literatura nacional no se ha encontrado este tipo de información, motivo por el cual se buscó el efecto que pueda tener el agua, el nitrógeno, la interacción agua nitrógeno y las condiciones de fertilidad del suelo sobre el porcentaje de proteína del grano de trigo (Prot).

La tabla 4.8 muestra los análisis de varianza para los diferentes modelos propuestos. Se encontró que todos los modelos son altamente significativos a excepción de los modelos IV, V y VI, los cuales son modelos que incluyen a las variables riego, nitrógeno y riego por nitrógeno, de donde se desprende que dichas variables tienen poca incidencia sobre Prot. La incidencia que tiene el nitrógeno sobre la variabilidad de Prot es de 5.6% ($R^2 = 0,056$), la del riego, 1,7% y la interacción riego nitrógeno, 0%. Esto se comprueba comparando el modelo I que no contiene a RxF y el modelo VIII, que si lo contiene, ya que sus coeficientes de de-

Tabla No. 4.9 - COEFICIENTES DE REGRESION DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES QUE INCIDEN SOBRE PROT.

VARIABLE	O							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
MC	-0.538 **	-0.470 *	-0.486				-0.486 *	-0.539 **
P	0.064 *	0.076 **	0.156 *				0.051 *	0.064 *
K	-3.856 *	-4.532 **	-8.346 **				-3.508 *	-3.843 *
R x NO			-0.006					
R x P			-0.003					
R x K			0.216					
R	-0.039 *	-0.045 x	0.178 *	0.004		0.006	-0.009	-0.040 x
R2	0.001	0.001	0.001 *	-0.0003		-0.002		0.0006
F	-0.023			-0.025				-0.024
F2	0.0003			0.0001			-0.009 **	0.0003
R x F				0.0003				0.60002
Intercepto	22.731xx	22.382 **	25.224	14.435 **	14.281 **	14.067 **	21.880 **	22.734 **
R2	0.623	0.584	0.659	0.092	0.056	0.017	0.589	0.623
CV	3.787	3.877	3.647	5.764	5.642	5.757	3.859	3.837

** Altamente significativo al 99%

* Significativo al 95%

terminación son idénticos.

Las variables MO, P y K tienen gran incidencia sobre la variable Prot y esto se comprueba al comparar el modelo IV que no contiene a los factores de suelo con el modelo VIII que sí los contiene, ya que los coeficientes de determinación son bastante diferentes, 0,082 para el IV y 0,623 para el VIII. Lo anterior indica que la incidencia de los factores de suelo sobre la variabilidad de Prot es de 54,1% (62,3 - 8,2).

Para estudiar la incidencia del nitrógeno sobre el porcentaje de proteína del grano, se hizo una representación gráfica del modelo I, para diferentes valores de riego, manteniendo constantes en sus valores promedio a las variables de suelo (MO, P y K), Fig. 4.5. El análisis de esa representación gráfica indica que el nitrógeno a diferentes niveles de riego, tiene poca influencia sobre la variación del porcentaje de proteína; la disminución en el porcentaje al pasar de 0 a 45 kg/ha de nitrógeno no alcanza a ser de 0.5%.

La representación gráfica del modelo III, muestra el efecto del riego sobre el porcentaje de proteína del grano,

$$\text{Prot} = 22.731 - 0,538 \text{M} + 0,064 \text{P} - 3,856 \text{K} - 0,039 \text{R} + 0,001 \text{R}^2 - 0,023 \text{F} - 0,0003 \text{F}^2 \quad (\text{I})$$

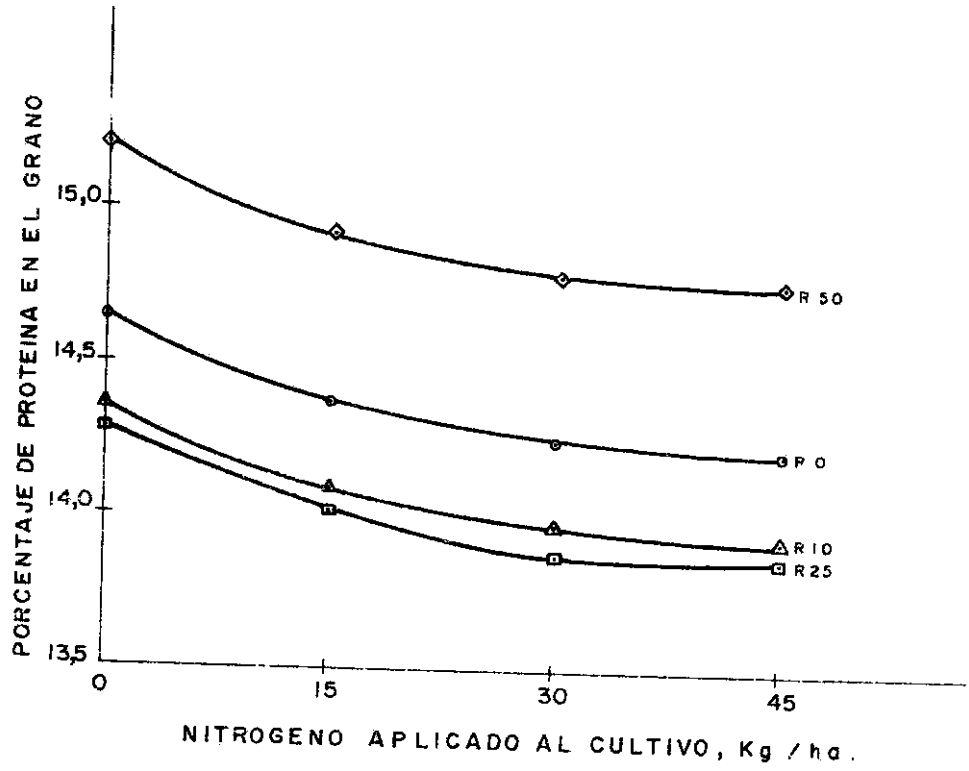


FIG. No 4.5 - VARIACION DEL PORCENTAJE DE PROTEINA CON RELACION AL NITROGENO APLICADO, PARA DIFERENTES RIEGOS.

$$\text{Prot} = 25,224 - 0,486 \text{M} + 0,156 \text{P} - 8,346 \text{K} - 0,006 \text{R} \times \text{M} - 0,003 \text{R} \times \text{P} + 0,216 \text{R} \times \text{K} + 0,178 \text{R} + 0,0001 \text{R}^2 \quad (\text{III})$$

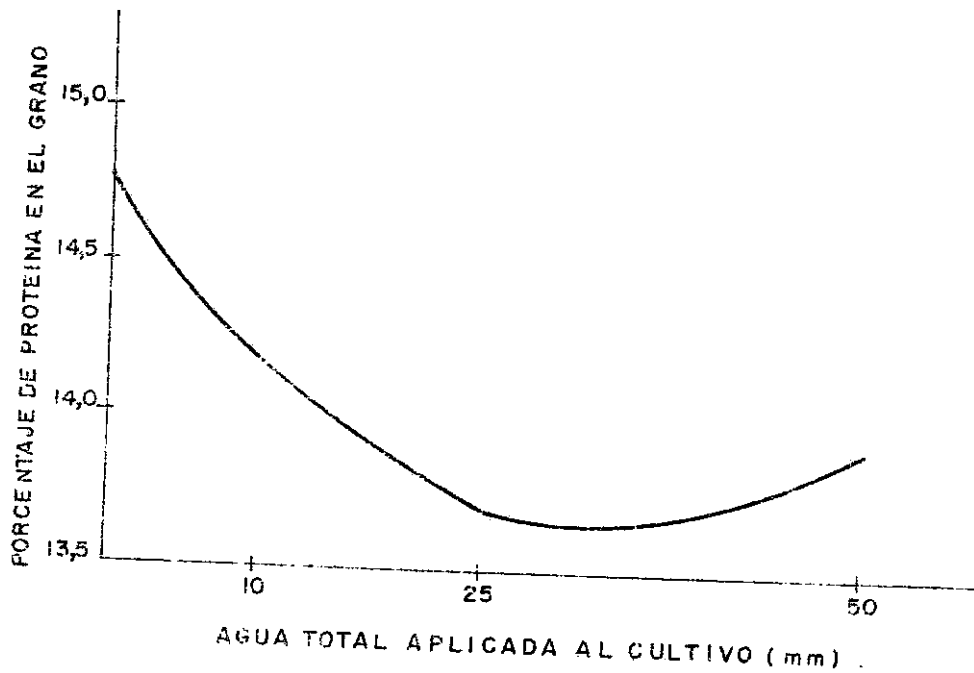


FIG. No 4.6 - VARIACION DEL PORCENTAJE DE PROTEINA DEL GRANO CON RELACION AL AGUA APLICADA.

manteniendo constantes en sus valores promedios a las variables de suelo, Fig. 4.5. El análisis de esa figura indica que cuando el agua pasa de 0 a 25 mm, Prot, disminuye y a partir de 25 mm, Prot, aumenta; sin embargo, la variación que sobre Prot se tiene es muy pequeña.

Cualquiera que sea la dosis de nitrógeno o de agua, la proteína del grano está dentro de los valores normales y el pan que se pueda obtener, desde el punto de vista del porcentaje de proteína, sería de buena calidad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que:

- 1) Las variaciones en el rendimiento (R_g) se deben principalmente al riego y a las interacciones del riego con los factores de suelo (materia orgánica, fósforo y potasio). La interacción riego nitrógeno no incide sobre la variación del rendimiento. Es muy baja la incidencia que tienen el nitrógeno aplicado y los factores de suelo, sobre el rendimiento.
- 2) El efecto del riego, el nitrógeno aplicado, la interacción riego por nitrógeno sobre algunas de las componentes del rendimiento (número de granos por espiga y peso de mil granos), es muy bajo; en cambio los factores de suelo presentan un efecto notable.
- 3) El riego y el nitrógeno aplicado influyen muy poco en la variación del porcentaje de proteína. La interacción riego nitrógeno no incide sobre dicha variación; en cambio los facto-

res de suelo si presentan gran incidencia sobre esa variación.

Se recomienda:

- 1) Realizar estudios en el invernadero, con diferentes variedades de trigo, para observar el efecto del agua y del fertilizante sobre el rendimiento y demás variables componentes del mismo, en los diferentes períodos del cultivo.
- 2) El método gravimétrico empleado en el presente trabajo, no es el más recomendable, por el error inherente al método mismo y la demora en la obtención de los resultados. Se recomienda emplear métodos rápidos y confiables, como por ejemplo el neutrómetro (dispersor de neutrones) y/o el sicrómetro termopar.
- 3) El diseño experimental usado en el presente trabajo, no fué el más apropiado debido al método de riego empleado, pues se presentó el problema de arrastre de fertilizante y desuniformidad en la humedad del suelo. Se recomienda, emplear el diseño más apropiado, de acuerdo al método de riego que se use, para evitar los anteriores problemas y permitir así medir el verdadero efecto del riego y del fertilizante sobre las diferentes variables del cultivo en estudio.

6. RESUMEN

En el CNIA Tibaitatá se llevó a cabo un experimento con el fin de determinar el efecto de varios niveles de riego y de nitrógeno sobre el rendimiento, el número de granos por espigas, el peso de mil granos y el porcentaje de proteína del trigo. Se tuvo también cuenta la incidencia de algunos factores de suelo (materia orgánica, fósforo y potasio).

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas. Para el caso del riego se estudiaron 3 niveles de agotamiento de la humedad (25%, 50% y 75%) y un testigo sin riego. Los niveles de fertilización fueron 0 kg/ha, 15 kg/ha, 30 kg/ha y 45 kg/ha de nitrógeno.

Cada parcela correspondió a un nivel de riego distribuido al azar y se dividió en cuatro subparcelas para los diferentes niveles de nitrógeno, también distribuidos al azar.

El número de repeticiones fué de 4, tanto para el riego como para el nitrógeno. El método de riego empleado fue el de pozas.

Debido a la desuniforme distribución de la humedad en el suelo, los niveles de agotamiento no pudieron definirse con precisión. Sin embargo, se midieron en términos generales los efectos del riego y de la aplicación de nitrógeno y mediante análisis de regresión múltiple. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1) Sobre el rendimiento (R_e), el riego presentó la mayor incidencia; sin embargo, la interacción riego con los factores de suelo parece tener alguna importancia.
- 2) Los factores de suelo tienen gran incidencia sobre el número de granos por espiga (NGXE), el peso de mil granos (PMIL) y el porcentaje de proteína del grano (Prot).

7. SUMMARY

Effectiveness of irrigation and nitrogen in yield and protein content of wheat (Triticum vulgare Vill).

A field study was conducted at Tibaitatá Experiment Station, to determine the effectiveness of various levels of irrigation and nitrogen in yield, number of grains per tassel, average weight per one thousand grains, and percentage of grain's protein of wheat. The influence of certain soil constituents such as organic matter, phosphorus, and potassium; was also taken into account.

The design for this experiment was the commonly known as split plot design. Three different levels of soil moisture depletion were tested: 25%, 50%, and 75%, of the water holding capacity. Control plots without irrigation were also established. Four levels of nitrogen were used namely: 0 kg/ha, 15 kg/ha, 30 kg/ha, and 45 kg/ha. The levels of irrigation were assigned at random to the plots and each plot was divided into four equal areas to which the nitrogen levels were assigned at random as well. Each of the levels of irrigation and nitrogen was repeated for times.

Water was applied by surface irrigation using four small basins per plots.

Because of lack of uniformity in the soil moisture distribution, the levels of water depletion could not be verified accurately. However, the effectiveness of irrigation, nitrogen, and soil constituents was studied by means of a multiple regression analysis. The results may be summarized as follows:

- 1) Irrigation was the most effective in yield. However, irrigation-soil constituents interaction, appeared to be of some importance.
- 2) The number of grains per tassel, average weight per one thousand grain's protein were significantly influenced by the soil constituents.

8. BIBLIOGRAFIA

1. CASAS, P.E. Análisis económico de la situación del cultivo de trigo en Colombia. Bogotá, 1971. 17 p (mimeografiado).
2. CEPEDA, O.R. Apuntes sobre los cultivos de trigo, cebada y avena. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa Nacional de Trigo, 1970. 71 p.
3. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programas Agrícolas, Evaluación 71-72, programación 1973, proyecciones 74-75. Bogotá, 1972. 214 p.
4. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programas Agrícolas. Evaluación 1974, programación 1975, proyecciones 1976. Bogotá, 1975. p 216-68.
5. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Programas Agrícolas. Evaluación 1976, Programación 1977, proyecciones 1978. Bogotá, 1977. 349 p.
6. CONTRERAS S., R.E. Determinación de niveles económicos de nitrógeno y fósforo en trigo. Tesis Mag. Sc. Bogotá. UNC-ICA. 1973. 69 p.

7. CRUZ, G.M. y TAMES, C. Desarrollo y distribución del sistema radicular del trigo y maíz evaluado en condiciones de campo. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1972. p 75-101. Anales. Serie: Producción Vegetal No. 2.
8. CHAVEZ, R; APONTE, E. y HERRERA, F. Estudio de la incidencia del riego sobre la fertilización nitrogenada en el cultivo de algodón. In. Seminario Latinoamericano de Irrigación, 4°. Conclusiones. Bogotá, INCORA, 1966. Tomo 3. (serie informes No. 18).
9. CHAVEZ, R. y LAIRD, S.J. Calificación de algunos aspectos de las practicas de riego usados en la siembra de trigo en el Bajío y su relación con la respuesta a fertilizantes. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1959. 58 p. (Folleto técnico No. 36).
10. DE SA. D.F. Efecto de la humedad del suelo y diversos niveles de nitrógeno. In. Seminario Latinoamericano de Irrigación 4°. Conclusiones, Bogotá, INCORA, 1966. Tomo 3. (Serie informes No. 18).

11. FERNANDEZ, G.R. y LAIRD, R.J. Efectos de la humedad del suelo y de la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del trigo. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de estudios especiales, 1958. 118 p. (Folleto técnico No. 27).
12. GARCÉS R., C. Estudios ultradetallados de suelos con fines de riego y drenaje en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tibaitatá, Tesis Mag. Sc. Bogotá, UNC-ICA, 1976. 135 p.
13. GRIMES, D.W.; HERRON, G.M. y MUSIK, J.T. Irrigating and fertilizing winter in Southwestern Kansas. Kansas, Agri. Exp. Sta., 1962. 8 p. (Bull 442).
14. HERRERA V., I. Conferencias sobre trigo, cebada y avena. Palmira, U.N. de Colombia, Facultad de Agronomía, 1966. p 3-17.
15. HILDEBRAND, P.E. Análisis agroeconómico, mediante superficie de respuesta. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1965. 70 p.

16. HILDEBRAND, P.E. Un diseño experimental para mejorar recomendaciones en fertilización. Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Economía Agrícola Regional, 1971. 13 h (Informe No. 2).
17. HORLACHER, H. Conocimientos y experiencias adquiridas en la abonadura del trigo. Hannover, Verlagsgesellschaft Furackerbau MBH, 1957. 32 p. (Boletín verde, informes sobre la abonadura 5).
18. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO Informe anual del Programa de Suelos. Bogotá, 1964. p 9-28.
19. ISRAELSEN, O.W. Principios y prácticas del riego. Trad. del inglés por A. García y J.A. Ortiz. Barcelona, Reverté, 1963. 397 p.
20. KENT J., D.W. y AMOS, J.A. Química moderna de los cereales. trad. F. Pulido C. Madrid, Aguilar, 1956. p. 7-11.
21. KIRBY E., J.M. The growth and development some barley varieties in response to irrigation and nitrogen fertilizer. Jour agri. Sci. 72: 467-474. 1968.

22. LEON S., L.A. El fósforo del suelo. In. Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Educación continuada, s.f. p. 52-74.
23. LITTLE, T.M. y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. Anatolio de Paulo Crespo, México, Trillas, 1976. 270 p.
24. LORA S., R. Materia orgánica y nitrógeno en suelo. In. Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Educación Continuada, s.f. p. 22-31.
25. MARIN M., G. y LORA. R. Principios generales sobre aplicación de fertilizantes. In. Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Educación continuada, s.f. p. 32-154.
26. MIHAJLOVICH, D.L.E. y NIJENSOHN, L. Ensayos de riego y fertilización de trigo realizados en Mendoza. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. (Argentina) 18 (1): 81-97. 1972.

27. MUÑOZ A., R. y LEON, L.A. Fertilización de trigo (Triticum vulgare L.), en Colombia. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario, s.f. 19 p. (mecanografiado).
28. NAVAS A., J. Evaluación Investigación Programa de Suelos, cultivo trigo y cebada 1961-1965. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, s.f. 17 p. (mecanografiado).
29. NUÑEZ E., R.; LAIRD, R.J.; HERNANDEZ S., R y ARVIZU, R. Z. Variaciones en la humedad del suelo durante el ciclo del trigo en el Bajío y su influencia en varias características del cultivo. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de estudios especiales, 1960. 62 p. (folleto técnico No. 38).
30. PRATS, J. y CLEMENT-GRANDCOURT, M. Los cereales, Trad. J.I. de la Vega. Madrid, Mundi prensa, 1969. 344 p.
31. RAUNING, R.E. and RHOADES, H.F. Interrelacion ship of soil moisture level at plating time and nitrogen fertilización on winter wheat production. Agric. Journal 55: 123-127. 1963.

32. ROBINS, J.S. and DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. *Agric. Journal* 48: 67-70. 1965.
33. SANCHEZ-DIAZ, M.F. and KRAMER, P.J. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *Plant Physiol.* 48: 613-616. 1971.
34. SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. MEXICO. Resultados de diez experimentos realizados en los distritos de riego durante el subciclo de invierno, 1973-74 (Relaciones Agua-Suelo-Planta-Clima). México, 1974. 258 p. (Memorandum técnico No. 335).
35. VEGA, J., V.M.; BIRD, G.B. y RODRIGUEZ J.M. Algunos aspectos de la fertilización del trigo en suelos de la Sabana de Bogotá y alrededores. Bogotá, D.I.A., 1959. p. 11-43 (Boletín Técnico No. 4).
36. YA-LUN, C. Análisis estadístico. Trad. Luis E. Di Marco. México, Interamericana, 1972. p 19-20.
37. ZAPATA B., M.; LOPEZ Q., R. y VARELA A., R. El cultivo del trigo en Colombia. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, s.f. s.p. (mimeografiado).

APENDICE A

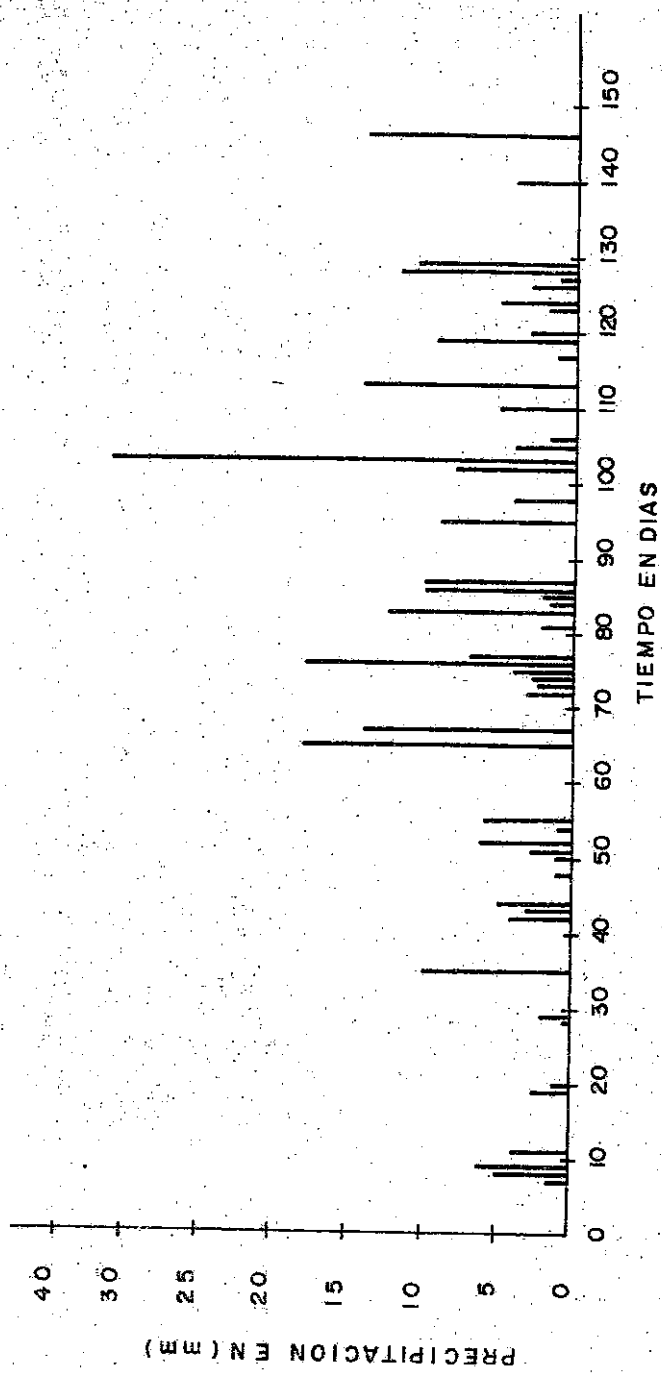


FIG. N° 1A - DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN EL LOTE, DURANTE EL TIEMPO DEL ENSAYO.

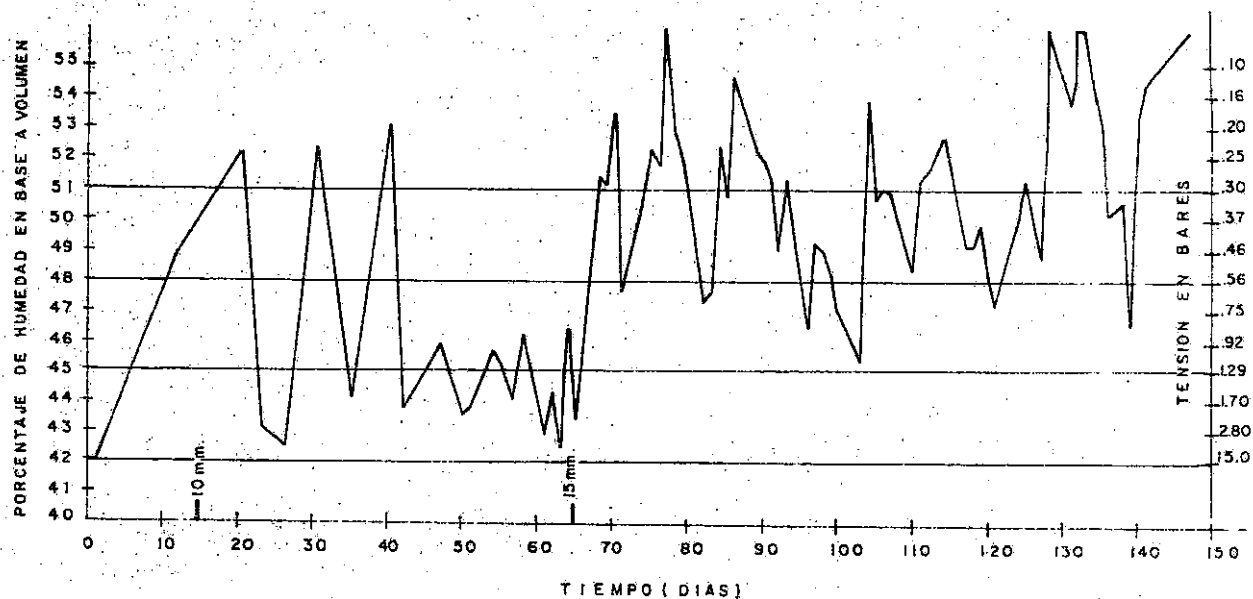


FIG. N° 2A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N° 1. AGUA APLICADA 25 mm. R 2

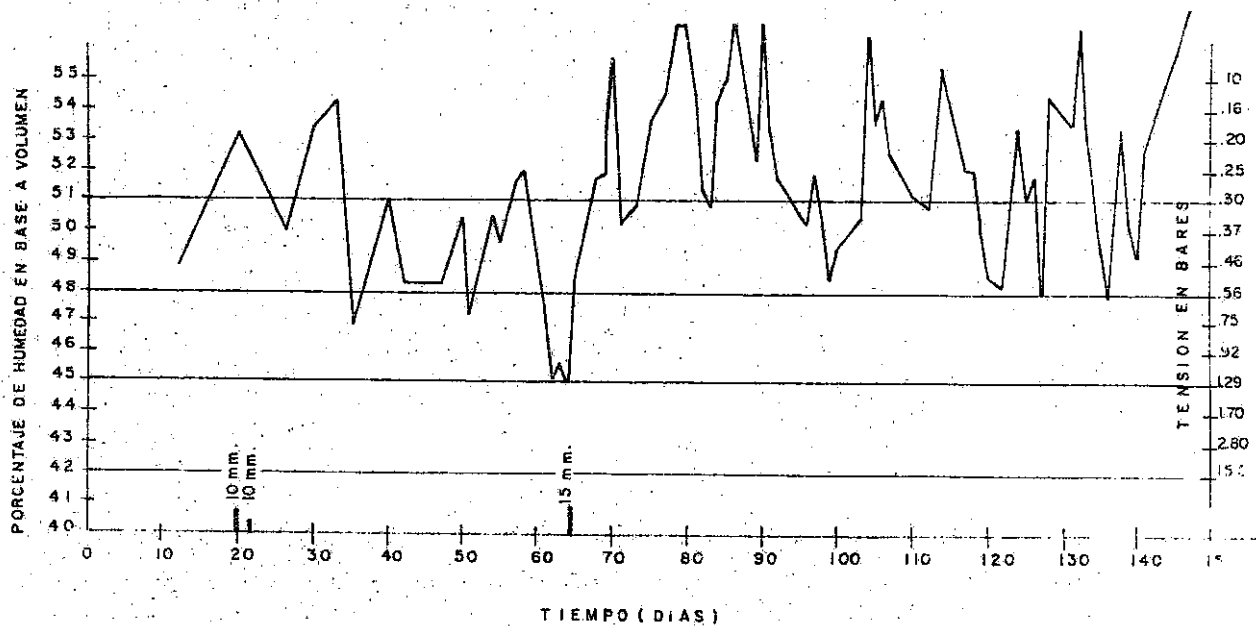


FIG. N° 3A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N° 2. AGUA APLICADA 35 mm. R 1

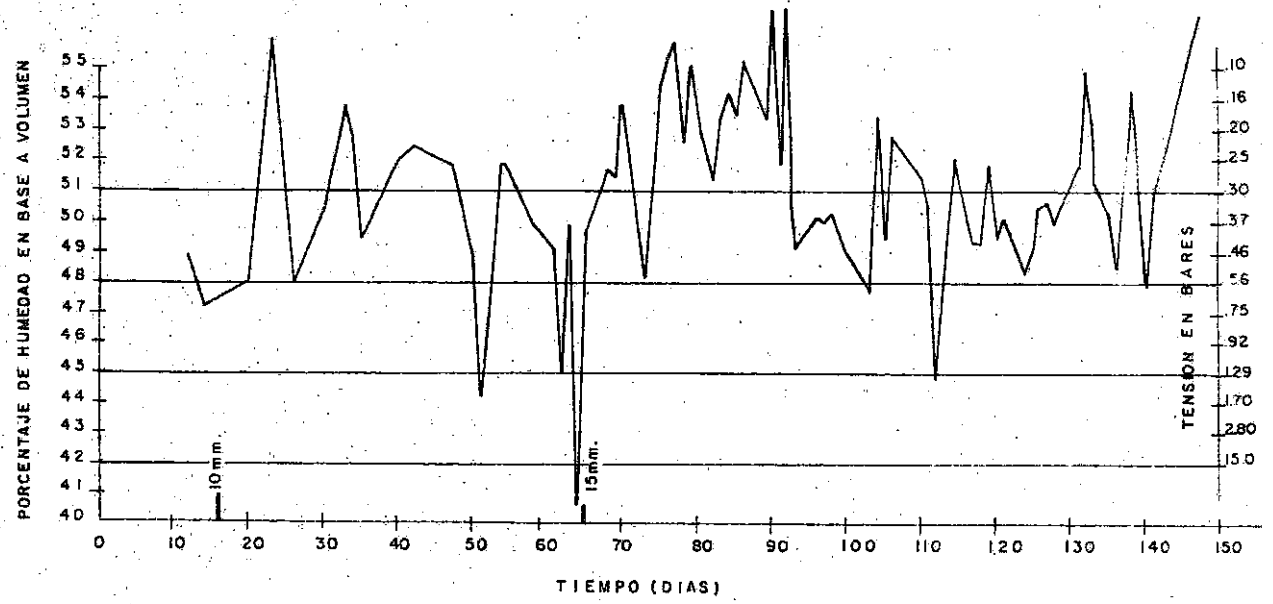


FIG. No. 4A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO. PARCELA No. 3. AGUA APLICADA 25 mm. R 3

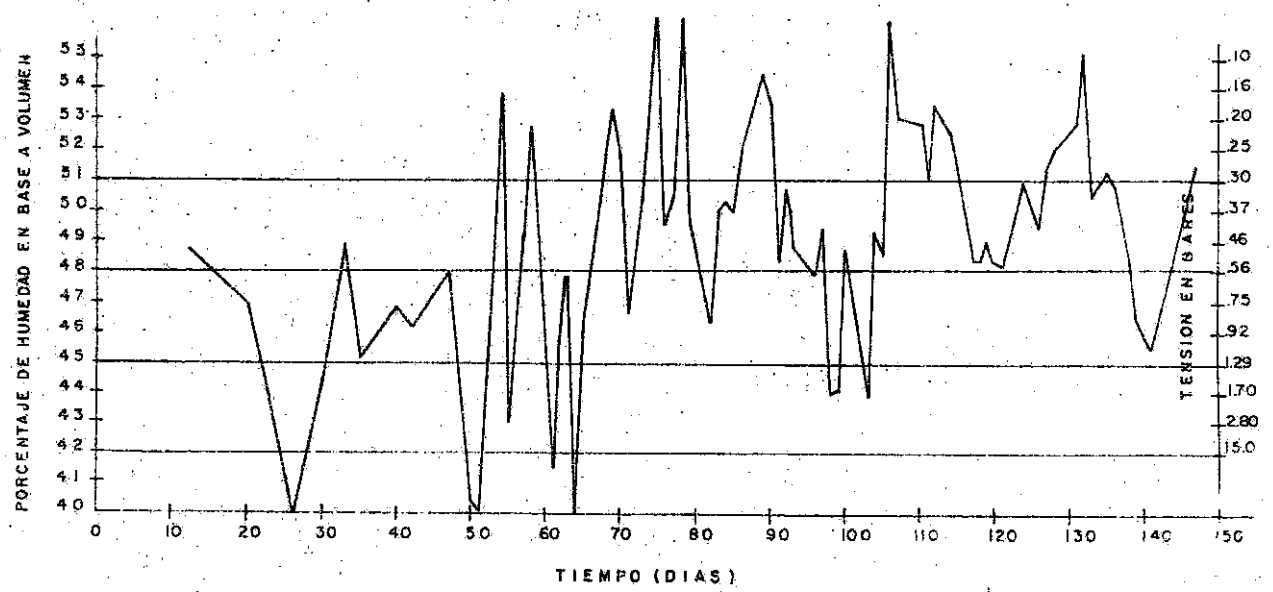


FIG. No. 5A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO. PARCELA No. 4. AGUA APLICADA 0 mm. R 4

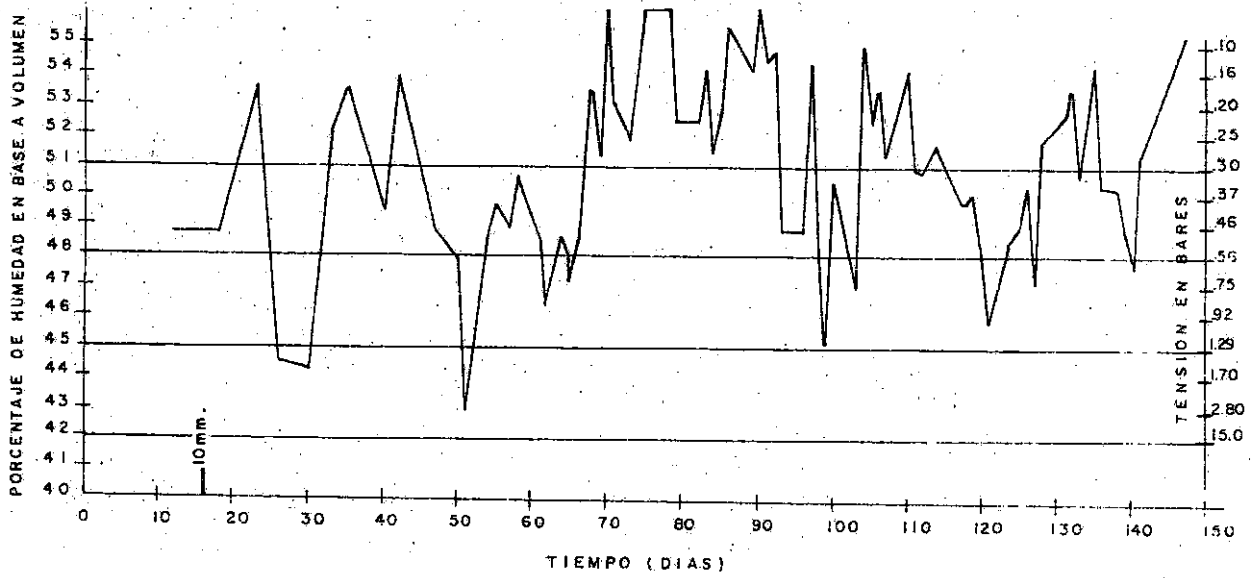


FIG. No. 6A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA No. 5. AGUA APLICADA 10mm. R 3

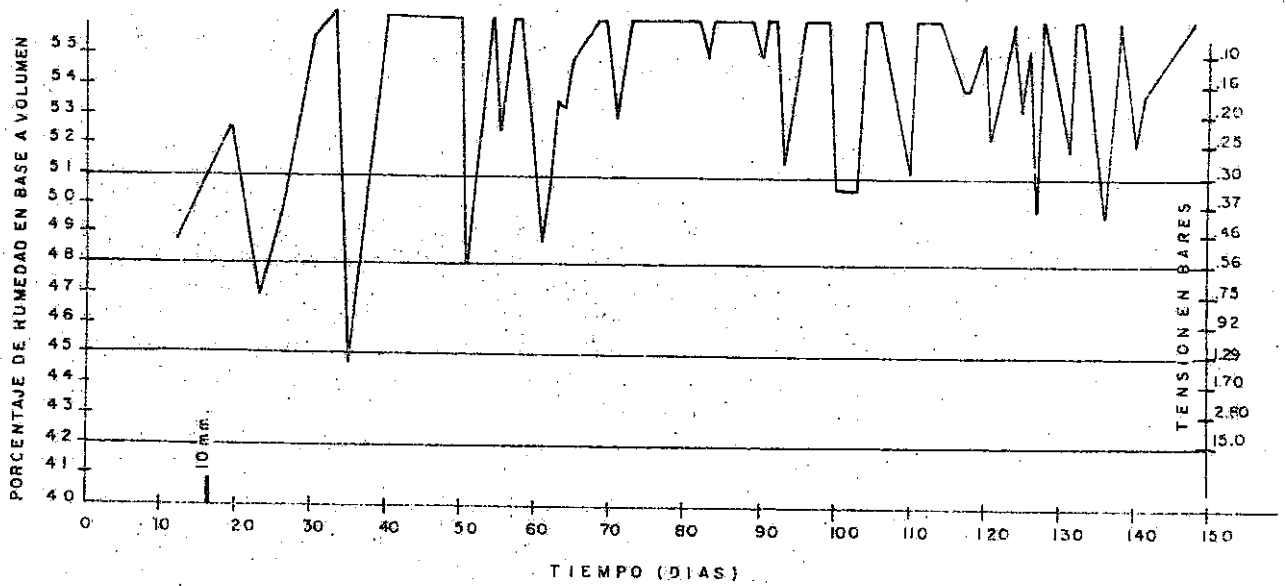


FIG. No. 7A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA No. 6. AGUA APLICADA 10mm. R 2

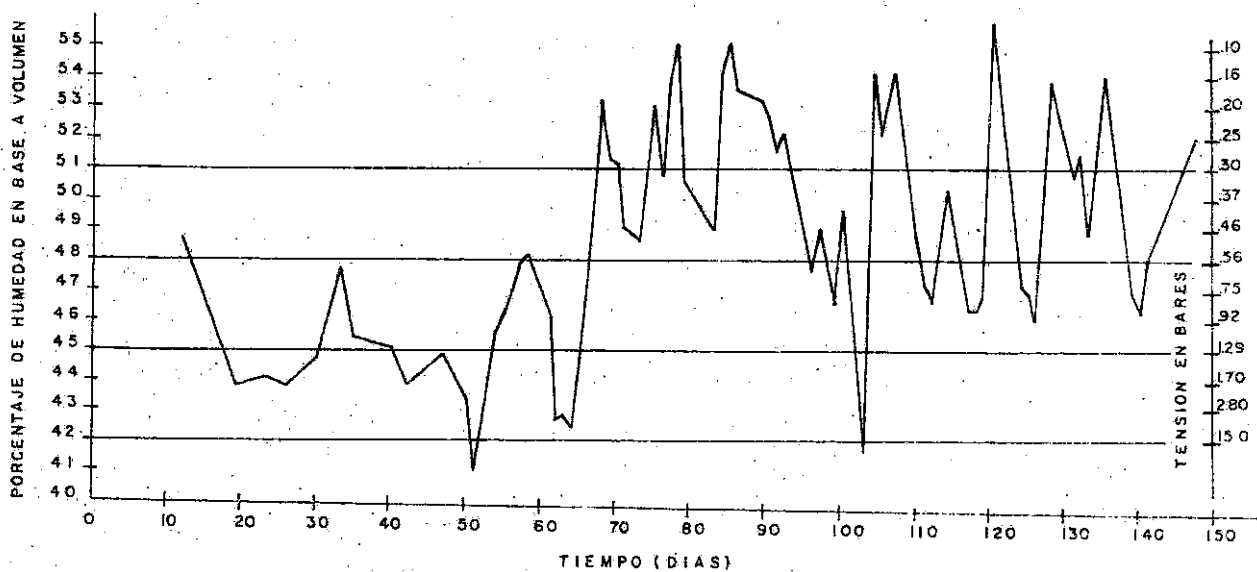


FIG. N.º 8A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N.º 7. AGUA APLICADA 0 mm. R4

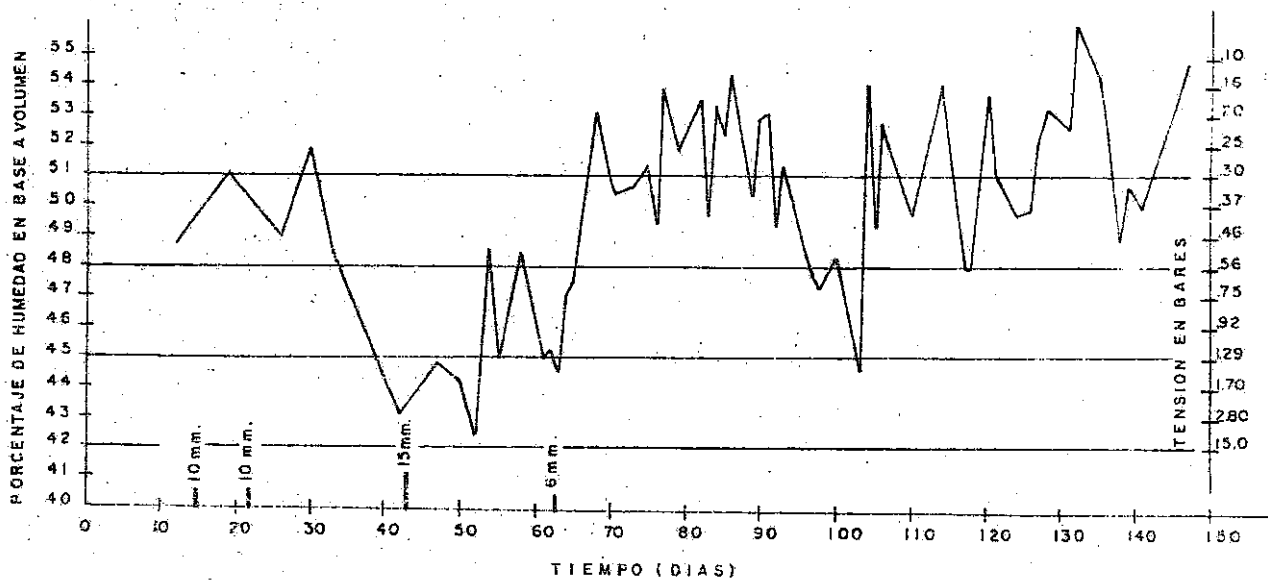


FIG. N.º 9A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N.º 8. AGUA APLICADA 41 mm. R1

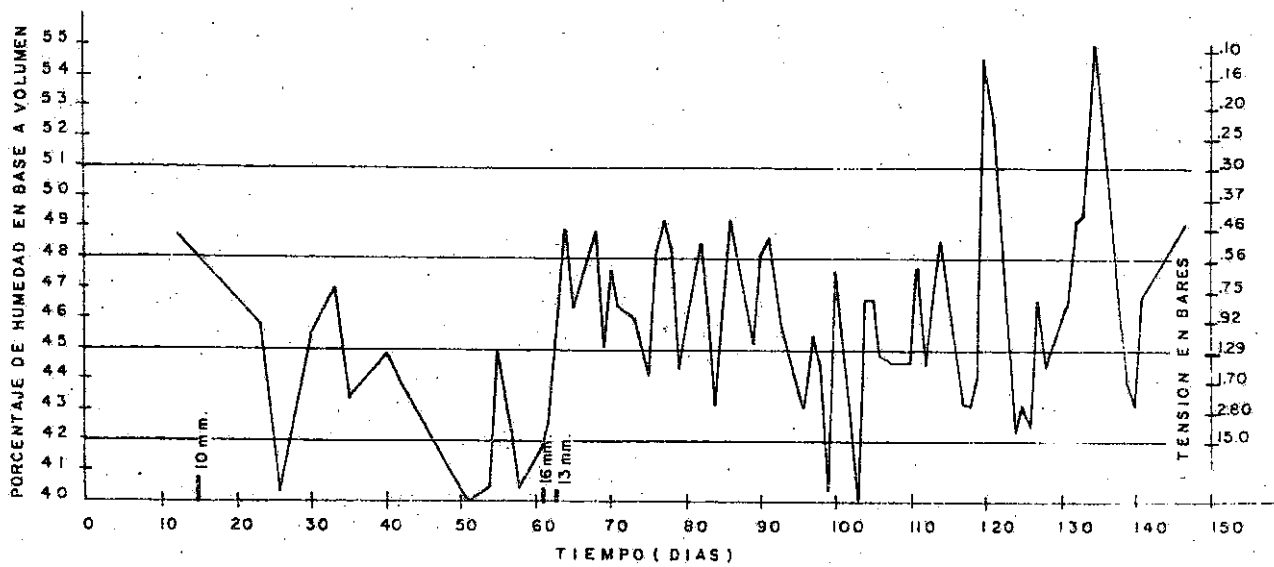


FIG. N.º 10.A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N.º 9. AGUA APLICADA 39 mm. R.3

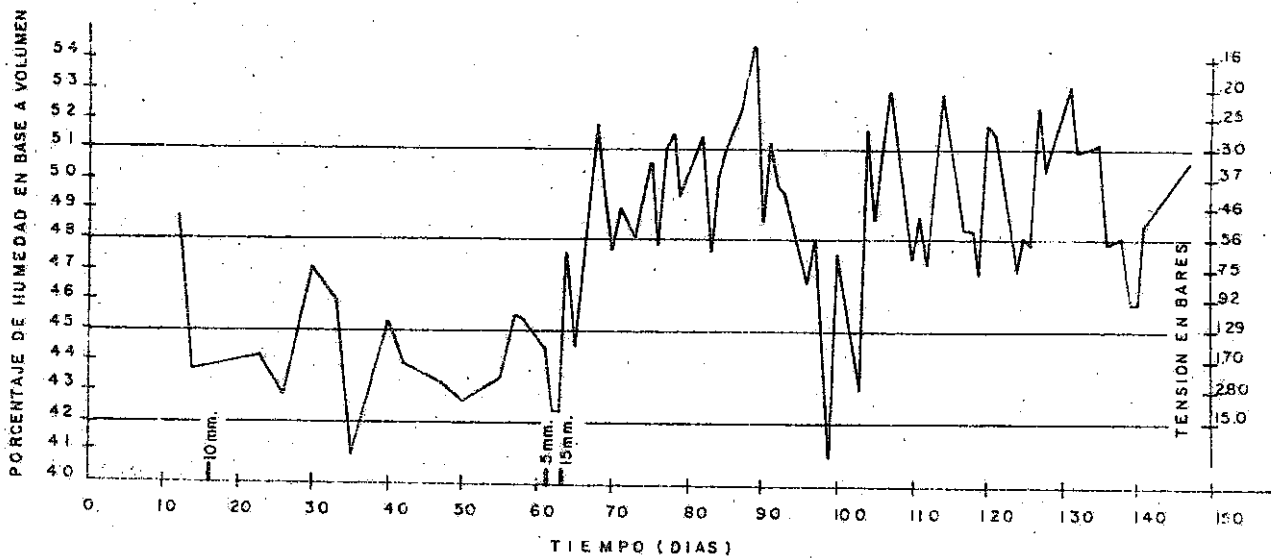


FIG. N.º 10.A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N.º 10. AGUA APLICADA 30 mm. R.2

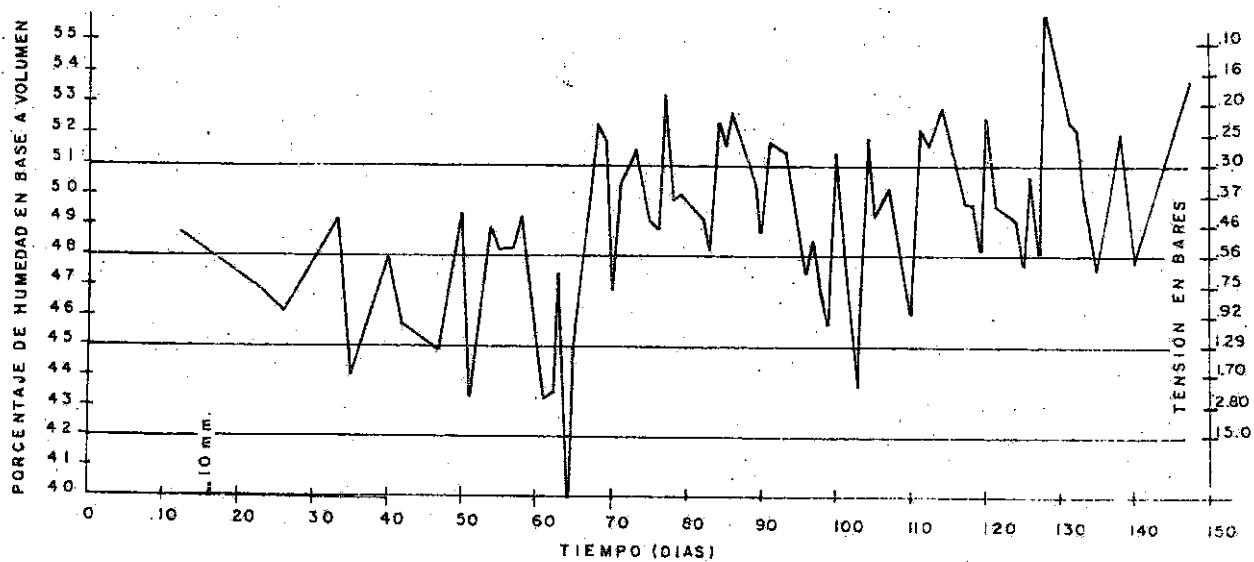


FIG. N.º 12 A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
 PARCELA N.º 11. AGUA APLICADA 10 mm. R 4

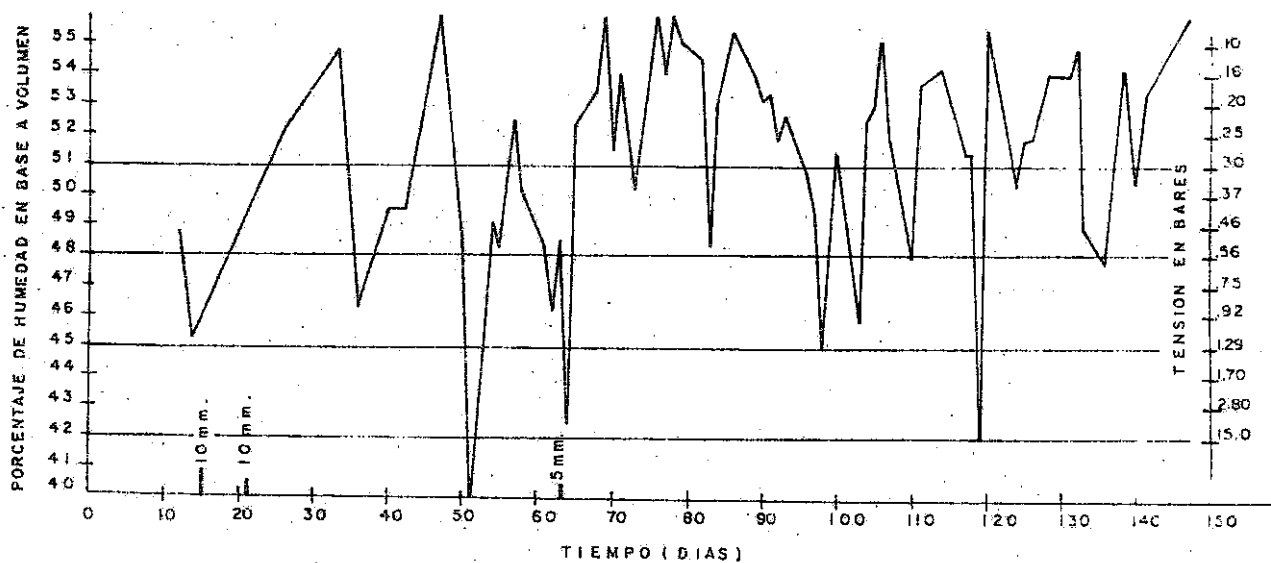


FIG. N.º 13 A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
 PARCELA N.º 12. AGUA APLICADA 25 mm. R 1

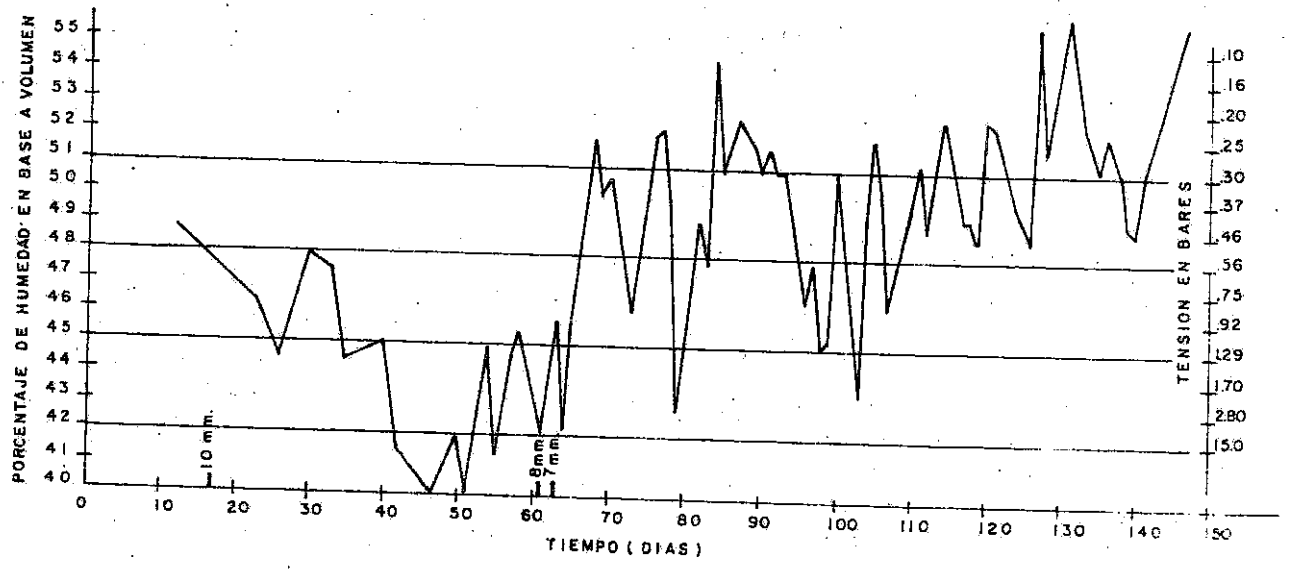


FIG. N° 14A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N° 13. AGUA APLICADA 25 mm. R 2

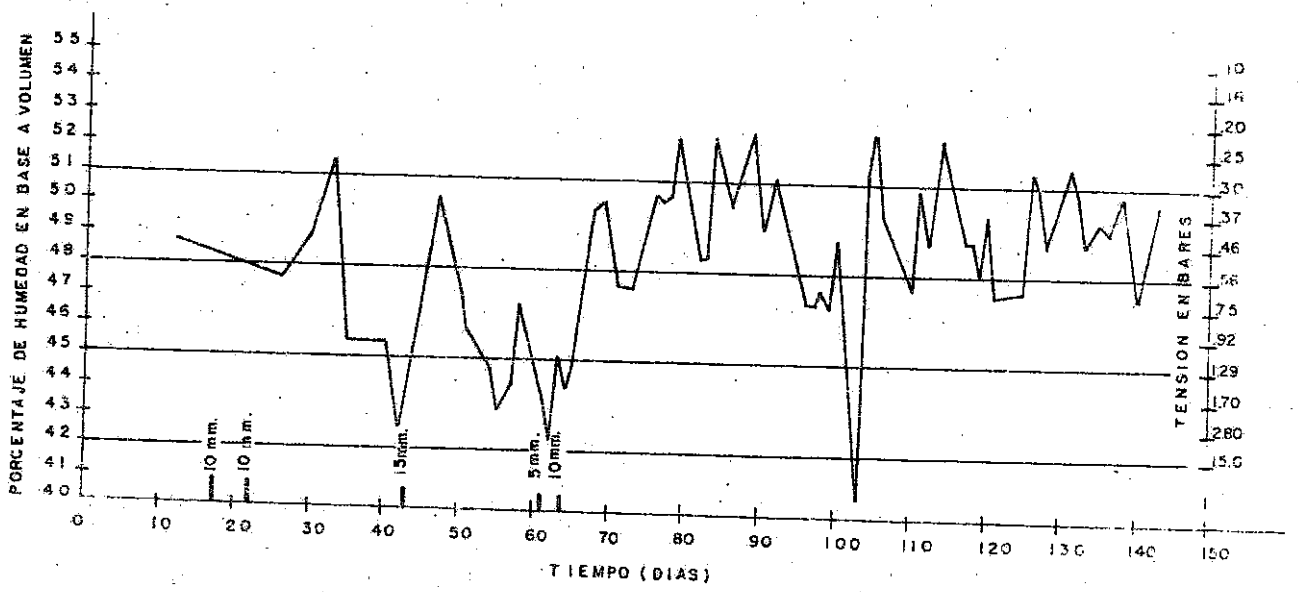


FIG. N° 15A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA N° 14. AGUA APLICADA 50 mm. R 1

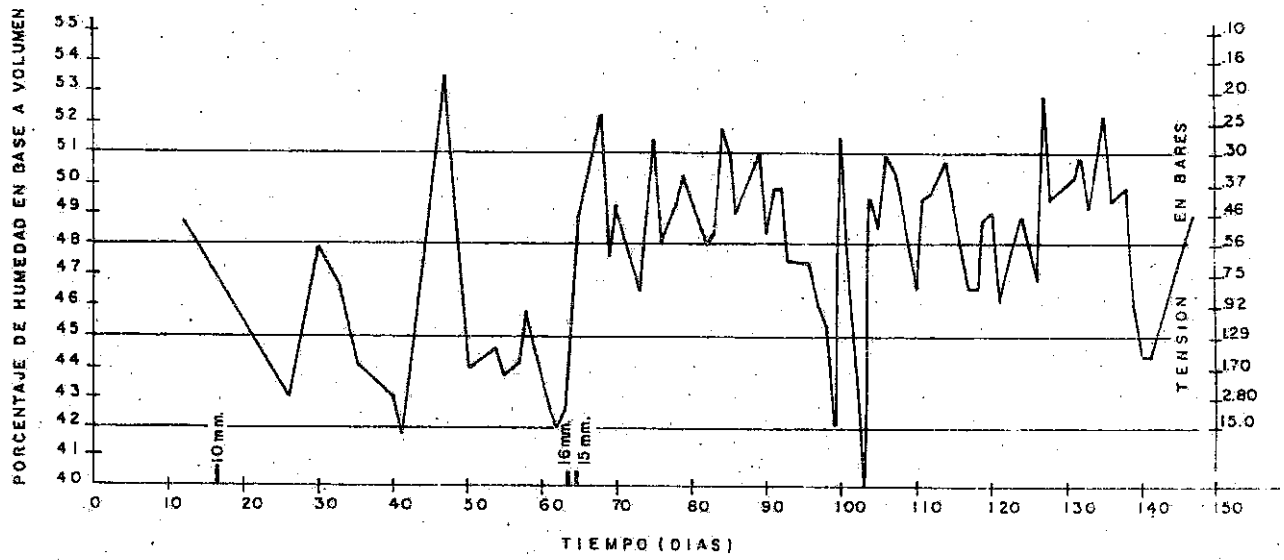


FIG. No. 16A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA No. 15. AGUA APLICADA 41 mm. R 3

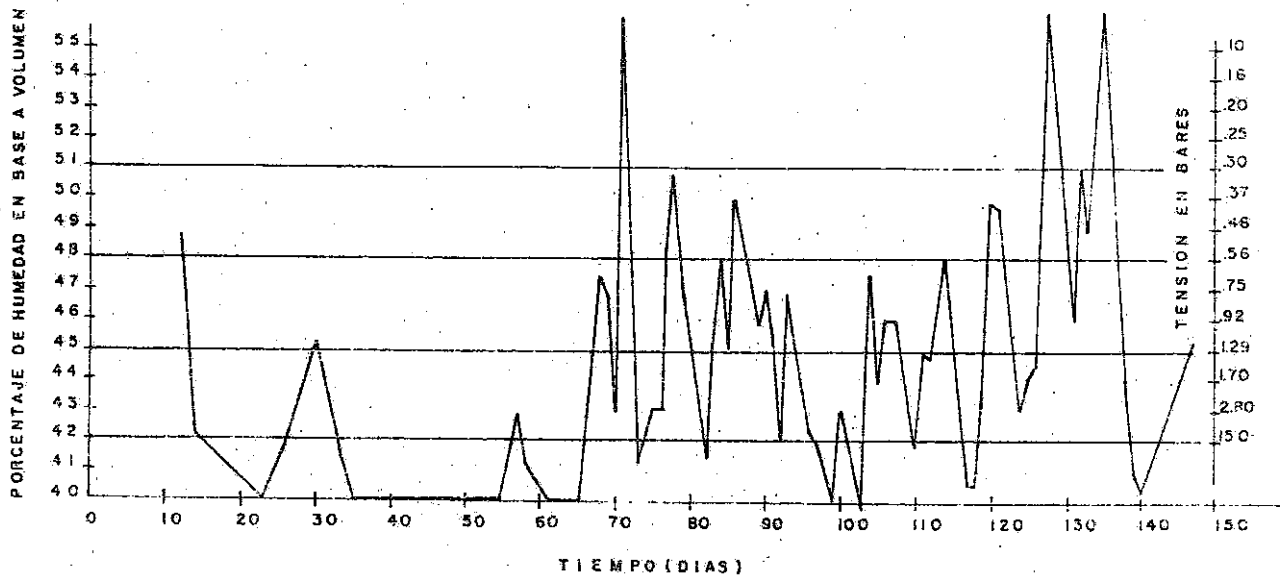


FIG. No. 17A - VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON RELACION AL TIEMPO.
PARCELA No. 16. AGUA APLICADA 0 mm. R 4

APENDICE B

Tabla 1B.- RESULTADOS DEL EXPERIMENTO
TIBAITATA, Agosto /78

Hum.	Nitro kg/ha	Riego mm	M.O. %	P ppm	K mg/kg	Rendimiento kg/ha	NG x E	PMIL g/m	Prot. %
R1	0	35	9,3	22,6	1,1	641,60	26,0	35,5	14,05
R1	0	25	9,3	15,7	1,0	1580,83	30,6	41,0	14,67
R1	0	10	10,3	19,4	1,1	1103,66	24,4	36,0	13,79
R1	0	20	9,6	23,6	1,1	1248,73	9,1	38,5	14,72
R1	15	35	9,3	22,6	1,1	838,30	27,5	38,5	13,86
R1	15	25	9,3	15,7	1,0	1198,50	22,7	40,0	14,21
R1	15	10	10,3	19,4	1,1	1644,77	31,7	42,0	13,72
R1	15	20	9,6	23,6	1,1	1101,77	20,4	38,0	14,01
R1	30	35	9,3	22,6	1,1	769,17	31,5	38,0	15,39
R1	30	25	9,3	15,7	1,0	1320,33	20,5	41,0	13,38
R1	30	10	10,3	19,4	1,1	1384,03	27,7	39,5	13,39
R1	30	20	9,6	23,6	1,1	1049,50	19,1	39,0	14,47
R1	45	35	9,3	22,6	1,1	955,20	36,1	38,5	13,74
R1	45	25	9,3	15,7	1,0	1418,10	28,8	38,5	14,01
R1	45	10	10,3	19,4	1,1	1369,27	19,3	37,2	13,12
R1	45	20	9,6	23,6	1,1	1299,60	23,7	38,5	14,07
R2	0	25	8,7	25,2	1,1	709,27	27,7	39,5	14,71
R2	0	10	10,3	35,3	1,2	863,20	30,7	35,5	14,69
R2	0	41	9,3	21,9	1,0	2147,87	27,8	40,0	14,64
R2	0	50	10,7	14,1	1,0	1653,20	24,6	42,0	14,47
R2	15	25	8,7	25,2	1,1	1380,43	18,3	37,5	14,80
R2	15	10	10,3	35,3	1,2	986,40	35,6	37,0	14,36
R2	15	41	9,3	21,9	1,0	1950,50	27,1	38,5	13,54
R2	15	50	10,7	14,1	1,0	1476,53	24,4	39,5	13,04
R2	30	25	8,7	25,2	1,1	1131,13	26,4	40,0	15,06
R2	30	10	10,3	35,3	1,2	996,70	37,4	37,0	14,45
R2	30	41	9,3	21,9	1,0	1852,03	34,4	43,0	14,84
R2	30	50	10,7	14,1	1,0	2198,37	24,6	40,0	12,89
R2	45	25	8,7	25,2	1,1	1207,30	30,4	41,5	14,30
R2	45	10	10,3	35,3	1,2	774,47	49,8	37,5	14,45
R2	45	41	9,3	21,9	1,0	2341,10	29,8	41,0	15,09
R2	45	50	10,7	14,1	1,0	1917,67	31,9	38,5	12,74

Tabla 1B- RESULTADOS DEL EXPERIMENTO
TIBAITATA, Agosto / 78

Hum %	Nitro Kg/ha	Riego mm	M. O. %	P ppm	K meg	Rendimiento Kg/ha	NG x E	PMIL gr	Prof %
R3	0	39	9,0	24,5	1,0	2610,20	20,40	40,5	15,01
R3	0	30	10,3	27,7	1,2	2232,10	33,80	40,5	13,71
R3	0	27	10,3	17,8	1,0	358,23	41,10	30,0	15,97
R3	0	41	10,3	24,0	1,2	2598,47	32,00	41,0	13,45
R3	15	39	9,0	24,5	1,0	1686,27	36,10	42,0	14,24
R3	15	30	10,3	27,7	1,2	2310,03	28,90	43,5	14,03
R3	15	27	10,3	17,8	1,0	1059,09	36,30	38,5	13,00
R3	15	41	10,3	24,0	1,2	2070,77	30,33	39,0	13,27
R3	30	39	9,0	24,5	1,0	1471,06	29,50	40,0	13,79
R3	30	30	10,3	27,7	1,2	2485,50	44,60	42,5	13,51
R3	30	27	10,3	17,8	1,0	1220,70	40,30	37,5	13,97
R3	30	41	10,3	24,0	1,2	1888,43	24,88	41,0	14,00
R3	45	39	9,0	24,5	1,0	3225,23	22,40	43,5	13,93
R3	45	30	10,3	27,7	1,2	1745,53	34,50	42,0	14,01
R3	45	27	10,3	17,8	1,0	444,20	47,30	30,0	13,87
R3	45	41	10,3	24,0	1,2	3034,93	24,30	42,5	13,78
R4	0	0	10,3	11,5	1,0	405,00	32,40	30,0	15,22
R4	0	0	10,3	30,3	1,4	1436,67	39,50	42,0	13,83
R4	0	10	9,7	22,6	1,2	1439,73	28,40	39,0	12,97
R4	0	0	8,4	13,2	0,9	1258,60	24,00	40,5	15,72
R4	15	0	10,3	11,5	1,0	482,10	26,00	34,5	15,22
R4	15	0	10,3	30,3	1,4	1328,33	29,80	40,5	13,37
R4	15	10	9,7	22,6	1,2	1338,43	33,90	42,0	13,08
R4	15	0	8,4	13,2	0,9	1397,93	26,10	40,0	16,19
R4	30	0	10,3	11,5	1,0	731,63	44,80	35,5	14,45
R4	30	0	10,3	30,3	1,4	1373,33	34,30	43,0	13,48
R4	30	10	9,7	22,6	1,2	1596,80	35,00	40,0	13,10
R4	30	0	8,4	13,2	0,9	1178,66	25,30	38,0	15,55
R4	45	0	10,3	11,5	1,0	411,97	38,80	31,5	16,79
R4	45	0	10,3	30,3	1,4	2000,60	29,90	42,5	13,27
R4	45	10	9,7	22,6	1,2	1698,83	30,60	40,0	13,03
R4	45	0	8,4	13,2	0,9	819,43	22,60	37,5	15,17

$$NGXE = 5,52 - 1,26 MO - 0,15P + 32,73 K + 0,08R + 0,002 F \text{ (IV)}$$

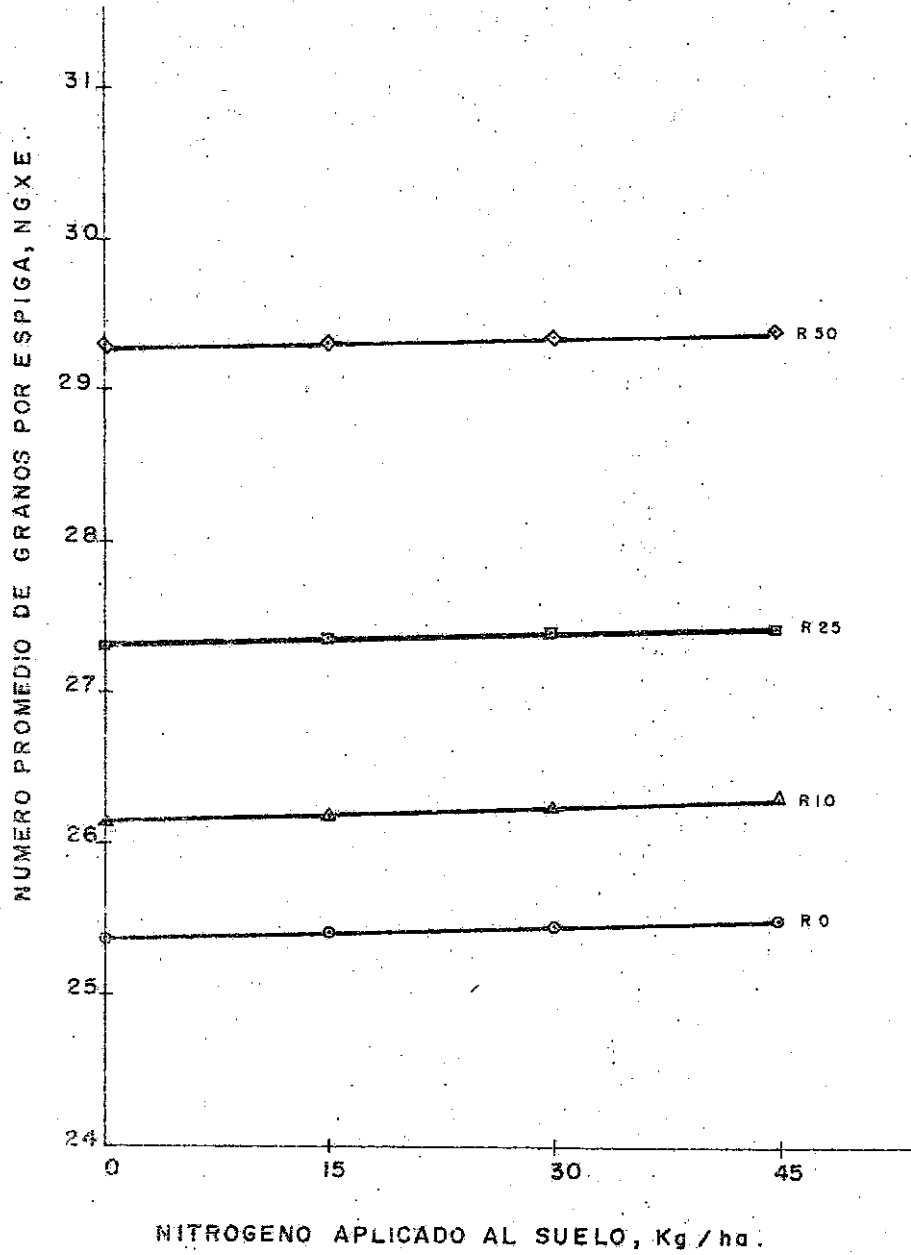


FIG. N.º 18 - VARIACION DEL NUMERO PROMEDIO DE GRANOS POR ESPIGA CON RELACION AL NITROGENO APLICADO PARA DIFERENTES RIEGOS.

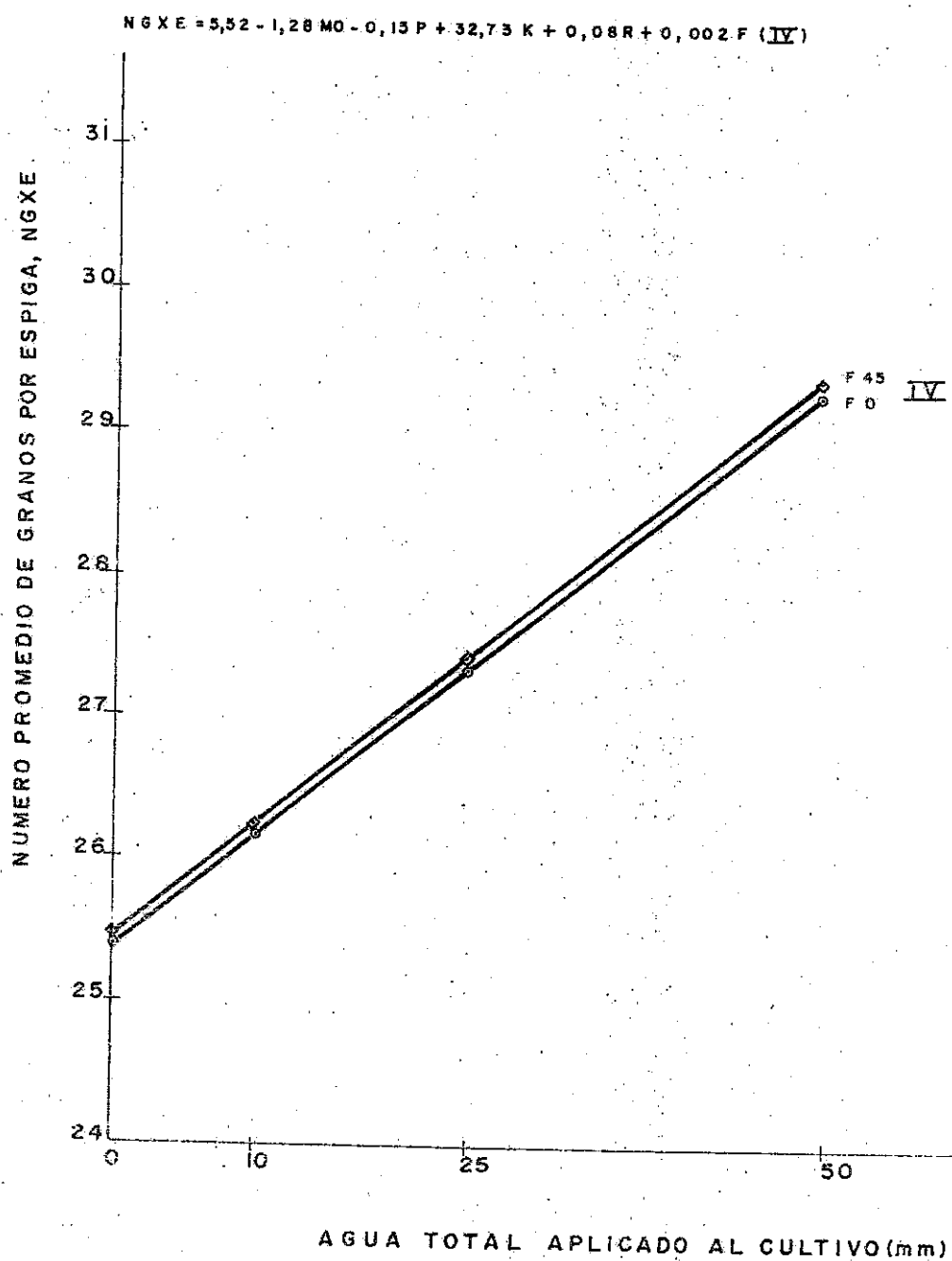


FIG. No 2B - VARIACION DEL NUMERO PROMEDIO DE GRANOS POR ESPIGA CON RELACION AL AGUA APLICADA Y DOSIS DE FERTILIZACION.