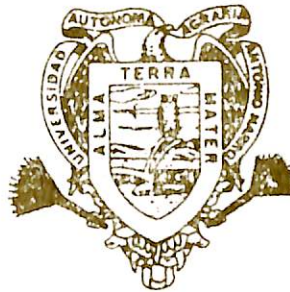


Universidad Autónoma Agraria
“ ANTONIO NARRO ”

PROGRAMA DE GRADUADOS



UNA FUNCION DE PRODUCCION PARA EL CULTIVO DE MAIZ
(*Zea Mays* L.) EN BASE A LA VARIACION DE HUMEDAD
DEL SUELO EN DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS

TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS

ARMANDO MORENO RUBIO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

1984

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

UNA FUNCION DE PRODUCCION PARA EL CULTIVO DE MAIZ
(Zea mayz L) EN BASE A LA VARIACION DE HUMEDAD
DEL SUELO EN DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS

ARMANDO MORENO RUBIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD SUELOS E IRRIGACION

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

1984

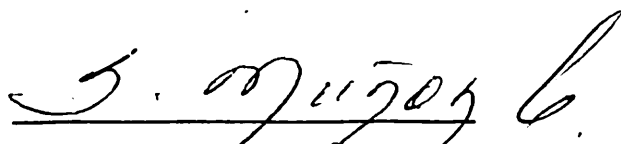
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

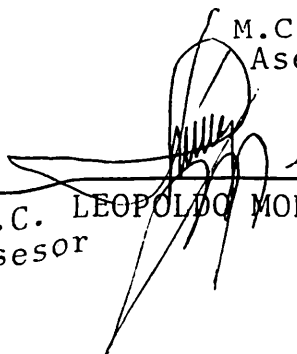
PROGRAMA DE GRADUADOS

UNA FUNCION DE PRODUCCION PARA EL CULTIVO DE MAIZ
(Zea mayz L.) EN BASE A LA VARIACION DE HUMEDAD
DEL SUELO EN DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS

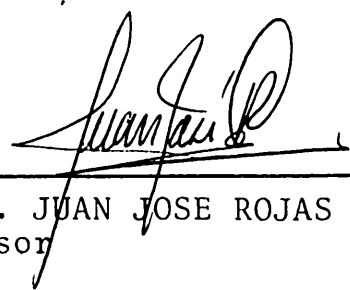
APROBADA POR:



M.C. SALVADOR MUÑOZ C.
Asesor Principal



M.C. LEOPOLDO MORENO DIAZ
Asesor



M.C. JUAN JOSE ROJAS R.
Asesor



DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL
Subdirector de Postgrado

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

1984

AGRADECIMIENTO

AL Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR) por las facilidades proporcionadas para la realización de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) por las facilidades proporcionadas para su impresión.

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad de obtener un grado mas en mi preparación.

A la Sra. Ma. Teresa Medina de Cisneros a cuyo cargo estuvo el trabajo mecanográfico de esta tesis.

D E D I C A T O R I A

Con amor y respeto, para mis padres

Emilio Moreno Gallegos

Petra Rubio de Moreno

Para mi esposa, con todo mi cariño

Velia Hernández de Moreno

A mis hijos, que son mi más grande amor

Armando Noé

Oziel Omar

Eden Emilio

Mónica Alejandra

A mi Pueblo Ejido La Pinta

Por el inquebrantable espíritu de
progreso de sus habitantes.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
REVISION DE LITERATURA	4
EL CULTIVO Y SU RELACION CON EL AGUA	4
CONCEPTOS ESTADISTICOS Y MATEMATICOS PARA LA UTILIZACION DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCION	14
MATERIALES Y METODOS	23
LOCALIZACION DEL LUGAR	23
CLIMA DEL LUGAR	23
TEMPERATURA	24
PRECIPITACION	24
HUMEDAD RELATIVA	25
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL	25
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUELO	25
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS	28

CULTIVO	28
PREPARACION DEL TERRENO	28
FECHA DE SIEMBRA	28
FERTILIZACION	28
DESHIERBES Y APORQUES	29
PLAGAS Y ENFERMEDADES	29
METODOLOGIA UTILIZADA	29
DISEÑO ESTADISTICO	30
DISEÑO EXPERIMENTAL Y DE TRATAMIENTOS	30
FACTORES Y NIVELES EN ESTUDIO	30
ETAPAS FENOLOGICAS	31
PARCELA EXPERIMENTAL Y PARCELA UTIL	33
DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS	34
MUESTREO GRAVIMETRICO	34
RESULTADOS Y DISCUSION	38
FECHA DE COSECHA	38
PRODUCCION	38
PROCESAMIENTO DE DATOS	39

RENDIMIENTO DE GRANO TON/HA	39
ANALISIS DE VARIANZA	39
ANALISIS FISIOLÓGICOS	41
FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	41
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO LOCAL	43
RENDIMIENTO EN GRANO TON/MM ³	48
ANALISIS DE VARIANZA	48
OBTENCIÓN DEL MODELO	49
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO LOCAL	50
INGRESO NETO	52
ANALISIS ECONÓMICO	54
COSTOS DEL CULTIVO	54
MODELO DE REGRESIÓN	54
OBTENCIÓN DEL MÁXIMO LOCAL	55
OTROS MODELOS OBTENIDOS	58
RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE GRANO TON/HA	58
RENDIMIENTO FORRAJE VERDE TON/MM ³	58
MODELO PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE TON/MM ³	63
NÚMERO DE MAZORCAS/HA	63
MODELO PARA PRODUCCIÓN DE MAZORCAS/HA	63

MODELO PARA PRODUCCION DE FORRAJE SECO TON/MM ³	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFIA	75
APENDICE	78

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Datos climáticos registrados durante el experimento	24
2	Características físicas del suelo	26
3	Características químicas del suelo	27
4	Características químicas del agua de riego	27
5	Número de riegos para las dos etapas fenológicas para los diferentes tratamientos	30
6	Cuadro descriptivo	31
7	Programación de los riegos en base a la evaporación	33
8	Calibración de sifones de aluminio de 1 3/8" Ø	36
9	Relación entre el tamaño de muestra y el error asociado a un nivel de probabilidad del 5%	37
10	Rendimiento de grano al 14% de humedad ton/ha por tratamiento, repetición y promedios	40
11	Análisis de varianza combinado para grano ton/ha	43
12	Comparación de medias grano ton/ha	45
13	Programas de riego obtenidos	46
14	Rendimiento grano ton/Mm ³	49
15	Comparación de medias rendimiento grano ton/Mm ³	51
16	Anva para grano ton/Mm ³	52
17	Ingreso neto miles de pesos/ha	56
18	Anva para ingreso neto	58
19	Comparación de medias ingreso neto	60

Cuadro		Pag.
20	Anva combinado para forraje verde ton/Mm ³	61
21	Comparación de medias forraje verde ton/Mm ³	62
22	Anva combinado para número de mazorca/ha .	65
23	Comparación de medias número de mazorca/ha.	66

INDICE DE FIGURAS

Cuadro		Pag.
1	Tratamientos mastrados en el primer <u>cuadrante</u> para un arreglo cuadrado doble - (Rojas), donde los tratamientos del 1 al 13, están representados por sus <u>coordenadas</u>	32
2	Distribución de los tratamientos en el campo	35
3	Superficie de respuesta grano ton/ha . .	44
4	Superficie de respuesta grano ton/Mm ³ ..	53
5	Superficie de respuesta beneficio neto .	57
6	Rendimiento forraje verde ton/Mm ³	59
7	Número de mazorca/ha	64

APENDICE

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Anva para la variable ton/ha	79
2	Anva para la variable ton/Mm ³	79
3	Modelos cuadráticos obtenidos, selecciona <u>dos</u> para la variable dependiente rendimien <u>to</u> grano ton/ha	80
4	Modelos cuadráticos obtenidos, selecciona <u>dos</u> para la variable dependiente rendimien <u>to</u> grano ton/Mm ³	81
5	Rendimiento forraje verde	82
6	Rendimiento forraje seco	82

APENDICE

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Rendimiento en mazorca (ton/Mm ³)	83
2	Número de mazorca/Mm ³	84
3	Rendimiento de forraje seco (ton/Mm ³)	85
4	Curva de retención de humedad profunda 0-30	86

RESUMEN

La falta de alimentos para el pueblo de México es un problema al que hay que buscarle solución en la que intervengan todos los factores que inciden sobre la producción agrícola para así poder hacer un mejor uso de los recursos con que se cuenta.

El maíz es el cultivo principal en la alimentación del pueblo de México y en el que no sé es autosuficiente. En 1981 en la Región Lagunera se sembraron 30,131 ha. de este cultivo, con una producción media de 3,000 toneladas por hectárea, la cual es baja comparada con rendimientos encontrados en otras regiones del País.

Uno de los factores que inciden marcadamente en la producción agrícola es el agua, ya que la carencia o abundancia de ella provoca bajos rendimientos en la cosecha de los cultivos. En la Región Lagunera, la limitante principal para el desarrollo agrícola es el agua. Por tal razón, los estudios que se realicen deben ir encaminados a hacer un mejor

uso de este recurso.

Por tales motivos en el Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR) en el ciclo agrícola primavera-verano se planteó un experimento en maíz de grano con los siguientes objetivos:

1. Encontrar una función de producción en base a la disponibilidad de humedad en diferentes etapas fenológicas del cultivo.
2. Determinar un calendario de riego recomendable en días.

Los factores en estudio fueron número de riegos y etapas fenológicas, las etapas fenológicas en las que fué dividido el cultivo fueron de siembra a inicio de floración y de ésta a maduración, el número de riegos programado para la primera etapa fué 1, 2, 3, 4 y 5, para la segunda etapa 0, 1, 2, 3 y 4, el diseño experimental utilizado fué en bloques al azar con un arreglo de tratamientos de cuadrado doble.

Se analizaron los resultados del experimento utilizando el método de regresión correspondiente al diseño de tratamientos cuadrado doble, o sea un polinomio completo de segundo grado para dos variables, obteniéndose el modelo siguiente:

$$Y = 3.6728771 + .20867126 R_1 + .22943216 R_2$$

* ** *

Donde: Y = rendimiento en grano, ton/ha.

R_1 = número de riegos en la primera etapa

R_2 = número de riegos en la segunda etapa

* Significativo con $\alpha = 0.00$

** Significativo con $\alpha = 0.16$

De los tratamientos estudiados en el campo los mejores rendimientos que se obtuvieron fueron: 9.231, 8.561, 7.700 y 7.689 ton/ha. Estos tratamientos resultaron estadísticamente iguales a un $\alpha = 0.05\%$.

La determinación de un calendario de riego recomendable en días que puede ser operable bajo las condiciones de infraestructura con que cuenta el Distrito de Riego No. 017, el cual corresponde al tratamiento de dos riegos en la primera etapa y tres riegos en la segunda, se presenta a continuación:

RIEGO No.	INTERVALO DE RIEGO días	LAMINA DE RIEGO cm
1	0	10
2	43	11
3	20	14
4	11	11
5	23	12

El calendario de riego para el mejor tratamiento (3-4) de la variable grano ton/ha se presenta a continuación:

RIEGO No.	INTERVALO DE RIEGO días	LAMINA DE RIEGO cm
1	0	10
2	36	8
3	17	12
4	10	10
5	6	8
6	13	14
7	15	13

Con relación a la función de producción que maximise ingreso neto, fue la siguiente:

$$Y = 13889.624 + 1270.4242 R_1 + 1312.4099 R_1 R_2$$

* ** *

Donde: Y = ingreso neto miles de pesos /ha

R_1 = número de riegos en la primera etapa

R_2 = número de riegos en la segunda etapa

* significativo con $\alpha = 0.00$

** significativo con $\alpha = 0.18$

$$R_2 = 0.41$$

Esta función de producción determina que el mejor tratamiento es el 5-4 el cual arroja un ingreso neto de \$ 46,490.19.

Otro modelo probado fué el Coob-Douglas corrido con la variable independiente humedad aprovechable y las variables dependientes rendimiento grano ton/ha e ingreso neto.

Para la variable rendimiento grano ton/ha se presenta a continuación:

$$Y = 8.29 H_1^{.0028442804} H_2^{.0017836868}$$

Con una significancia igual a 0.00 para las dos variables y una $R^2 = 0.51$

Donde: Y = rendimiento grano ton/ha

H_1 = humedad aprovechable en la primera etapa

H_2 = humedad aprovechable en la segunda etapa

Para la variable ingreso neto el modelo fue el siguiente:

$$IN = 32.32 H_1^{0.43571064E-12} H_2^{.0025600054}$$

Todas las variables con un $\alpha = 0.00$ y una $R^2 = 0.45$

Donde: IN = ingreso neto

H_1 = humedad aprovechable en la primera etapa

H_2 = humedad aprovechable en la segunda etapa

INTRODUCCION

La necesidad de producir granos para subsanar el déficit tan grande que existe en nuestro país es inmediata. Para ello se necesitan técnicas que permitan hacer un mejor uso de los recursos disponibles con que se cuenta.

Uno de los cultivos en el cual nuestro país tiene una producción deficitaria y que es la base de la alimentación del pueblo, es el maíz, el cual se calcula cubre alrededor del 15% del área total cultivable, aún cuando la superficie dedicada a este cultivo es ocho veces mayor que la que se destina al cultivo del trigo y hay cuarenta veces más productores de maíz que de trigo.

Respecto a la población mundial por especies cultivadas, el maíz ocupa el tercer lugar, con una superficie total de 105,142,000 hectáreas y un rendimiento total de 214,700,000 toneladas de maíz de grano.

La Región Lagunera es una zona agrícola donde la limi-

tante principal para un desarrollo más amplio es el agua, ya que del total de la superficie se tienen 170,000 hectáreas de labor agrícola, 75,900 no laborables y 1462 de uso urbano, cultivándose en promedio 10,000 hectáreas con agua subterránea y 100,000 ha. con agua superficial.

Por todo lo anteriormente expuesto, se entiende que se deba trabajar en programas que tiendan a hacer un mejor uso del recurso agua que permita aumentar la producción y/o productividad.

A manera de antecedente debe recalcar que en el CENAMAR, cuya función es de investigar sobre el mejor uso del recurso agua, ha realizado en maíz, previo a este trabajo, dos experimentos anteriores los cuales fueron planeados en base a control de humedad mediante niveles críticos prefijados. Sin embargo, debido a que requiere mucha mano de obra en su operativa (muestreo intensivo) se planea este trabajo con un control más simple.

Por tal razón, siguiendo el programa de investigación en maíz, se planteó este experimento.

OBJETIVOS

1. Encontrar la función de producción del uso de agua por el cultivo.
2. Encontrar un programa operable de riegos.

HIPOTESIS

1. El número de riegos total aplicado al cultivo de maíz durante su ciclo vegetativo es un factor determinante en la producción total de grano de dicho cultivo.
2. El número parcial de riegos aplicados en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo es determinante en el rendimiento del cultivo.
3. La utilización de la evaporación acumulada para ubicar el número de riegos en cada etapa fenológica del cultivo es un buen parámetro para determinar el calendario de riegos.
4. Se puede encontrar la función de producción en maíz con número de riegos y etapas fenológicas del cultivo.

REVISION DE LITERATURA

Clasificación toxonómica

reino	vegetal
división	tracheophyta
Subdivisión	pteropsidae
clase	angiospermae
subclase	monocotyledoneae
grupo	glumiflora
orden	graminales
familia	gramineae
tribu	maydeae
género	zea
especie	mayz

EL CULTIVO Y SU RELACION CON EL AGUA

Aldrich (1974), menciona que aunque parezca sorprendente, los investigadores demuestran que la cantidad de agua utilizada por un cultivo de alto rendimiento es baja; el maíz re-

quiere de cerca de 750 litros de agua/kg. de grano producido.

Rendimientos obtenidos en 33 experimentos de riego realizados en Nebraska, muestran que el maíz fertilizado 90 a 180 kg. de N/ha., 10 a 14.5 kg. de P, (27 a 34 kg. de P_2O_3) y zinc cuando es necesario, reportan un rendimiento promedio de 2,400 kg/ha., con un consumo adicional de 2.5 cm. de agua. El maíz fertilizado registró de 43% más de eficiencia en el uso del agua comparado al sin fertilizar.

C.B. Tanner de la Universidad de Wisconsin, reportado por Aldrich (1974) afirma que la evapotranspiración (evaporación del suelo más transpiración de las hojas) de un cultivo con una cobertura foliar del 50%, permanece prácticamente igual cuando se aplica fertilizante, aunque por ello aumente el rendimiento del cultivo.

El maíz fertilizado no solo utiliza más eficientemente el agua sino que también absorbe mayor cantidad debido a:

- a) Desarrollo de raíces más profundas si existen reservas de agua en el subsuelo.
- b) Una capacidad ligeramente mayor de las raíces para extraer el agua de los poros pequeños y de las delgadas películas de agua que rodean a las partículas del suelo.

Sin embargo, si el subsuelo no ha sido recargado de humedad durante el otoño, invierno y primavera, las raíces

especialmente profundas, carecen de utilidad. Esto fué demostrado por investigaciones realizadas en Missouri y reportadas por Aldrich (1974), en las que la alta fertilidad incrementó el rendimiento del maíz en 3,800 kg/ha durante el primero de dos años de sequía; en el segundo ya consumida la humedad del subsuelo, la alta fertilidad tuvo un efecto mucho menor.

Moreno (1979), en un trabajo realizado en el Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR), reporta en un experimento de maíz para grano con tensiones de humedad del suelo al momento del riego y etapas fenológicas, producciones hasta de 9.470 toneladas por hectárea en riego superficial, obtenidas con una lámina de riego de 101 cm. repartido en 9 riegos, datos un poco diferentes si se comparan con lo obtenido en promedio por el Distrito de Riego No. 017, que es de cuatro riegos, con una lámina total de 72 cm. reportando una producción promedio de 2.670 toneladas por hectárea.

Moreno (1980), trabajando con maíz en diferentes etapas fenológicas y tensiones de humedad del suelo al momento del riego, encontró rendimientos hasta de 8.481 toneladas por hectárea, pero el número de riegos y la lámina total aplicada fueron de 10 y 121 cm. respectivamente, que también son bastante elevados.

El menor número de riegos aplicados fue de seis y la menor lámina total aplicada fué de 82 cm. con una producción de 6.984 toneladas por hectárea. El número de riegos y la lá-

mina de riego total aplicada son ligeramente superiores a los del Distrito de Riego No. 017, pero el rendimiento 6.984 toneladas por hectárea corresponde a 2.6 veces la producción media de dicho Distrito.

Según Kramer (1969), la tensión hídrica en las plantas se debe ya sea a una pérdida excesiva o a una inadecuada absorción de agua ó a ambas. La pérdida de agua por transpiración es la causa fundamental de los déficits hídricos temporales de mediodía. Sin embargo, la absorción reducida provocada por una disponibilidad menguante de agua del suelo es la causa de los prolongados y graves períodos de tensión hídrica que causan las más grandes reducciones de crecimiento de las plantas.

Fleming (1966), considera que en un día cualquiera la planta de maíz estará tensionada siempre que la tasa de transpiración real (E_a) descienda abajo de la tasa de transpiración potencial (E_t).

Una provisión adecuada de potasio resulta especialmente importante para que las plantas utilicen eficientemente el agua.

El potasio ayuda a mantener casi cerrados los estomas a través de los cuales se pierde el agua por transpiración.

Palacios (1977), menciona que el intervalo entre dos riegos depende de cuatro factores:

- El uso consuntivo.
- La capacidad de retención de agua en el suelo.
- La profundidad radical.
- La necesidad de mantener un alto contenido de agua en el suelo durante ciertos períodos críticos del ciclo vegetativo.

Volodarskij y Sinevic (1960), reportados por Salter (1967), realizaron experimentos e indican que un período de sequía en la primera etapa vegetativa, que comprende desde la germinación hasta la formación de la séptima hoja, solo reduce el rendimiento en materia seca, pero el rendimiento en grano no se reduce, e incluso se nota un ligero incremento si en la etapa siguiente el cultivo no tiene ningún déficit hídrico.

En el ciclo primavera-verano 1973-1974, en el Distrito de Riego No. 53 en el estado de Colima se realizó un experimento en maíz para grano, probándose tres niveles de humedad aprovechable al momento del riego (10, 25 y 40%), reportándose que este cultivo produjo mejor cuando se mantuvo un mínimo de humedad en el suelo, equivalente al 40% de la humedad aprovechable del mismo.

El mayor rendimiento por millar de metros cúbicos de agua aplicados en parcela, correspondió también al nivel de humedad aprovechable del 40% y fué de 1.341 toneladas por millar de m³.

Flinn (1970), reportó que bajo condiciones de campo de alta intensidad de luz, la tensión hídrica probablemente afecte los procesos de la planta en el siguiente orden decreciente de sensibilidad: Fotosíntesis, acumulación de materia seca, división celular y finalmente transpiración. Como estos procesos se reducen gradualmente y eventualmente cesan, entonces el crecimiento de las plantas podría disminuir y eventualmente cesar en forma completa.

Denmead y Shaw (1960), mostraron que un mismo nivel de deficiencia de humedad del suelo en diferentes estados de desarrollo del maíz tendrían efectos completamente distintos sobre el rendimiento. El efecto del déficit de humedad durante la floración resultaría en una reducción más severa en rendimiento (50%) que la reducción producida por el mismo déficit de humedad en una etapa más temprana (25%) o en una etapa más tardía (21%) del ciclo estacional.

Flinn y Musgrave (1967), señalan que los cambios en la tensión hídrica durante diferentes etapas de crecimiento producen cambios en el rendimiento de los cultivos, sobre todo si éste se mide como grano y no como materia verde de la planta.

Hanway (1963), trabajando en Iowa realizó un estudio donde describe diez diferentes estados de crecimiento del maíz. El intervalo de tiempo transcurrido desde que la planta emerge (0) al estado de sedación (5) es variable. La duración entre cada uno de estos estados intermedios hasta el estado de seda-

ción difiere para los distintos híbridos y condiciones ambientales. Cada uno de los estados anteriores a la sedación está estrechamente asociado con el número de hojas que están visibles y por lo tanto pueden ser realmente identificados. El período desde el estado de sedación al estado de maduración fisiológica parece ser relativamente constante para los diferentes híbridos y diferentes condiciones ambientales.

Barnes y Wooley (1969), realizaron un experimento en el cual consideran el ciclo vegetativo del maíz dividido en tres estados de crecimiento bien marcados: germinación hasta la inflorescencia; inicio de la polinización; formación y llenado del grano.

Denmead y Shaw (1960), trabajando en la irrigación de maíz con un deficiente suministro de agua consideran cinco estados de crecimiento en el ciclo vegetativo del maíz: Emergencia y establecimiento; Período vegetativo; Período de polinización; Período de llenado del grano; Maduración. Stewart et. al. (1975), en sus experimentos utilizan los mismos cinco estados de crecimiento del ciclo vegetativo del maíz. Sin embargo, expresan que al aumentar el número de estados de crecimiento, involucran problemas prácticos de identificación en el campo, además que se eleva el número de tratamientos a considerar.

Robins y Domingo (1953), reportado por De Leon (1981), consideran que durante las etapas de crecimiento vegetativo,

el maíz es relativamente tolerante a la sequía, es decir, que si la sequía no es muy severa en estas etapas, cuando cesa, la planta se recupera sin una merma considerable en su producción. Sin embargo, desde la iniciación de la espiga hasta la polinización y fertilización del óvulo, el maíz es muy sensible a la sequía. Reportan que condiciones de marchitamiento con duración de uno o dos días durante el período de polinización redujeron el rendimiento en un 22%, y que condiciones de marchitamiento durante seis a ocho días durante la polinización redujeron el rendimiento en 50%.

Barnes y Woolley (1969), utilizando un mismo déficit de humedad en tres diferentes estaciones de crecimiento, concluyeron que el rendimiento se redujo en los tres estados estudiados, siendo más drástica la reducción cuando el déficit hídrico se impuso durante la formación del polen, en segundo orden durante la formación del grano y en menor grado durante el estado anterior a la inflorescencia.

Muñoz (1975), reporta el grado de sensibilidad de cinco etapas del maíz a la sequía en el siguiente orden: Formación de la espiga al término de la floración (3), Inicio de la Formación del grano al estado lechoso del grano (4), De la séptima hoja a la formación de la espiga (2), Del estado lechoso del grano a la maduración total (5) y Germinación a la aparición de la séptima hoja (1).

Palacios (1977), ha obtenido variaciones en los rendi-

mientos del cultivo, debido a cambios en el regimen de humedad del suelo, encontrando que hay un cierto nivel de humedad óptima, en determinada etapa de desarrollo del cultivo, que produce un rendimiento máximo.

Hernández (1957), en su investigación obtuvo que el tratamiento regado cuando es abatido el 75% de la humedad aprovechable del suelo, produjo un rendimiento inferior al de los tratamientos regados cuando se alcanza el 40, 25 y 20% de abatimiento de la humedad aprovechable respectivamente.

Laird y Lizarraga (1959), en base a observaciones experimentales de campo, llegaron a la conclusión de que para el maíz, la humedad aprovechable puede reducirse hasta cero durante las tres últimas semanas de su ciclo sin bajar el rendimiento.

Hernández (1976), trabajando en Buenavista, investigó cuatro diferentes niveles de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo, 20, 40, 60, 80%. Obteniéndose un rendimiento máximo de 7,000 kg/ha. y los rendimientos próximos al máximo se obtuvo cuando el abatimiento de la humedad aprovechable es menos de 40% y se verificó un descenso en los rendimientos hasta un mínimo de 3,250 kg/ha. con un abatimiento de la humedad aprovechable de 80%.

Hagan et. al (1959), reportan las expresiones de muchos autores y afirman que la disponibilidad decreciente del agua en el suelo afecta el crecimiento antes que se produzca el punto de marchitez permanente.

Flinn y Musgrave (1967), sostienen que la regla de decisión es irrigar cuando el nivel de humedad del suelo en la zona activa de raíces alcance un 45% de humedad aprovechable.

Rubio (1976), en la Comarca Lagunera, estudiando el comportamiento del maíz de grano respecto al calendario de riegos del algodnero probando diferentes fechas de siembra y prácticas culturales para conservar la humedad, indicó que entre menos tiempo pase de la siembra al primer riego de auxilio se incrementa la producción de forraje seco, aunque disminuya la producción de grano.

Investigaciones realizadas en 1950 en la estación experimental Scott Bluff reportado por la S.R.H. (1955), demuestran la importancia de mantener un alto grado de humedad en el suelo durante ciertas fases de desarrollo de la planta del maíz. La época en que al parecer necesita mayor cantidad de agua la planta es el período comprendido desde los días que preceden a la formación de las espigas hasta la aparición de los jilotes. Con tres riegos durante ese período crítico sólo se obtuvieron cinco hectolitros menos de maíz/ha que cuando se mantuvo un alto nivel de humedad en el suelo durante todo el ciclo vegetativo. En otros estudios realizados obtuvieron los máximos rendimientos cuando se mantuvo un alto grado de humedad en el suelo durante todo el ciclo vegetativo mediante la aplicación de seis riegos. En general, sus resultados coinciden con los obtenidos en 1950.

CONCEPTOS ESTADISTICOS Y MATEMATICOS PARA LA UTILIZACION DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCION

Palacios y Martínez (1978), señalaron que el rendimiento de un cultivo depende de muchos factores variables, algunos controlados como la fertilización, el riego, etc., otros parcialmente controlados como algunas plagas y enfermedades y otros no controlables como son los factores atmosféricos. Para investigar el efecto de determinados factores pueden mantenerse varios de los factores variables controlables como constantes y asumirse alguna constancia de los factores no controlables, y se representaría de la siguiente manera:

$$Y = f (X_1, X_2, Y_1, Y_2 \dots \dots \dots Y_m) \quad (1)$$

Donde: Y = rendimiento del cultivo

xi = factor variable que influye en el rendimiento

Ym = factor constante

Bajo esta suposición, puede considerarse para fines del análisis de respuesta de un cultivo en base al régimen de humedad del suelo, que el rendimiento de un cultivo depende solamente de la cantidad de agua consumida por él antes del riego en una etapa fisiológica determinada. Esto es:

$$Y = f(X_1, X_2 \dots \dots \dots Xi) \quad (2)$$

Donde: xi = Cantidad de agua que ha sido consumida en la etapa 1.

Ibarra (1981), define la función de producción como una expresión o ecuación matemática que indica la relación que hay entre diferentes niveles insumo o insumos empleados en la producción y los productos obtenidos. Señala además este mismo autor que en general no se conoce la ecuación algebraica de la función, lo que se hace es ajustar una función determinada con los datos disponibles. Este autor cita a Heady y Dillon que indican los siguientes tipos de funciones como las más comunes, ; aclarando que hay una infinidad de formas que pueden obtenerse:

1. Coob-Douglas
2. Spillman-Mitscherlich
3. Función de tipo polinomial

Cochran y Cox (1974), señalan que los polinomios de superficie de respuesta tienen la ventaja de que son fáciles de ajustar pero no son muy confiables cuando se extrapolan, y mencionan que se debe hacer una elección conveniente del diseño. Una superficie polinómica debe considerarse como una aproximación dentro del nivel de exploración cubierta por el experimento, por lo que cualquier predicción a partir del polinomio de respuesta, fuera del nivel de exploración debe verificarse con nuevos ensayos antes de confiar en ella.

Martínez (1971), menciona que los polinomios de segundo grado son las funciones que más se usan en la práctica ya que permiten una representación bastante razonable de las respuestas de un cultivo a las adiciones de insumos de la producción.

Heady y Dillon en 1978, mencionados por Enriquez (1984) distinguen dos campos de utilización de las funciones de producción: En la industria y en la agricultura.

Por lo que respecta al campo de la industria, los mismos autores mencionan que en este campo se inició el uso de las funciones tipo Cobb-Douglas.

En el campo de la agricultura y zootecnia, las funciones de producción se han utilizado, según los mismos autores en la producción y alimentación del ganado, producción de pastizales en el uso de fertilizantes para producir cosechas, así como en la utilización del agua en zonas de riego.

Stewart y otros 1977, también citados por Enriquez (1984), en un informe presentado en forma conjunta de varios estados de la Unión Americana, presentan una metodología relativamente de realizar en el campo, para la obtención de respuestas en el rendimiento debido a la variación en la aplicación de la lámina de agua, además de probar modelos específicos de decrementos en los rendimientos por "castigos" inducidos en alguna etapa fenológica del cultivo, de esta manera proponen los modelos de Stewart y el de Hall y Butcher.

Palacios indica en 1977, que bajo la suposición de que la agricultura de riego es eminentemente comercial, es recomendable maximizar el ingreso neto, para un cultivo específico, lo anterior se representa de la manera siguiente:

$$IN = (Pp) (Y) - (Pa Xa + C) \quad (3)$$

Donde: IN = ingreso neto

Y = rendimiento del cultivo

Pp = precio unitario del producto

Pa = precio del agua

Xa = Cantidad de agua usada

C = otros costos de producción

Para maximizar el ingreso neto con relación a la cantidad de agua usada debe cumplirse lo siguiente:

$$\frac{dIN}{dXa} = \frac{dY}{dXa} \quad Pp - Pa = 0 \quad (4)$$

$$\frac{dY}{dXa} = \frac{Pa}{Pp} \quad (5)$$

Siendo ésto cierto solo si los costos variables son proporcionales al insumo utilizado; no así si se tienen costos indirectos como lo pueden ser la aplicación de los riegos.

La ecuación (5) es la condición necesaria para un máximo. Indica que la derivada de la función que relaciona la cantidad de agua usada con el rendimiento debe ser igual a la relación entre el costo del agua y el precio del producto del cultivo. La condición suficiente es que la segunda derivada de la ecuación (4) respecto a la cantidad de agua usada, sea negativa.

Palacios citado por Moreno, reporta en 1976 el análisis

hecho a varios experimentos realizados en el noroeste de México, variando el régimen de humedad y obtiene funciones de producción de orden cuadrático y seudocuadrático. Además, presenta la interpretación y la manera de optimizar el cuándo y el cuánto regar.

Palacios en 1977, indicó recomendaciones para la obtención de las funciones de producción en riegos y son las siguientes:

1. Relaciónese solamente las láminas consumidas con los rendimientos de los cultivos.
2. Téngase cuidado de considerar la profundidad de control, sucede que los cultivos pueden tomar agua a profundidades considerables.
3. Al diseñar los experimentos deberá considerarse un rango de variación de las variables que abarque la etapa de decremento en los rendimientos.
4. Al construir el modelo de la función, téngase en cuenta el efecto de colinealidad entre las variables. Es decir, descartar una variable cuando se encuentra una alta correlación con otra. Posteriormente puede buscarse una correlación entre ambas mediante una función apropiada.

Hiler y Clark (1971), desarrollaron un modelo de función

de producción conocido como Índice-Deficiencia-Día (IDD) para relacionar el rendimiento con déficits de agua en más de un período de crecimiento. Es ésta una función de tipo aditivo, según la cual los efectos de tensión de humedad en un período del crecimiento del cultivo son independientes de los efectos de deficiencias hídricas en otros estados de crecimiento. Se asume una relación lineal entre el rendimiento y el Índice-Deficiencia-Día.

Según Hiler y Clark, el concepto del IDD, provee un medio cuantitativo para la determinación de la tensión de humedad impuesta sobre el cultivo durante su crecimiento estacional, o sea que permite caracterizar el efecto de la tensión de humedad sobre el rendimiento del cultivo.

De acuerdo con Hiler y Clark, el concepto de Índice-Deficiencia-Día (IDD) es determinado a partir de la interacción de dos factores: un Factor Diario de Deficiencia Hídrica (FD) y un factor que depende del Grado de Susceptibilidad del Cultivo (FS). El factor diario de deficiencia hídrica es una medida del grado y duración de las condiciones de deficiencia hídrica. El factor de susceptibilidad depende de la especie y estado de desarrollo del cultivo e indica la susceptibilidad de la planta a un nivel de deficiencia hídrica determinado. El Índice-Deficiencia-Día es definido como:

$$IDD = \sum_{i=1}^n (FD_i \times FS_i) \quad (6)$$

Donde: n = número de etapas de crecimiento consideradas.

Los más ampliamente conocidos Índices de Días Secos son propuestos por Thornthwaite (1954) y Van Bavel (1956). Sus modelos difieren principalmente por la divergencia en las asunciones acerca del grado por el cual la tasa de pérdida de humedad de un cultivo debe caer abajo de la tasa de demanda por la atmósfera para constituir una condición de tensión de humedad. También existen diferencias en las asunciones acerca del efecto de un "día seco" en diferentes estados específicos del desarrollo del cultivo, sobre el rendimiento que puede ser obtenido.

Según Thornthwaite y Van Bavel, el concepto de día seco implica un nivel crítico de la humedad del suelo bajo el cual un cultivo sería igualmente afectado, sin considerar o prescindir de cuanto la humedad disponible del suelo ha disminuído subsecuentemente. Ellos sugirieron que un índice apropiado debe estar basado en la magnitud de la deficiencia de humedad en el suelo, asumiendo que el efecto de una deficiencia de humedad del suelo sobre una planta se incrementa al aumentar la tensión de humedad.

Taylor (1961), reconoció la interacción del nivel de humedad del suelo y la demanda atmosférica sobre la tasa real de transpiración. Considera que un día de tensión de humedad ocurre cuando la evapotranspiración real cae por abajo de la evapotranspiración potencial. También asume que el crecimiento del cultivo cesa en cualquier día en el cual ocurra un déficit de humedad.

Denmead y Shaw (1962), relacionaron el crecimiento del maíz con el número de días en que el contenido hídrico del suelo estuvo por debajo del punto estimado de marchitamiento. Obtuvieron

vieron una relación lineal de la reducción del peso seco de la planta de maíz y el número de días en que la tensión hídrica del suelo era suficientemente severa como para causar pérdida de turgencia.

De acuerdo con Dale y Shaw (1965), la turgencia de las células es necesaria para el crecimiento, y postulan que habría crecimiento mínimo o nulo en un día con tensión de humedad, así el rendimiento del maíz sería directamente proporcional al número de días no tensionados acumulados durante los períodos de crecimiento del desarrollo.

Cochran, presenta los siguientes tipos de diseños experimentales como los más utilizados en la investigación agrícola: Bloques al azar, completamente al azar, cuadro latino y los bloques incompletos.

En cuanto al diseño de tratamientos donde el objetivo es claramente estimar una función de respuesta, este autor, cita los experimentos factoriales completos y expresa que este tipo de diseños provocan experimentos muy grandes pues es necesario ampliar el rango de exploración aumentando el número de niveles y, por consecuencia, el experimento en general. Para estas situaciones, el mismo autor menciona los factoriales incompletos, que son factoriales que no emplean todos los tratamientos de un factorial completo y su análisis se basa totalmente en la metodología de regresión; partiendo la variación debido a los tratamientos en los componentes:

1. Regresión
2. Desviaciones de la regresión

Por diseño se busca que los cálculos para el ajuste a la función de respuesta propuesta sean relativamente sencillos. Este objetivo se logra si el diseño tiene la propiedad de ser ortogonal, condición que implica una estimación independiente de cada uno de los efectos de interés. De estos tipos de diseño es importante presentar los mencionados por Palacios y Martínez (1978), que son el cuadrado doble descrito por Escobar, el San Cristobal y el San Cristobal Ortogonalizado, estos dos últimos desarrollados por Rojas (1963), así como la matriz experimental Plan Puebla, descritos por Turrent y Laird (1978).

MATERIALES Y METODOS

LOCALIZACION DEL LUGAR

La región lagunera está ubicada en la parte suroeste del Estado de Coahuila y Noreste del Estado de Durango, comprendida entre los paralelos $24^{\circ}30'$ y $27^{\circ}00'$ de latitud norte y entre los meridianos $102^{\circ}00'$ y $104^{\circ}40'$ de longitud al oeste del meridiano de Greenwich; siendo sus fuentes de agua las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval y el acuífero subterráneo.

CLIMA DEL LUGAR

Según la clasificación de C.W. Thornthwaite, el clima en la región lagunera es: árido, con lluvias deficientes en todas las estaciones, mesotermal, con una concentración aproximada de temperaturas durante el verano de 25 a 34% y se simboliza por EdB'a.

CUADRO 1. DATOS CLIMATOLOGICOS REGISTRADOS DURANTE EL EXPERIMENTO

	Temperatura media mensual (°C)		Precipitación mensual (mm)		Evaporación media diaria (mm)	
	1975-1980	1981	1975-1980	1981	1975-1980	1981
Mayo	24.1	24.4	24.1	27.3	10.3	10.3
Junio	25.9	26.6	21.6	46.2	10.3	10.4
Julio	25.8	26.5	29.2	6.9	8.9	10.3
Agosto	24.9	25.7	43.8	6.2	8.1	8.8
Sept.	22.9	23.9	32.7	11.8	6.7	7.1
Octubre	20.0	21.4	10.5	54.2	5.4	5.2

TEMPERATURA

Se diferencian muy bien dos épocas, la primera de abril a octubre donde la temperatura media mensual excede de 20°C y la segunda etapa, de noviembre a marzo, donde la temperatura media mensual oscila entre 13.8°C y 19.6°C.

Los meses más calurosos son los de mayo, junio, julio y agosto, con una temperatura media que oscila entre los 25°C y los 27°C. Los meses más fríos son de diciembre a enero, registrándose en este último el promedio de temperaturas más bajo, 5.8°C.

PRECIPITACION

De acuerdo a las lluvias registradas en la estación climatológica de Ciudad Lerdo, Durango (1980), durante los últimos 30 años, se observa que el período de máxima precipitación corresponde a los meses de agosto y septiembre. Sin embargo, se han presentado años con lluvias intensas en los meses de

mayo, junio, julio y octubre.

La precipitación anual durante los años estudiados - ha sido muy variable, alcanzando un promedio de 241.9 mm y una fluctuación que va desde 77.8 mm en el año más seco (1954) hasta 434.9 en el año más húmedo (1958).

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa varía según las estaciones del - año: Primavera 31.3%, Verano 46.2%, Otoño 52.3% e Invierno - 44.3%.

LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL

Este trabajo se desarrolló en el Campo Agrícola Expe - rimental del CENAMAR, el cual se encuentra ubicado en el Km. 6 + 500 del margen derecho del Canal Principal Sacramento del Distrito de Riego No. 017 en la Región Lagunera, en el Munici - pio de Gómez Palacio, Durango, México.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL SUELO

En el estudio ágrológico realizado por el Ing. Dona - ciano Ojeda (1969), menciona al Ing. Geólogo H. Allera, quien -- describe el origen de los suelos de la siguiente manera:

En épocas remotas la Comarca Lagunera estaba cubier - ta por mares que en el transcurso del tiempo se desecaron, -- iniciándose el relleno de esas oquedades en la última etapa - del período terciario (Plioceno) y prolongándose aproxima -- mente por un millón de años. Terminado el relleno, los aca -- rreos sucesivos de los ríos nivelaron las acumulaciones sedi

mentarias dando origen a la casi totalidad de los suelos regionales, dado el carácter divagante de los cauces de los ríos en épocas pasadas.

El suelo del CENAMAR, según la clasificación de este estudio agrológico, queda comprendido dentro de la serie Coyote cuyas características generales son las siguientes: se encuentra localizado en el centro de la Comarca Lagunera y abarca una superficie de 98,218.2 ha.; en su perfil típico se encuentran suelos de textura franco, migajón-arcilloso, migajón arcillo-limoso; estos suelos son permeables, con buen drenaje natural y poca tendencia al agrietamiento. En cuanto a su fertilidad se considera media por su contenido de nitrógeno, fósforo y materia orgánica y rica en contenido de potasio, calcio y magnesio.

CUADRO 2. CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO

PROFUNDIDAD	TEXTURA	CC (%)	PMP (%)	Da gr/cm ³
0 - 30	Mr	31.56	16.44	1.30
30 - 60	Mr	28.10	15.21	1.26
60 - 90	Mr	26.90	14.67	1.20

CUADRO 3. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO

PROF	pH	MO (%)	CE mmhos cm	CO ₃ ⁼ Insol.	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (meq/lt)	Cl ⁻	Mg ⁺	Na ⁺
0-30	7.5	1.24	2.0	6.5	2.0	14.0	4.0	5.2	4.44
30-60	7.5	7.5	1.6	9.3	2.0	9.5	4.5	4.0	4.03
60-90	7.6	6.2	1.2	10.8	2.0	7.5	2.5	2.4	4.11

CUADRO 4. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA DE RIEGO

C O N C E P T O	V A L O R
CE X 10 ⁶	225
pH	7.50
Ca ⁺⁺ (meq/lt)	0.80
Mg ⁺⁺ (meq/lt)	1.20
Na ⁺ (meq/lt)	0.64
K ⁺ (meq/lt)	<u>0.02</u>
Suma de cationes (meq/lt)	2.66
CO ₃ ⁼ (meq/lt)	0.00
HCO ₃ ⁻ (meq/lt)	1.82
Cl ⁻ (meq/lt)	0.33
SO ₄ ⁼ (meq/lt)	<u>0.65</u>
Suma de aniones (meq/lt)	2.80
SH (meq/lt)	0.84
SP (meq/lt)	0.66
RAS* (meq/lt)	0.64
CSR (meq/lt)	0.00
PSP (%)	76.19
B (meq/lt)	0.074
Ar (meq/lt)	0.005

* Relación de adsorción de sodio.

CARACTERISTICAS AGRONOMICAS

El manejo del cultivo en cuanto a fecha de siembra, dosis de fertilización, distancia entre surcos, aplicación de insecticidas, etc. se hizo de acuerdo a las recomendaciones del INIA zona de influencia del CIAN (1977).

CULTIVO

El cultivo en el cual se realizó este experimento fue el de maíz (*Zea mays*) H-412, el cual es recomendable por CIAN para la Región Lagunera.

PREPARACION DEL TERRENO

La preparación del terreno para el establecimiento de este experimento, consistió de un barbecho profundo (30 cm), rastreo doble cruzado, paso de Landplane, levantamiento topográfico y trazo de riego.

FECHA DE SIEMBRA

La siembra se realizó el 11 de junio de 1981, con sembradora John Deere con platos especiales para maíz y a una distancia entre surcos de 0.76 m.

FERTILIZACION

Esta se realizó simultáneamente con la siembra, con máquina fertilizadora, la dosis de fertilización fue 120-40-00, como fuente de nitrógeno se utilizó Nitrato de Amonio (33.5%) y como fuente de fósforo superfosfato de calcio triple (46%) todo al momento de la siembra.

DESHIERBES Y APORQUES

Esta actividad se realizó en dos ocasiones en los primeros 40 días del ciclo del cultivo. Los aporques fueron en forma mecánica y se llevaron a cabo en los primeros 40 días del ciclo del cultivo, ya que posteriormente el cultivo estaba muy desarrollado y no era posible realizar esta actividad.

PLAGAS Y ENFERMEDADES

Se presentó ataque de gusano cogollero (*Spodóptera frugiperda*) en el primer tercio del ciclo del cultivo y se controló con dos aplicaciones directas al cogollo de Sevin granulado al 5%. No se presentaron enfermedades que ameritaran su control y que influyeran en el rendimiento.

METODOLOGIA UTILIZADA

Ya que el objetivo del trabajo es encontrar una función de producción que involucre número de riegos en las etapas fenológicas del cultivo de maíz, la metodología a emplear consiste en encontrar una función de producción matemática que relacione el rendimiento como una respuesta del cultivo a las variables independientes que en este caso son el número de riegos, los cuales son variables en las dos etapas fenológicas del ciclo del cultivo. Esto, en otras palabras no es más que relaciones empíricas que se obtienen a través de un análisis de regresión entre una variable dependiente y dos variables independientes.

DISEÑO ESTADÍSTICO

Diseño Experimental y de Tratamientos

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones y el diseño de tratamientos un factorial incompleto denominado cuadrado doble, en donde los tratamientos son trece combinaciones escogidas, según la figura 1.

Los tratamientos que resultaron de haber empleado el diseño de tratamientos cuadrado doble se muestra en el Cuadro 5.

CUADRO 5. NUMERO DE RIEGOS EN LAS DOS ETAPAS FENOLOGICAS PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

NUMERO	T R A T A M I E N T O S		
	No. de Riegos 1a. Etapa	No. de Riegos 2a. Etapa	No. de Riegos Total
1	1		1
2	1	2	3
3	1	4	5
4	2	1	3
5	2	3	5
6	3	0	3
7	3	2	5
8	3	4	7
9	4	1	5
10	4	3	7
11	5	0	5
12	5	2	7
13	5	4	9

FACTORES Y NIVELES EN ESTUDIO

Los factores en estudio fueron: los regímenes de humedad del suelo en las etapas fenológicas del cultivo. Los ni

veles de los regímenes de humedad del suelo fueron programados mediante número de riegos.

El número de riegos programado fue de acuerdo con la evaporación acumulada de cada etapa fenológica en base a la media mensual de los datos de evaporación de seis años atrás, de la estación meteorológica del CENAMAR.

CUADRO 6. CUADRO DESCRIPTIVO

SUELO	FACTORES EN ESTUDIO.	NIVELES DE RIEGO	DISEÑO EXPERIMENTAL	VARIABLE RESPUESTA
Migajón	Regimen de humedad del suelo en el período de siembra a inicio de floración.	1	Bloques al azar con arreglo de tratamientos en cuadrado doble	Rendimiento en grano
		2		ton/ha y
		3		ton/mm ³
		4		forraje verde y
Arcilloso	Regimen de humedad del suelo en el período de inicio de floración a cosecha	5	0	seco
		0		ton/ha y
		1		ton/mm ³ *
		2		Proteína (%) y total
		3		kg/ha
		4		Ingreso Neto

* Tonelada por millar de metro cúbico de agua utilizado.

ETAPAS FENOLOGICAS

La primera etapa fenológica se inició con la siembra del cultivo y terminó cuando al menos una planta del tratamiento, en cualquiera de las cuatro repeticiones, hubo iniciado la floración.

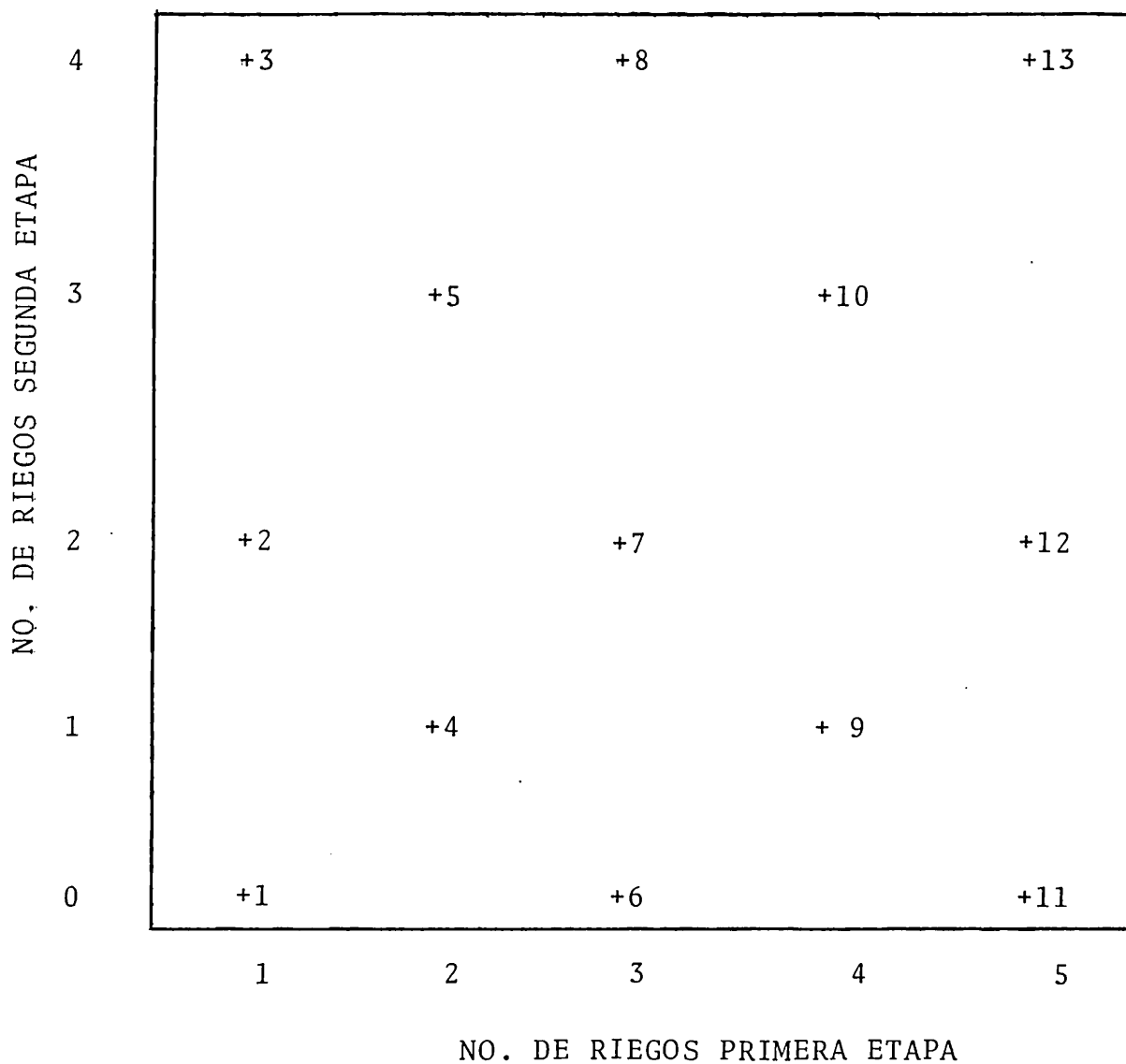


Figura 1. Tratamientos mostrados en el primer cuadrante para un arreglo cuadrado doble (Rojas), donde los tratamientos codificados del 1 al 13, están representados por sus coordenadas.

La segunda etapa fenológica dió principio con el término de la primera y finalizó cuando al menos en una planta del tratamiento, en cualquiera de las cuatro repeticiones, las espigas de la mazorca iniciaron el amarillamiento (al menos 10 cm).

En el cuadro 7 se encuentra la programación de los riegos en base a la evaporación acumulada en cada etapa fenológica, para la primera fueron 500 mm evaporados y para la segunda 560 mm evaporados.

CUADRO 7. PROGRAMACION DE LOS RIEGOS EN BASE A LA EVAPORACION

TRATAM.	NUMERO DE RIEGOS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-0	0								
1-2	0	500	180						
1-4	0	500	90	90	90				
2-1	0	250	250						
2-3	0	250	250	120	120				
3-0	0	166	166						
3-2	0	166	166	166	180				
3-4	0	166	166	166	90	90	90		
4-1	0	125	125	125	125				
4-3	0	125	125	125	125	120	120		
5-0	0	100	100	100	100				
5-2	0	100	100	100	100	100	100		
5-4	0	100	100	100	100	100	90	90	90

PARCELA EXPERIMENTAL Y PARCELA UTIL

Las dimensiones de las parcelas experimentales fueron 10 m de largo x 5 m de ancho, separados 2 m una de la otra; la separación entre bloques fué de 8 m y en ella estaban instaladas las regaderas.

la parcela experimental constó de 6 surcos y la parce-

la útil fue de 8 m lineales de los dos surcos centrales, se eliminó un metro lineal de cada una de las cabezeras.

DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS

La distribución de los tratamientos se hizo en forma aleatoria dentro de los bloques. En la figura 2 se muestra dicha distribución.

El control de las láminas de riego se realizó por medio de sifones previamente calibrados de 1 3/8" de diámetro, con gastos controlados por carga hidráulica y tiempo de operación para llevar a capacidad de campo un perfil de 90 cm. de suelo.

MUESTREO GRAVIMETRICO

Los muestreos de humedad se realizaron con barrenas Veihsmeier mediante un muestreo simple aleatorio, que consiste en un muestreo en el cual todos los puntos de la parcela experimental tienen la misma probabilidad de ser muestreados. Santamaría en 1980, en un estudio realizado en el CENAMAR demostró que con un tamaño de muestra de nueve se puede esperar con un 95 de probabilidades un error no mayor de 0.3415 en unidades de Ps en %.

En el cuadro 9 se muestran el tamaño de muestra y el error que le corresponde.

Este tipo de muestreo se realizó para llevar a capacidad de campo un perfil de suelo de 90 cm.

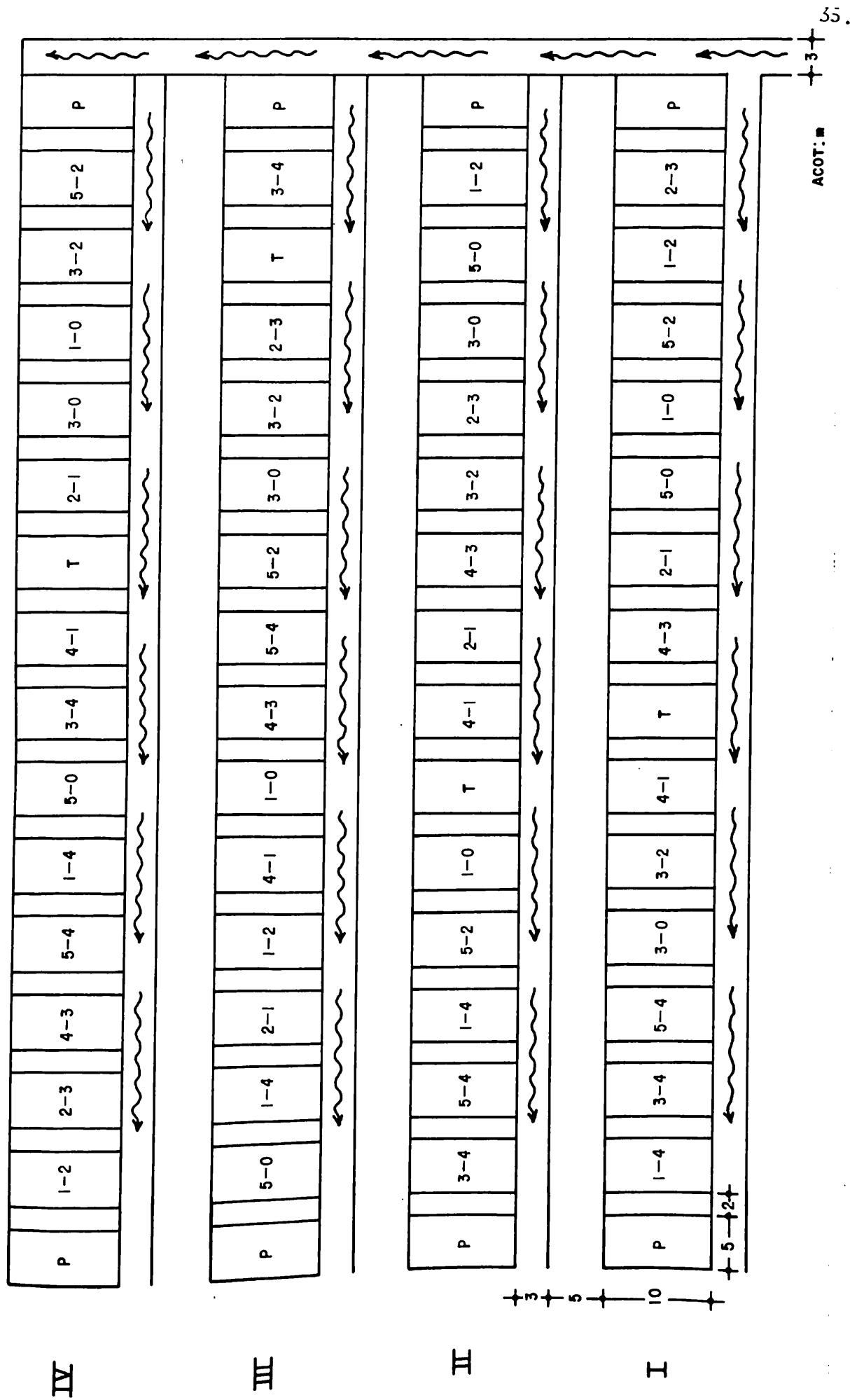


Figura 2.- Distribucion de los tratamientos en el campo

CUADRO 8. CALIBRACION DE SIFONES DE ALUMINIO DE 1 3/8" \varnothing

H	LPS	M ³ /SEG	M ³ /MIN	M ³ /5 MIN
2.0	0.406	0.000406	0.02436	0.1218
2.5	0.453	0.000453	0.02718	0.1359
3.0	0.496	0.000496	0.02976	0.1488
3.5	0.535	0.000535	0.0321	0.1605
4.0	0.572	0.000572	0.03432	0.1716
4.5	0.606	0.000606	0.03636	0.1818
5.0	0.638	0.000638	0.03828	0.1914
5.5	0.669	0.000669	0.4014	0.2007
6.0	0.698	0.000698	0.04188	0.2094
6.5	0.727	0.000727	0.04362	0.2181
7.0	0.754	0.000754	0.04524	0.2262
7.5	0.780	0.00078	0.0468	0.234
8.0	0.805	0.000805	0.0483	0.2415
8.5	0.829	0.000829	0.04974	0.2487
9.0	0.853	0.000853	0.05118	0.2559
9.5	0.876	0.000876	0.05256	0.2628
10.0	0.899	0.000899	0.05394	0.2697
10.5	0.921	0.000921	0.05526	0.2763
11.0	0.942	0.000942	0.05652	0.2826
11.5	0.963	0.000963	0.05778	0.2889
12.0	0.983	0.000983	0.05898	0.2949
12.5	1.003	0.001003	0.06018	0.3009
13.0	1.023	0.0011023	0.06138	0.3069
13.5	1.042	0.001042	0.06252	0.3126
14.0	1.061	0.001061	0.06566	0.3183
14.5	1.080	0.00108	0.0648	0.324
15.0	1.098	0.001098	0.06588	0.3294

Se realizaron muestreos cada diez días a partir de la germinación de: altura de plantas, número de hojas; en plantas previamente identificadas, además se determinó como es lógico, inicio y terminación de cada etapa fenológica.

CUADRO 9. RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE MUESTRA Y EL ERROR ASOCIADO A UN NIVEL DE PROBABILIDAD DEL 5%

TAMAÑO DE MUESTRA (n)	G.L.	t 0.025	S	ERROR EN UNIDADES DE Ps
2	1	12.706	1.0016	8.9989
3	2	4.303	0.8513	2.1149
4	3	3.283	0.7448	1.1850
5	4	2.776	0.6621	0.8220
6	5	2.571	0.5945	0.6240
7	6	2.447	0.5374	0.4970
8	7	2.365	0.4880	0.4080
9	8	2.306	0.4443	0.3415

RESULTADOS Y DISCUSION

FECHA DE COSECHA

La cosecha se realizó el 15 de octubre de 1981 en forma manual, se almacenó y posteriormente se desgranó en forma mecánica con una desgranadora tipo manual; el peso del grano que se tomó fue cuando éste estuvo a 14% de humedad.

PRODUCCION

La evaluación de la producción de los tratamientos se realizó de acuerdo a lo asentado en Materiales y Métodos y fue para rendimiento en:

Grano ton/ha y ton/Mm^3
Forraje verde ton/ha y ton/Mm^3
Forraje seco ton/ha y ton/Mm^3
Mazorcas ton/ha y ton/Mm^3
Mazorcas /ha y Mm^3
Beneficio neto

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), que es un paquete estadístico computacional destinado al análisis estadístico de datos en ciencias sociales y se encuentra disponible desde cualquiera de las terminales del computador CDC-CYBER 70 que tiene instaladas la SARH en la República mexicana.

RENDIMIENTO DE GRANO TON/HA

Las medias de rendimiento expresadas en toneladas por hectárea de los trece tratamientos se presentan en el cuadro No. 10.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Con la producción total de grano ton/ha se realizó el análisis de varianza correspondiente. Estos resultados se presentan en el cuadro 1 del apéndice.

El análisis de varianza combinado se presenta en el cuadro 11. En este cuadro puede observarse que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos pero no se detectaron diferencias debidas a bloques.

En el cuadro 12 se observa mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, las medias de tratamiento y adaptando el sistema de señalar tratamientos con líneas, se infiere que

tratamientos con línea continúa son iguales.

Así pues, se puede decir que los tratamientos (3-4, 5-4, 2-3 y 4-3) son los mejores y también estadísticamente iguales; estos tratamientos se considera que no tuvieron restricciones de humedad en ninguna de las dos etapas en que fue dividido el ciclo del cultivo.

Por lo que respecta a los demás tratamientos con rendimientos intermedios y bajos se considera que tuvieron restricciones de humedad en alguna de las dos etapas en que fue dividido el ciclo del cultivo o en ambas.

CUADRO 10. RENDIMIENTO DE GRANO AL 14% DE HUMEDAD TON/HA POR TRATAMIENTO, REPETICION Y PROMEDIOS

TRATAM.	I	II	III	IV	\bar{X}
1 - 0	3.900	2.744	3.424	1.040	2.777
1 - 2	4.600	3.554	5.735	4.876	4.696
1 - 4	5.307	4.355	5.957	6.140	5.439
2 - 1	4.037	7.622	3.909	6.153	5.430
2 - 3	7.955	6.743	9.578	6.545	7.700
3 - 0	5.118	6.319	6.015	3.542	5.242
3 - 2	8.128	8.142	5.396	7.619	7.321
3 - 4	10.033	8.786	9.345	8.760	9.231
4 - 1	6.245	7.415	7.555	4.735	6.487
4 - 3	7.966	5.235	7.951	9.625	7.689
5 - 0	6.331	6.524	4.740	5.740	5.833
5 - 2	8.540	5.636	7.688	7.350	7.291
5 - 4	7.900	8.411	9.272	8.661	8.561

Donde: Y = rendimiento en ton/ha

R_1 = número de riegos en la primera etapa

R_2 = número de riegos en la segunda etapa

Del análisis matemático se deduce que para que una función tenga máximo local es necesario que cumpla con las dos condiciones siguientes:

a) Primera condición:

$$\frac{\partial Y}{\partial R_1} = 0 \quad \frac{\partial Y}{\partial R_2} = 0$$

b) Segunda condición:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} = 0 \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} = 0$$

$$\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} \right) \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1 \partial R_2} \right)^2 > 0$$

PRUEBA

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} = 0 \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} = 0$$

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1 \partial R_2} = .22943216$$

$$\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} \right) \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1 \partial R_2} \right)^2 = (0) (0) - (.22943216)^2$$

$$= -.053$$

$-.053 < 0$. . La función no tiene máximo.

OBTENCION DEL MAXIMO LOCAL

Esto se logró mediante un programa de computadora en lenguaje FORTRAN, que realizó una búsqueda exhaustiva del máximo de la función para incrementos establecidos en las variables independientes dentro del intervalo explorado en el experimento.

De acuerdo con el modelo que explica el comportamiento fisiológico de los tratamientos estudiados se concluyó en base a la obtención del máximo local, que el máximo rendimiento total fué de 9.305 ton/ha, el cual se obtuvo con cinco riegos en la primera etapa fenológica y cuatro riegos en la segunda etapa fenológica; la figura 3 muestra la superficie de respuesta, el cuadro 11 el análisis de varianza combinado para tratamientos y regresión. Según Escobar, el modelo propuesto a través del polinomio no es el mas correcto, pero quizás pueda ser de utilidad práctica en estudios preliminares.

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA GRANO TON/HA

FACTORES DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	Fc	F	F.05	F.01
Rep.	1.418	3	.473	.453	.999NS	2.86	4.38
Trat.	108.027	12	8.419	8.028	.001**	2.03	2.72
Regresión	64.791	2	32.396	30.883	**	3.26	5.25
F.A.	36.236	10	3.624	3.455	**	2.10	2.86
Error	37.752	36	1.040				
Total	140.197	51	2.749				

NS = no significativo

** = altamente significativo

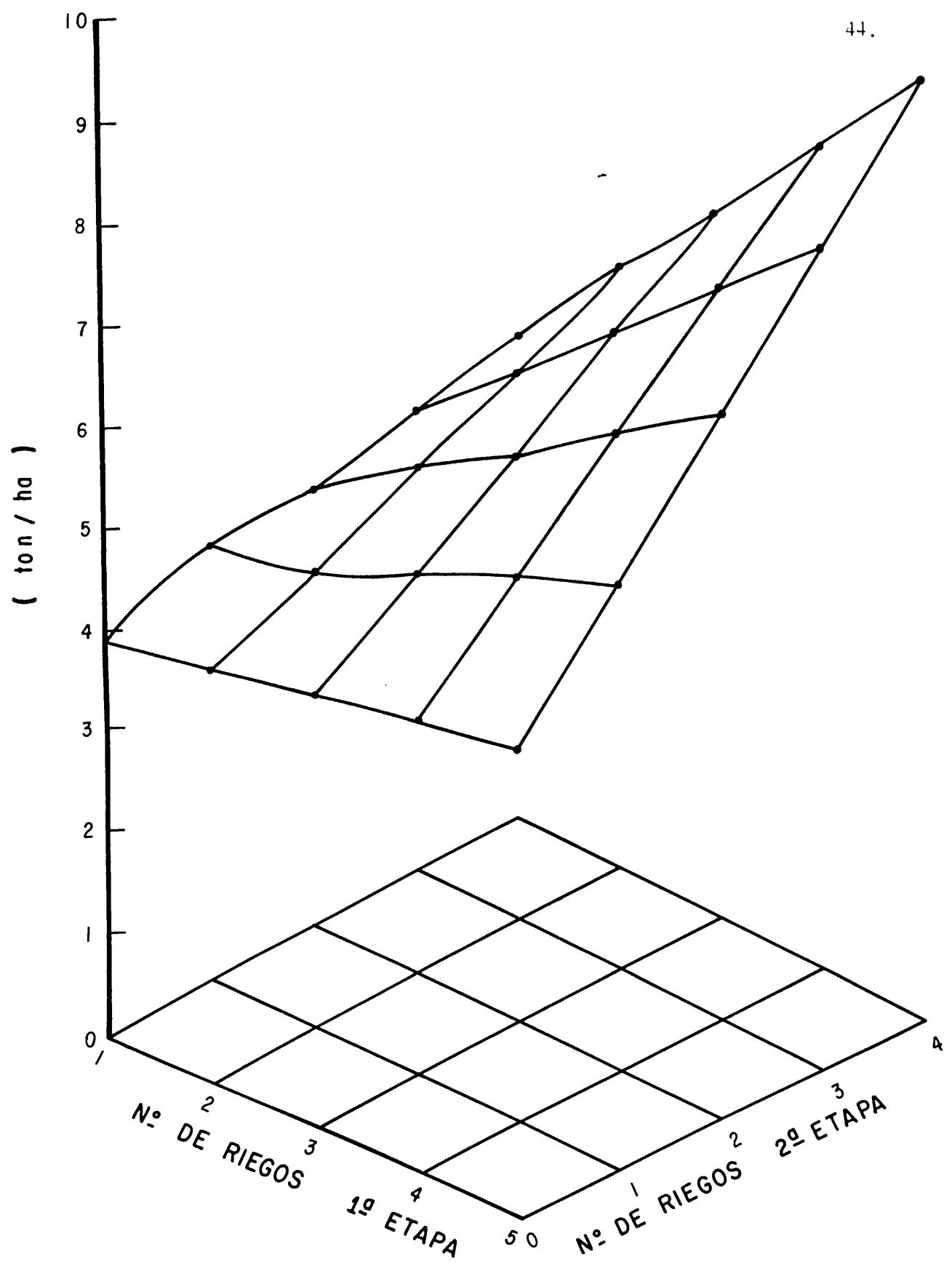


Figura 3.- Superficie de respuesta grano (ton/ha)

CUADRO 12. COMPARACION DE MEDIAS
GRANO TON/HA

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T 0.05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.37	3.39	3.40	
S \bar{X}	.512												
Duncan	1.464	1.541	1.587	1.623	1.649	1.674	1.689	1.704	1.715	1.725	1.725	1.740	
	3-4	5-4	2-3	4-3	3-2	5-2	4-1	5-0	1-4	2-1	3-0	1-2	1-0
2.777	9.231	8.561	7.700	7.689	7.321	7.291	6.487	5.833	5.439	5.430	5.242	4.696	2.777
4.696	6.454	5.784	4.923	4.912	4.344	4.514	3.710	3.056	2.662	2.652	2.465	1.919	0
5.242	4.535	3.865	3.004	2.993	2.625	2.595	1.791	1.137	0.743	0.734	0.546	0	
5.430	3.989	3.319	2.458	2.447	2.079	2.049	1.245	0.591	0.197	0.188	0		
5.439	3.801	3.131	2.270	2.259	1.891	1.861	1.057	0.403	0.009	0			
5.833	3.792	3.122	2.261	2.250	1.882	1.852	1.048	0.394	0				
6.487	3.398	2.728	1.867	1.856	1.488	1.458	0.654	0					
7.291	2.744	2.074	1.213	-1.202	0.834	0.804	0						
7.321	1.940	1.270	0.409	0.398	1.030	0							
7.689	1.910	1.240	0.379	0.368	0								
7.700	1.542	0.862	0.011	0									
8.561	1.531	0.681	0										
9.231	0.670	0											
	0												

CUADRO 13. PROGRAMAS DE RIEGO OBTENIDOS

TRATAM.	No. DE RIEGOS		1	2	3	4	5	6	7	8	LAMINA TOTAL
1 - 0	IR	0									10
	LR	10									
	HA	0.00									
1 - 2	IR	0	64	19							56
	LR	10	15	11							
	HA	0.00	0.00	0.00							
1 - 4	IR	0	64	6	13	15					58
	LR	10	15	9	12	12					
	HA	0.00	0.00	23.80	23.80	23.80	23.80				
2 - 1	IR	0	43	20							35
	LR	10	11	14							
	HA	0.00	0.00	0.00							
2 - 3	IR	0	43	20	11	23					58
	LR	10	11	14	11	12					
	HA	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00				
3 - 0	IR	0	36	17							30
	LR	10	8	12							
	HA	0.00	12.00	12.00							

TRATAM.	No. DE RIEGOS	1	2	3	4	5	6	7	8	LAMINA TOTAL
3 - 2	IR	0	36	17	10	19				54
	LR	10	8	12	10	14				
	HA	0.00	12.00	12.00	12.00	0.00				
3 - 4	IR	0	36	17	10	6	13	15		75
	LR	10	8	12	10	8	14	13		
	HA	0.00	12.00	12.00	12.00	20.00	20.00	20.00		
4 - 1	IR	0	33	14	13					38
	LR	10	8	9	11					
	HA	0.00	15.00	15.00	15.00					
4 - 3	IR	0	33	14	13	14	23			62
	LR	10	8	9	11	12	12			
	HA	0.00	15.00	15.00	15.00	7.00	7.00			
5 - 0	IR	0	29	11	9	11				42
	LR	10	6	9	8	9				
	HA	0.00	25.00	25.00	25.00	25.00				
5 - 2	IR	0	29	11	9	11	22			56
	LR	10	6	9	8	9	14			
	HA	0.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00			
5 - 4	IR	0	29	11	9	11	9	13	15	78
	LR	10	6	9	8	9	11	11	14	
	HA	0.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	20.00	20.00	

Los resultados del Cuadro 13 son muy similares a los reportados por Moreno en 1979, y ya descritos anteriormente en este trabajo.

RENDIMIENTO EN GRANO TON/MM³

En el Cuadro 14 se presentan las medias de rendimiento por tratamiento y repetición.

ANALISIS DE VARIANZA

Al realizar este análisis se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos, pero no se detectaron diferencias debidas a bloques; los resultados se presentan en el Cuadro 2 del apéndice. Esto conlleva a decir que los tratamientos se comportan diferentes, o sea que la cantidad y/u oportunidad de agua aplicada tiene efectos diferentes en el rendimiento.

El Cuadro 15 muestra la comparación de medias para esta variable y en donde tratamientos unidos con la misma línea son iguales.

Se observa que los mejores tratamientos son el (3-0, 4-1, 1-0 y el 2-1), se aprecia, que estos tratamientos son de los más secos en cuanto a número de riegos se refiere y aparte de que esta restricción de humedad se presenta en una o en ambas etapas fenológicas en las que se dividió el ciclo del cultivo.

El hecho de que estos tratamientos sean los mejores en cuanto al uso del agua se debe en sí, a que aunque no son

los mejores productores en rendimiento ton/ha, el hecho de producir grano con una mínima cantidad de agua ejem. 10 cm. el tratamiento 1-0, los hace ser los mejores en cuanto al uso del agua.

CUADRO 14. RENDIMIENTO GRANO TON/Mm³

F E C H A	R E P E T I C I O N E S				
TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	\bar{X}
1 - 0	3.207	2.556	2.810	0.855	2.283
1 - 2	1.051	0.215	1.315	4.291	1.718
1 - 4	0.752	0.617	0.845	3.085	1.325
2 - 1	0.948	1.791	0.918	5.104	2.190
2 - 3	1.125	0.956	1.358	4.367	1.952
3 - 0	1.403	1.732	1.649	5.755	2.635
3 - 2	1.238	1.240	0.822	4.460	1.940
3 - 4	1.111	0.963	1.025	4.060	1.790
4 - 1	1.351	1.605	1.635	5.616	2.552
4 - 3	1.057	0.694	1.052	4.079	1.720
5 - 0	1.239	1.277	0.928	4.569	2.003
5 - 2	1.254	0.828	1.122	4.283	1.872
5 - 4	0.833	0.887	0.978	3.610	1.577

OBTENCION DEL MODELO

El modelo obtenido para esta variable respuesta fue el siguiente:

$$\begin{aligned}
 Y = & 2.0558940 + \underset{**}{.065455072}R_2^2 + \underset{***}{.066334566}R_1 R_2 \\
 & - \underset{*}{.038999813}R_1^2 - \underset{*}{.632894418}R_2^2
 \end{aligned} \quad (8)$$

$$R^2 = .48$$

* = coeficientes significativos con $\alpha = 0.00$

** = coeficientes significativos con $\alpha = 0.03$

Donde:

Y = rendimiento en ton/Mm³

R₁ = número de riegos en la primera etapa

R₂ = número de riegos en la segunda etapa

Prueba para la existencia de un máximo

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} = -.077999626 \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} = .130910144$$

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1 \partial R_2} = .066334366$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1^2} \right) \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_2^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial R_1 \partial R_2} \right)^2 = \\ & = (.077999626) (.130910144) - (.066334566)^2 = -.010 - .004 \\ & = - 0.014 \quad - 0.014 < 0 \end{aligned}$$

∴ La función no tiene máximo

OBTENCION DEL MAXIMO LOCAL

Este se obtiene mediante el mismo proceso descrito anteriormente para rendimiento en ton/ha.

En relación con el modelo que explica el comportamiento fisiológico de los tratamientos estudiados se concluyó en base a la obtención del máximo local, que el máximo rendimiento

CUADRO 15. COMPARACION MEDIAS
RENDIMIENTO GRANO TON/MM³

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.37	3.39	3.40	
T 0.05	0.18												
S \bar{X}	0.515	0.541	0.648	0.571	0.580	0.589	0.594	0.60	0.503	0.607	0.610	0.662	
	3-0	4-1	1-0	2-1	5-0	2-3	3-2	5-2	3-4	4-3	1-2	5-4	1-4
	2.635	2.552	2.283	2.190	2.003	1.952	1.940	1.872	1.790	1.720	1.718	1.577	1.325
1.325	1.31	1.227	0.958	0.865	0.678	0.627	0.615	0.547	0.465	0.395	0.393	0.252	0
1.577	1.058	0.975	0.706	0.613	0.426	0.375	0.363	0.295	0.213	0.143	0.141	0	
1.718	0.917	0.834	0.565	0.472	0.285	0.234	0.222	0.154	0.072	0.002	0		
1.720	0.915	0.832	0.563	0.470	0.283	0.232	0.220	0.152	0.07	0			
1.790	0.845	0.762	0.493	0.400	0.213	0.162	0.150	0.082	0				
1.872	0.763	0.680	0.411	0.318	0.131	0.080	0.068	0					
1.940	0.695	0.612	0.343	0.250	0.063	0.012	0						
1.952	0.683	0.600	0.331	0.238	0.051	0							
2.003	0.632	0.549	0.280	0.187	0								
2.190	0.448	0.362	0.093	0									
2.283	0.352	0.269	0										
2.552	0.083	0											
2.635	0												
	3-0	4-1	1-0	2-1	5-0	2-3	3-2	5-2	3-4	4-3	1-2	5-4	1-4

to fue de 2.017 ton/Mm³, el cual corresponde al tratamiento que tuvo un riego en la primera etapa fenológica y cero riegos en la segunda etapa. Este resultado es inversamente proporcional al número de riegos programados, es decir, los tratamientos con mayor número de riegos tuvieron los menores rendimientos para esta variable. La figura 4 muestra la superficie de respuesta y el Cuadro 16 el análisis de varianza combinado para tratamientos y regresión, y el cual es el caso más deseado según Escobar, ya que se puede considerar que el modelo ajustado es el correcto.

CUADRO 16. ANVA PARA GRANO TON/MM³

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	F	F.05	F.01
Rep	.401	3	.134	1.030	.392NS	2.86	4.38
Tratam.	6.692	12	.558	4.299	.001**	2.03	2.72
Reg	3.754	4	1.439	33.069	**	2.63	5.89
F.A.	.938	8	.117	.900	NS	2.21	3.04
Error	4.669	36	.130				
Total	11.762	51	.231				

NS = no significativo

** = altamente significativo

INGRESO NETO

El Cuadro 17 muestra los tratamientos, los ingresos obtenidos por repetición y las medias de ingreso por tratamiento.

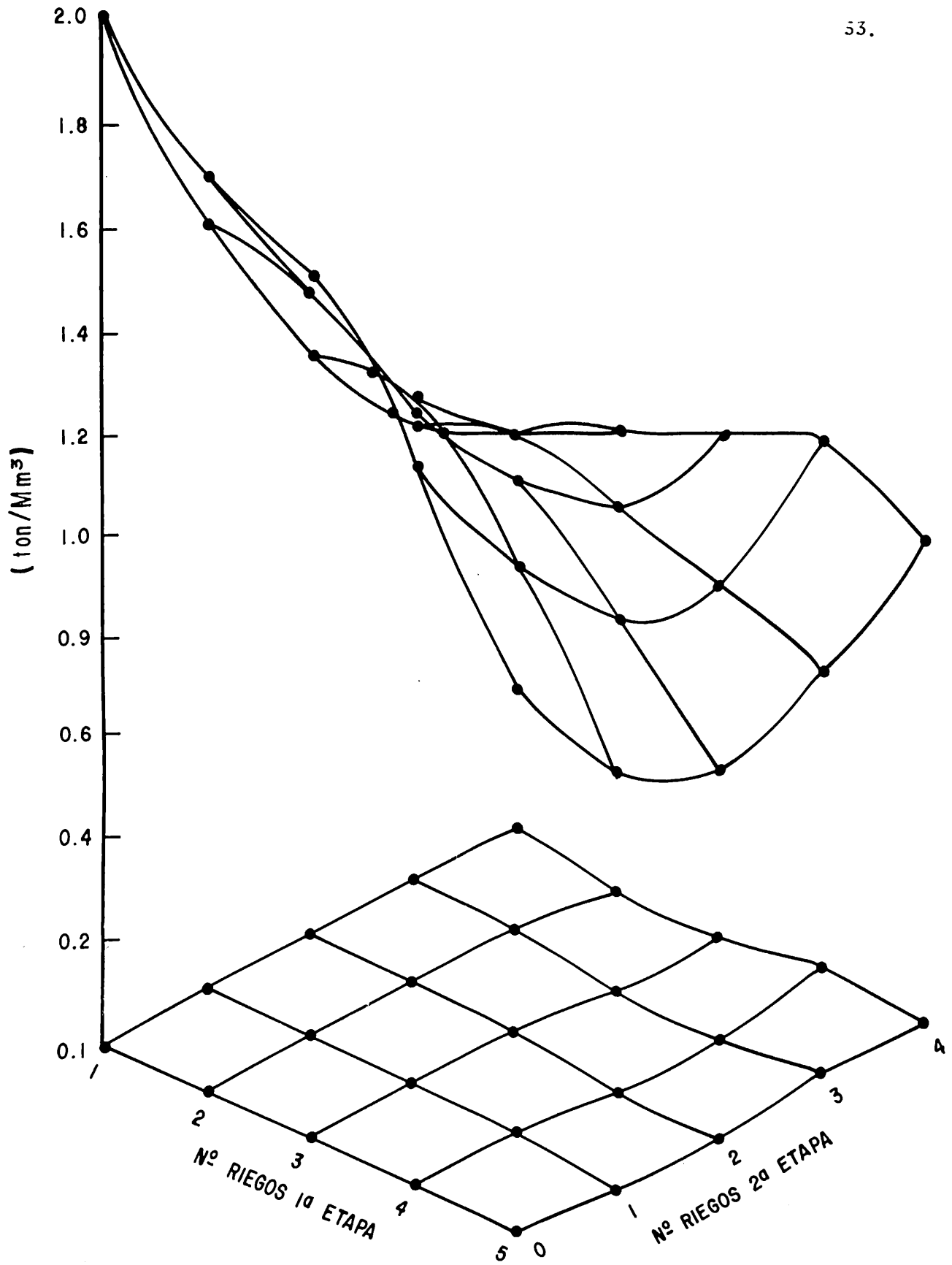


Figura 4.- Superficie de respuesta grano (ton/Mm³)

El ANVA combinado para esta variable se encuentra en el Cuadro 18 y en él sucedió lo mismo que para la variable ton/ha, es decir el modelo propuesto no es el más correcto, pero quizás pueda ser de utilidad práctica en estudios preliminares.

El Cuadro 19 muestra la comparación de medias para esta variable y en él se puede observar que los mejores tratamientos fueron el (3-4, 5-4, 2-3, 4-3 y 3-2) siendo los tratamientos más bajos el (1-2 y 1-0).

ANALISIS ECONOMICO

Considerando la importancia económica que puede tener el maíz en la Región, la comparación de los tratamientos se hizo en base al beneficio neto y se actualizaron todos los costos.

COSTOS DE CULTIVO

Estos se dividieron en dos grupos, costos fijos y costos variables; los primeros son debido a insumos y actividades necesarias para el buen desarrollo del cultivo y los costos variables de acuerdo con los fertilizantes aplicados, el consumo de energía por la aplicación del riego, etc.

MODELO DE REGRESION

El modelo obtenido para beneficio neto de los tratamientos estudiados y que explica el comportamiento general del beneficio neto en el cultivo del maíz con riego por gravedad es de la siguiente forma:

$$Y = 1.3889.624 + 1270.4742R_1 + 1312.4090R_1R_2 \quad (9)$$

*

**

$$R^2 = .41$$

* coeficientes significativos con $\alpha = 0.00$

** coeficientes significativos con $\alpha = 0.18$

Prueba para la existencia de un máximo

$$\frac{\partial^2 y}{\partial R_1^2} = 0 \quad \frac{\partial^2 y}{\partial R_2^2} = 0 \quad \frac{\partial^2 y}{\partial R_1 \partial R_2} = 1312.4090$$

$$\left(\frac{\partial^2 y}{\partial R_1^2} \right) \left(\frac{\partial^2 y}{\partial R_2^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 y}{\partial R_1 \partial R_2} \right)^2 = (0)(0) - (1312.4090)^2$$

$$= - 1722417.38$$

$$- 1722417.38 < 0$$

∴ La función no tiene máximo

OBTENCION DEL MAXIMO LOCAL

El máximo se obtuvo utilizando el mismo proceso descrito anteriormente para rendimiento en ton/ha y empleado también para la variable ton/Mm^3 .

En relación con este modelo que explica el comportamiento fisiológico de los tratamientos estudiados, se concluyó en base a la obtención del máximo local que el máximo beneficio

neto fué de \$ 46,490.19, el cual corresponde al tratamiento que tuvo 5 riegos en la primera etapa fisiológica y 4 riegos en la segunda etapa fisiológica.

Como se puede observar este tratamiento resultó ser el mejor lo mismo que para ton/ha.

La superficie de respuesta y el análisis de varianza combinada para tratamientos y regresión se pueden ver en la figura 5 y en el Cuadro 18 respectivamente.

CUADRO 17. INGRESO NETO MILES DE PESOS / HA.

F E C H A TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				\bar{X}
	I	II	III	IV	
1 - 0	11,833	5,607	9,269	- 3,572	5,784.25
1 - 2	14,224	8,590	20,445	15,711	14,742.50
1 - 4	16,812	11,684	20,313	21,299	17,527.00
2 - 1	11,231	30,542	10,542	22,629	18,736.00
2 - 3	30,968	24,547	39,818	23,481	29,703.50
3 - 0	17,254	23,723	22,086	8,965	17,957.00
3 - 2	32,338	32,413	17,622	29,596	27,992.25
3 - 4	41,958	34,702	37,713	34,562	37,233.75
4 - 1	22,835	29,139	29,891	14,701	24,141.00
4 - 3	30,805	16,094	30,616	39,741	29,314.00
5 - 0	22,968	24,008	14,398	19,785	20,389.75
5 - 2	34,127	10,494	29,278	21,727	20,659.00
5 - 4	29,469	32,222	36,860	33,569	33,030.00

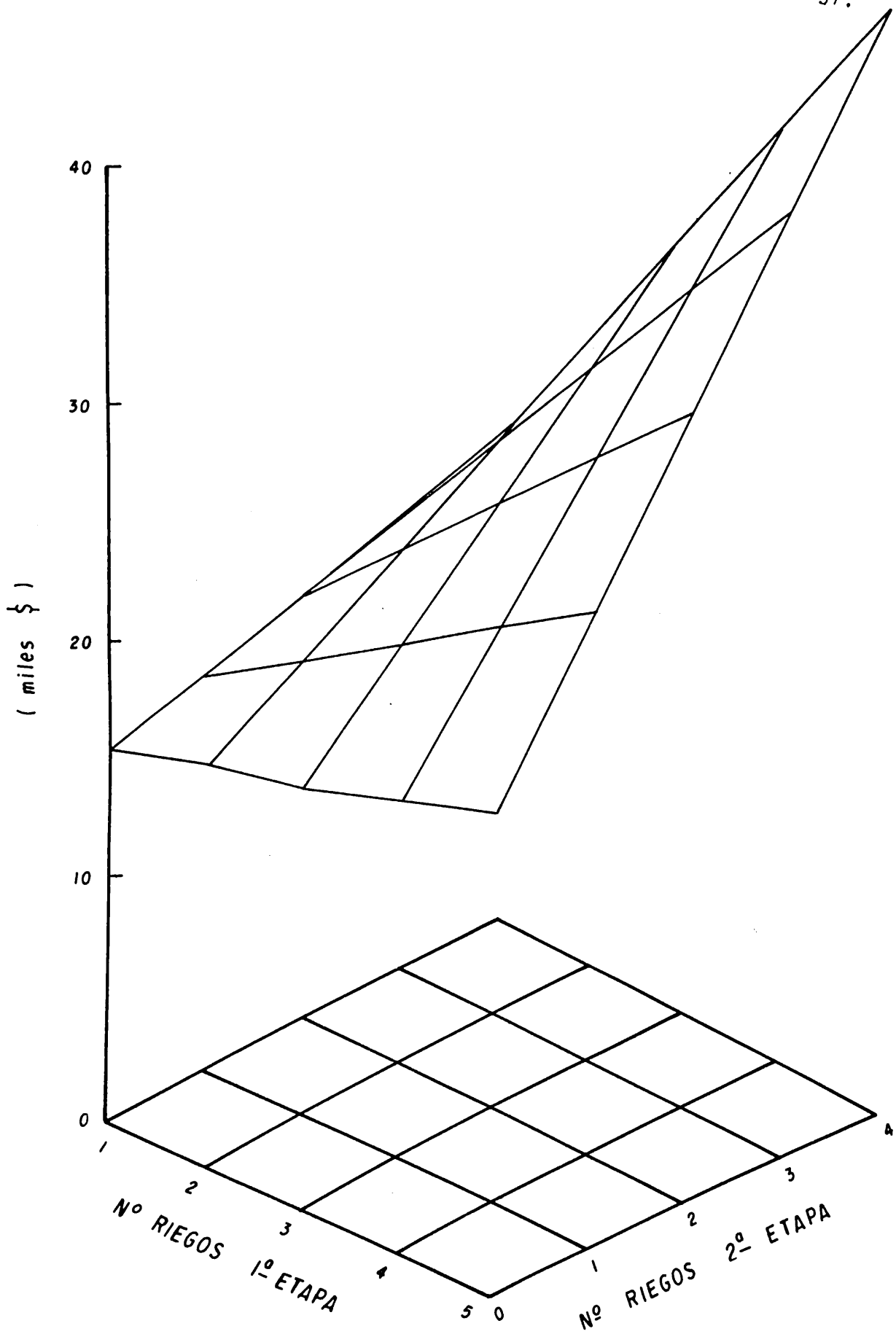


Figura 5 Superficie de respuesta beneficio neto

CUADRO 18. ANVA PARA INGRESO NETO

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.c	F	F.05	F.01
Rep	60856814.11	3	20285604.7	.451	.999NS	2.86	4.38
Trat	3509281960.08	12	292441163.3	6.500	.001**	2.03	2.72
Reg	2151250219.52	2	1075625105.1	23.908	**	3.26	5.25
F.A.	1358031740.76	10	135803174.0	5.019	**	2.10	2.86
Error	1019643909.96	36	44990108.6				
Total	5189782684.15	51	101760444.78				

NS = no significativo

** = altamente significativo

OTROS MODELOS OBTENIDOS

Además de los modelos obtenidos para rendimiento en grano ton/ha, rendimiento en grano ton/mm³ y beneficio neto se obtuvieron los modelos que explican el comportamiento de la producción de forraje verde ton/mm³, número de mazorcas/ha y forraje seco ton/mm³.

RENDIMIENTOS DE FORRAJE VERDE Y SECO TON/HA

Los cuadros 5 y 6 del apéndice muestran la no significancia para tratamientos de estas dos variables respectivamente; sin comentarios.

RENDIMIENTO FORRAJE VERDE TON/MM³

La figura 6 muestra las medias de rendimiento de cada uno de los trece tratamientos.

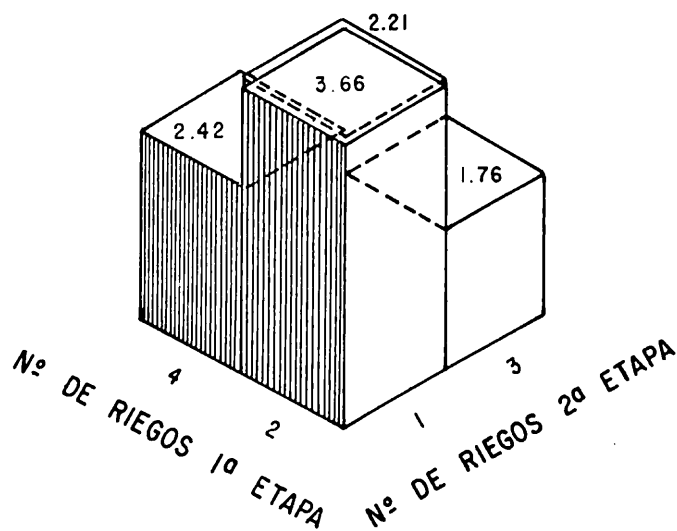
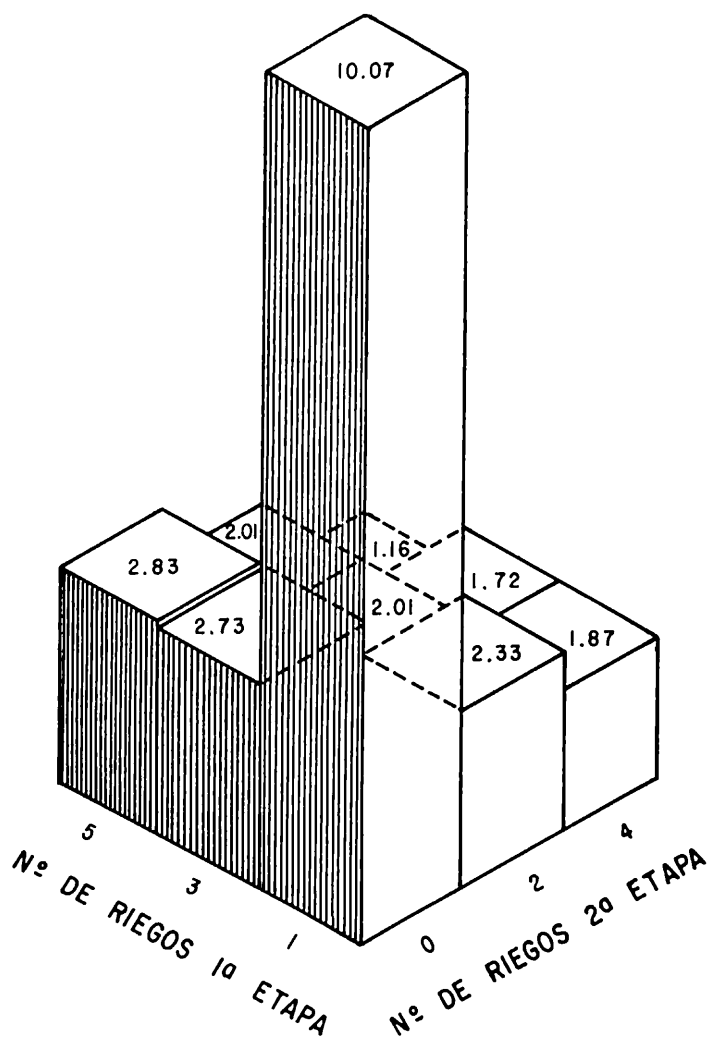


Figura 6: Rendimiento forraje verde (ton/Mm³.)

CUADRO 19. COMPARACION DE MEDIAS INGRESO NETO

T. 05 SX	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.37	3.39	3.40	
	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	3353.73	
	9591.67	10094.72	10396.56	10631.32	10799.01	10966.70	11067.31	11167.92	11235.0	11302.07	11369.14	11402.68	
	3-4	5-4	2-3	4-3	3-2	4-1	5-2	5-0	2-1	3-0	1-4	1-2	1-0
5784.25	37231.75	33030.0	29703.50	29314.0	27992.25	24141.0	20659.0	20289.75	18736.0	17957.00	17527.0	14742.50	5784.25
14742.50	31449.5	27245.75	23919.25	23529.75	22208.0	18356.75	14874.75	14505.5	12951.75	12172.75	11742.75	8958.25	0
17527.0	22491.25	18287.5	14961.0	14571.50	13249.75	9398.5	5916.5	5547.25	3993.50	3214.50	2784.5	0	0
17957.00	19706.75	15503.0	12176.5	11787.0	10465.25	6614.0	3132.0	2762.75	1209.0	430.0	0	0	0
18736.0	19276.75	15073.0	11746.5	11357.0	10035.25	6184.0	2702.0	2332.75	779.0	0	0	0	0
20289.75	18497.75	14294.0	10967.5	10578.0	9256.25	5405.0	1923.0	1553.75	0	0	0	0	0
20659.0	16944.0	12740.25	9413.75	9024.25	7702.5	3851.25	369.25	0	0	0	0	0	0
24141.0	16574.75	12371.0	9044.5	8655.0	7333.25	3482.0	0	0	0	0	0	0	0
27992.25	13092.75	8889.0	5362.5	5173.0	3851.25	0	0	0	0	0	0	0	0
29314.0	9241.50	5037.75	1711.25	1321.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29703.50	7919.75	3716.0	389.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33030.0	7530.25	3126.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37233.75	4203.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En el Cuadro 20 se encuentra el análisis de varianza combinado y en él se aprecia la diferencia significativa que existe para tratamientos y por tal razón se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Duncan, la cual está representada en el Cuadro 21 y en el que tratamientos unidos con la misma línea son iguales.

CUADRO 20. ANVA COMBINADO PARA FORRAJE VERDE TON/MM³

FACTORES DE CONSUMO	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	Fc	F	F.05	F.01
Rep.	8.514	3	2.838	1.521	0.224	N.S.	2.86 4.38
TMT	235.114	12	19.593	10.505	0.001	**	2.03 2.72
Regresión	198.895	5	39.779	21.329		**	2.48 3.58
F.A.	36.219	7	5.174	2.774		*	2.28 3.18
Error	67.153	36	1.865				
Total	310.781	51	6.094				

N.S. = no significativo

** = altamente significativo

Se puede apreciar en el Cuadro 21 que el mejor tratamiento es el 1-0 ya que es diferente a todos y éstos a su vez son similares, una vez más este tratamiento aparece como el mejor ya que en la variable rendimiento en grano ton/Mm³ también fué uno de los mejores como ya se vió anteriormente.

CUADRO 21. COMPARACION DE MEDIAS FORRAJE VERDE TON/MM³

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
T 05	2.86	3.01	3.10	3.17	7.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.37	3.39	3.40	
SX	.682	.682											
	1.95	2.05	2.11	2.16	2.20	2.23	2.25	2.27	2.28	2.30	2.31	2.32	
	1-0	2-1	5-0	3-0	4-1	1-2	4-3	3-2	5-2	1-4	2-3	3-4	5-4
	10.07	3.66	2.83	2.73	2.42	2.33	2.21	2.01	2.01	1.87	1.76	1.72	1.16
1.16	8.91	2.50	1.67	1.57	1.26	1.26	1.05	0.85	0.85	0.71	0.60	0.56	0
1.72	8.35	1.94	1.11	1.01	0.70	0.61	0.49	0.29	0.29	0.15	0.04	0	
1.76	8.31	1.90	1.07	0.97	0.66	0.57	0.45	0.25	0.25	0.11	0		
1.87	8.20	1.79	0.96	0.86	0.55	0.46	0.34	0.14	0.14	0			
2.01	8.06	1.65	0.82	0.72	0.41	0.32	0.20	0	0				
2.01	8.06	1.65	0.82	0.72	0.41	0.32	0.20	0					
2.21	7.86	1.45	0.62	0.52	0.21	0.12	0						
2.33	7.74	1.33	0.50	0.40	0.09	0							
2.42	7.65	1.24	0.41	0.31	0								
2.73	7.74	0.93	0.10	0									
2.83	7.24	0.83	0										
3.66	6.41	0											
10.07	0												

MODELO PARA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE TON/MM³

$$Y = 12.5995 + .45952372R_1^2 + .37780487R_2^2 + .59181828R_1R_2 \quad (10)$$

$$- 4.2888984R_1 - 3.8453505R_2$$

$$R^2 = 0.63$$

Todos los coeficientes fueron significativos con $\alpha = 0.00$

NUMERO DE MAZORCAS/HA

Los resultados obtenidos para esta variable se encuentran en la figura 7 y el análisis de varianza combinado, en el cuadro 22, en este último se observa que hubo alta significancia para tratamiento y NS* para bloques por lo que se procedió a realizar la comparación de medias de Duncan la cual se muestra en el cuadro 23 y señalando con líneas contínuas los tratamientos iguales, se puede observar que los mejores tratamientos fueron el (3-4, 2-3, 5-4, 1-4, 3-0, 4-1 y 3-2).

MODELO PARA PRODUCCION NUMERO DE MAZORCAS/HA

$$Y = 52689.749 + 652.54941R_2^2$$

$$R^2 = .24$$

Todos los coeficientes fueron significativos con $\alpha = 0.00$

* no significativo

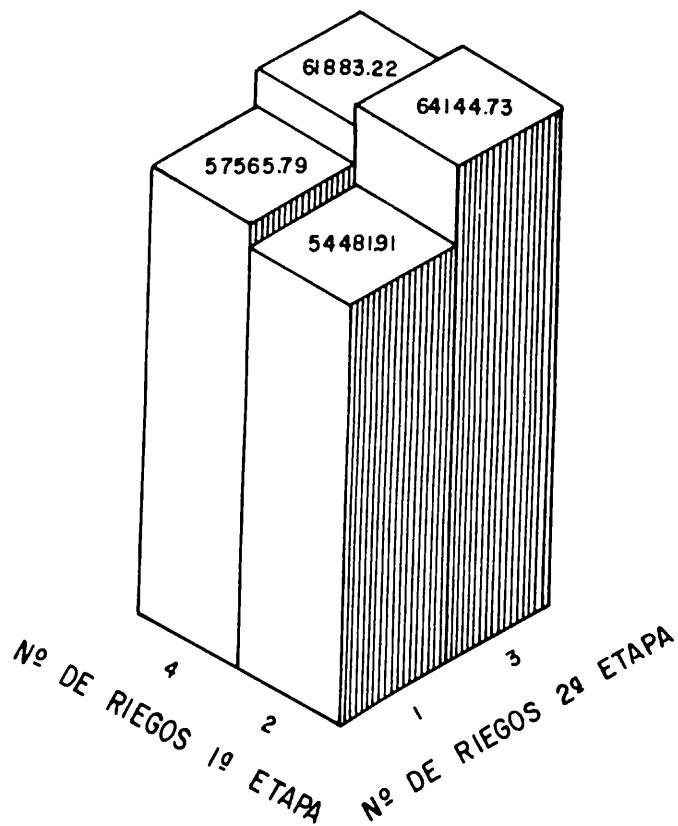
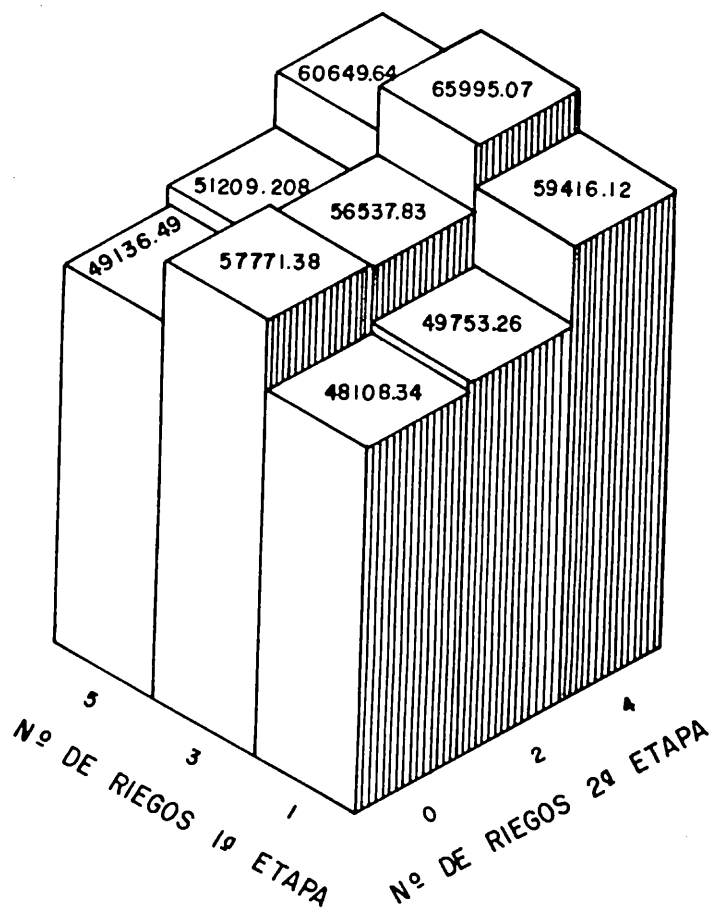


Figura 7.- Número de mazorcas/ha

CUADRO 22. ANVA COMBINADO PARA NUMERO DE MAZORCAS/HA

FACTORES DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	Fc	F	F.05	F.01
Rep	59773615.624	3	19924528.541	.409	.999N.S.	2.86	4.38
TMT	1606812589.894	12	133901049.154	2.75	.009**	2.03	2.72
Regresión	833225892.253	1	833225892.253	17.12	**	4.11	7.39
F.A.	77358696.8	11	70526063.35	1.44	N.S.	2.06	2.78
Error	1251330522.187	36	48648070.061				
Total	3417916722.706	51	67017975.053				

MODELO PARA PRODUCCION FORRAJE SECO TON/MM³

$$Y = 4.2295117 + \underset{*}{.25093913}R_1R_2 - \underset{***}{.67509056}R_1 - \underset{*}{.99911722}R_2$$

$$R^2 = 0.16 \quad (12)$$

* coeficientes significativos con $\alpha = 0.00$

** coeficientes significativos con $\alpha = 0.05$

*** coeficientes significativos con $\alpha = 0.02$

Se probó un modelo no lineal denominado Coob-Douglas cuya estructura es la siguientes:

$$Y = B X^a Z^b$$

Donde: B a y b son los parámetros estimados, X y Z son las variables independientes y Y es la variable dependiente.

CUADRO 23. COMPARACION DE MEDIAS NUMERO DE MAZORCAS/HA

T	0.05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.29	3.30	3.33	3.35	3.37	3.39	3.40
SX	3487.41												
Duncan	9973.99	10497.10	10810.97	11055.09	11229.46	11403.83	11508.45	11613.07	11683.82	11752.57	11822.32	11857.19	
	3-4	2-3	4-3	5-4	1-4	3-0	4-1	3-2	2-1	5-2	1-2	5-0	1-0
48108.34	65995.07	64144.73	61883.22	60649.67	59416.12	59971.38	57565.79	56537.83	54481.91	51809.208	49753.26	49136.49	48108.34
49136.49	17886.73	16036.39	13774.88	12541.33	11307.78	9663.04	9457.45	8429.49	6373.57	3700.87	1644.92	1028.15	0
44753.26	16858.58	15008.34	12746.73	11513.18	10279.63	8634.89	8429.3	7401.34	5345.42	2672.72	616.77	0	
51809.208	16241.81	14391.47	12129.96	10896.41	9662.86	8018.12	7812.53	6784.57	4728.65	2055.95	0		
54481.91	14185.86	12335.52	10074.012	8840.46	7606.91	5962.17	5756.58	4728.62	2672.70	0			
56537.83	11513.16	9662.82	7401.31	6167.76	4934.21	3289.47	3083.88	2055.92	0				
57565.79	9457.24	7606.9	5345.39	4111.84	2878.29	1233.55	1027.86	0					
57771.38	8429.28	6578.94	4317.43	3083.88	1850.33	305.59	0						
59416.12	8223.69	6373.35	4111.84	2878.29	1644.74	0							
60649.67	6578.95	4728.61	2467.1	1233.55	0								
11883.22	3345.40	3495.06	1233.55	0									
64144.73	4111.85	2261.51	0										
65995.07	1860.34	0											
	0												

Para la variable dependiente grano ton/ha y la variable independiente humedad aprovechable, a continuación se presenta el modelo obtenido, mediante el método de mínimos cuadrados.

$$Y = 8.29 H_1 .0028442894 H_2 .0017831868 \quad (13)$$

Con una significancia igual a 0.00 para las dos variables y una $R^2 = 0.51$

Donde: Y = rendimiento grano ton/ha

H_1 = humedad aprovechable en la primera etapa

H_2 = humedad aprovechable en la segunda etapa

Con relación a la variable ingreso neto el modelo fue el siguiente:

$$IN = 32.32 H_1 0.43571064 E-12 H_2 .0025600054 \quad (14)$$

Todas las variables significativas al 0.00 y una $R^2 = 0.45$

Donde: IN = ingreso neto

H_1 = humedad aprovechable en la primera etapa

H_2 = humedad aprovechable en la segunda etapa

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los datos obtenidos en este experimento y después de haber analizado los resultados, y considerando las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La función de producción obtenida para la variable grano ton/ha fué la siguiente:

$$Y = 3.6728771 + .20867126 R_1 + .22943216 R_1 R_2$$

$$R^2 = 0.46$$

Con la cual se obtiene un valor máximo de 9.305 ton/ha con cinco riegos en la primera etapa fenológica y cuatro riegos en la segunda etapa que fué el rango explorado en el experimento.

2. La función de producción para la variable ingreso neto fue la siguiente:

$$Y = 1.3889.624 + 1270.4742 R_1 + 1312.4090 R_1 R_2$$

$$R^2 = 0.41$$

La cual arroja un rendimiento neto de \$ 46,490.19 con cinco riegos a la primera etapa fenológica y cuatro riegos a la segunda etapa.

3. El modelo Coob-Douglas que explica el comportamiento del fenómeno para la variable grano ton/ha y la variable independiente humedad aprovechable fué el siguiente:

$$Y = 8.29 H_1^{.0028442804} H_2^{.0017836868}$$

$$R^2 = 0.51$$

4. Con relación a la variable ingreso neto, el modelo Coob-Douglas fué el siguiente:

$$IN = 32.30 H_1^{0.43571014 E-12} H_2^{.0025600054}$$

$$R^2 = 0.45$$

5. El mejor tratamiento en el campo produjo un rendimiento de 9.231 ton/ha con tres riegos en la primera etapa y cuatro riegos en la segunda etapa.

6. Un calendario de riegos que se obtuvo, que produce buenos rendimientos y que puede ser operable por el Distrito de Riego No. 017, es el siguiente:

IR 0 - 43 - 20 - 11 - 23

LR 10 - 11 - 14 - 11 - 12

L. TOTAL 58 cm

Que consiste en dos riegos en la primera etapa del ciclo del

cultivo y tres riegos en la segunda etapa.

7. Se confirma que con un buen uso y manejo del agua de riego se pueden obtener altos rendimientos en los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera C. M. y Martínez E. R. 1980. Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Aguirre S. O. 1975. Guía climática de la Comarca Lagunera, Seminarios Técnicos del CIANE, Vol. 11 No. 9.
- Aldirch R. S. y Leng R. E. 1974. Producción moderna del maíz, editorial Hemisferio Sur.
- Barnes D. L. y D. G. Wooley 1969. Effect of moisture stresses of different stages of growth. Agronomy Journal Vol. 61 (5) 750-788.
- CIAN, INIA, SARH. 1980. Guía técnica del viticultor, Comarca Lagunera, México.
- Cochran W. C. y Cox G. M. 1974. Diseños experimentales, Editorial Trillas. México.
- Denmead O. T. y R. H. Shaw 1960. The effects of soil moisture stresses at different stages of growth in the development and yield of corn. Agronomy Journal 52, 272-274
- Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agronomy Journal. 54, 385-390.

Dale R. F. y R. H. Shaw 1965. The climatology of soil moisture atmospheric demand, and resulting moisture stresses day for corn at Ames, Iowa. J. Appl. Met. Vol. 4, 601-669.

De León C. I. 1981. Evaluación de modelos de producción para el cultivo de maíz en función del régimen hídrico en diferentes etapas fenológicas. Tesis de maestría U.A.A.A.N.

Escobar G. J.A. Metodología para el estudio de una superficie de respuesta en base al diseño cuadrado doble. Chapingo, México.

Enríquez S. M. 1984. Efecto del déficit de humedad en el suelo inducido en tres etapas fenológicas sobre la producción de frijol. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Fleming P. M. 1966. Crops water requirements and irrigation. Procc. of the world meteorological. Seminar, Australia 591-688.

Flinn J.C. y W. F. Musgrave (1967). Development and analysis of input-output relations for irrigation water. Journal Australian of Agricultural Economics. Vol. 17, No. 1, 1-22-

The simulation of crop irrigations systems from system analysis in agricultural management. Edited by John wiley Sydney.

- Hagan R. M. et al 1959. Interpretación de las respuestas de las plantas al régimen de humedad del suelo . Advan. Agron. 11: 77-98.
- Hanway J.J. 1963. Growth stages of corn (zea mays L) Agron. J. Vol. 10, 487-991.
- Hernández S. A. 1957. Variables de humedad del suelo durante la primera parte del desarrollo del maíz y variables de nitrógeno en relación con el rendimiento. Tesis Profesional E.N.A. Chapingo, México.
- Hernández H.A. 1976. Efectos de niveles de humedad y dosis de fertilización sobre uso de agua y rendimiento de maíz superenano. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. U.A.A.A.N.
- Hiler, E.A. y R. N. Clark 1971. Strees day index to characterize effects of water strees on crop yields. Transactions of the A.S.A.E. Vol. 14.
- Ibarra A. R. 1981. Diagnóstico del Uso de los recursos en sistemas de producción a través de funciones de producción. Boletín Técnico No. 6, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Kramer P.J. 1969. Plant and soil relationship. A modern synthesis. McGraw Hill Book Company. 482

- Laird R. J. y H.H. Lizarraga 1959. Fertilizantes y población óptima de plantas para maíz de temporal en Jalisco S.A.G. México. Folleto Técnico No. 35.
- Martínez G. M. 1971. Aspectos económicos del diseño y análisis de experimentos. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, México.
- Martínez G.A. y Palacios V. E. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Un enfoque metodológico de investigación 1978.
- Moreno D. L. 1979. Obtención de una función de producción de frijol en base a regímenes variables de humedad del suelo. Tesis de maestría en Ciencias Especialista en Riego y Drenaje. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Moreno R. A. 1979. Informe del experimento de maíz. Verano 1979, mimeógrafo CENAMAR-SARH.
- _____ 1980. Informe del experimento de maíz, primavera 1980, mimeógrafo CENAMAR-SARH.
- Palacios V.E. 1977. La evapotranspiración de los cultivos y en relación con los rendimientos. Memorias del X Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México, D.F.

- Introducción a la teoría de la operación de distritos y sistemas de riego. E.N.A. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Palacios V. E. y Martínez G. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de la humedad del suelo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Peña I. de la 1978. El buen uso y manejo del agua de riego. la. parte. Boletín técnico No. 8 del Comité Directivo del Distrito de Riego No. 11, Cd. Obregón Sonora, México.
- Ramírez C. J. 1969. Características generales de series de suelos en la Comarca Lagunera, Coah. y Dgo. México.
- Robles S. R. 1980. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa, segunda edición.
- Rojas B. A. 1963. El diseño San Cristobal en experimentos de fertilizantes. I.T.A.V. México.
- Rubio M. D. 1976. Adaptación del maíz de grano al calendario de riego autorizado para algodonoero en la Comarca Lagunera CIANE, INIA, SAG.
- Salter P.J. y J.E. Goode 1967. Crop response to water at different stages of growth. Commomeat Agricultural Bureax Fanndam Royal, England.

- Santamaría C. E. 1981. Desarrollo de una metodología para conocer el tamaño de muestra para ordenar muestreos de humedad del suelo en una prueba experimental. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, San Luis Potosí, S.L.P. México, Tomo I.
- S.R.H. Memorando Técnico No. 106. 1955. Prácticas de Fertilización y riego del maíz en las nuevas tierras de riego. México, D.F. 10. de Octubre de 1955.
- Memorando Técnico No. 345. 1973-1974. Resultado de ocho experimentos realizados en los distritos de riego durante el subciclo primavera-verano 1973-1974.
- SARH-INIA 1977. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola Area de Influencia del Campo Agrícola Experimental "La Laguna" CIANE, México.
- SARH. 1978. Características de los distritos de riego Región Noroeste y Centro Norte, Tomo I, México, D. F.
- Stewart, J.L., R.D. Misra, W.O. Pruitt 1975. Irrigation corn and Sorghum with a deficient water supply. Transactions of the A.S.A.E. 270-280.
- Taylor S.A. y B. Baharani 1961. Influence of soil moisture and evaporative demand on the actual evapotranspiration of an alfalfa field. Agron. J. Vol. 53, 233-237.

- Thornthwaite, C.W. 1954. Un nuevo exámen del concepto y la medición de la evapotranspiración potencial. John Hopkins. Univ. Climatol Publ. No. 7.
- Turrent T. A. y Laird R. J. 1978. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Rama de suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- U.S. Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. Handbook 60, U.S.D.A.
- Van Bavel y F. J. Verlinden ,1956. Sequía Agrícola en Carolina del Norte, N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 122.

A P E N D I C E

CUADRO 1. ANVA PARA LA VARIABLE TON/HA.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	S.F.
Efectos Princip.	102.445	15	6.830	6.513	.001**
Trat	101.027	12	8.419	8.028	.001**
Rep	1.418	3	.473	.451	.999NS
Residual	37.752	36	1.049		
Total	140.797	51	2.749		

NS = no significativo

** = altamente significativo

CUADRO 2. ANVA PARA LA VARIABLE TON/MM³

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	S.F.
Efectos Princip.	7.092	15	.473	3.645	.001**
Trat	6.692	12	.558	4.299	.001**
Rep	.401	3	.134	1.030	.392 NS
Residual	4.669	36	.130		
Total	11.762	51	.231		

NS = no significativo

** = altamente significativo

CUADRO 3. MODELOS CUADRATICOS OBTENIDOS, SELECCIONADOS PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE
 RENDIMIENTO GRANO TON/HA

Variable Independiente	b0	b1	b2	b3	b4	b5	r ²
No. de riegos	3.672877 0.00	+.20867126 .16				+.22943216 .00	.46
Tensión Media	6.3633308 .00		-.030351326 .001			-.0056691110 .00	.52
Lámina Aplicada	2.9883410 .00	+.039526634 .01				+.0026039197 .00	.57
Lámina Consumida	2.4041525 .00				+.00042884481 .02	+.0031729000 .00	.63

CUADRO 4. MODELOS CUADRATICOS OBTENIDOS, SELECCIONADOS PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE RENDIMIENTO GRANO TON/mm³

Variable Independiente	b0	b1	b2	b3	b4	b5	r ²
No. de Riegos	2.0558940 .00		-.038999813 .00	-.63289418 .00	+.065455072 .03	+.066334566 .00	.48
Tensión Media	.69724818 .03	+.19907890 .22	+.024725414 .14		-.0000927598 .07	+.0039175834 .00	.53
Lámina aplicada	3.2055842 .00		+.00065044051 .00	+.058311850 .00	+.00047017647 .00	+.0007848186 .00	.52
Lámina Consumida	3.3328682 .00		-.00080739777 .00	-.10490812 .00	+.00094364823 .006	+.0009066382 .007	.53

CUADRO 5. RENDIMIENTO FORRAJE VERDE TON/HA

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				
	I	II	III	IV	\bar{X}
1-0	7.40	15.62	11.51	5.75	10.07
1-2	7.40	7.40	9.86	9.04	8.42
1-4	11.51	9.04	13.15	9.86	10.89
2-1	10.69	9.04	14.80	5.75	10.07
2-3	12.33	13.98	5.75	9.04	10.27
3-0	9.86	8.22	8.22	6.57	8.21
3-2	12.33	13.15	5.75	12.33	10.89
3-4	16.44	13.98	5.75	15.62	12.94
4-1	10.69	12.33	7.40	6.57	9.24
4-3	13.98	15.02	16.44	9.04	13.77
5-0	9.04	9.86	19.73	9.04	11.91
5-2	14.80	12.33	5.75	12.33	11.30
5-4	13.15	14.80	16.44	13.15	14.88

CUADRO 6. RENDIMIENTO FORRAJE SECO TON/HA

TRATAMIENTOS	R E P E T I C I O N E S				
	I	II	III	IV	\bar{X}
1	3.59	6.80	6.54	3.19	5.03
2	4.24	3.86	5.08	4.37	4.38
3	8.09	4.77	6.19	5.17	6.05
4	6.16	4.57	8.06	2.99	5.44
5	7.12	6.61	3.17	5.18	5.52
6	6.12	4.19	4.03	4.48	4.70
7	7.66	7.24	3.44	6.68	6.25
8	8.96	6.27	3.23	7.27	6.43
9	7.80	7.34	4.35	3.87	5.69
10	6.95	7.41	8.85	5.06	7.06
11	4.50	5.16	10.22	4.99	6.21
12	7.34	6.94	3.20	7.40	6.22
13	7.79	6.87	9.50	5.86	7.50

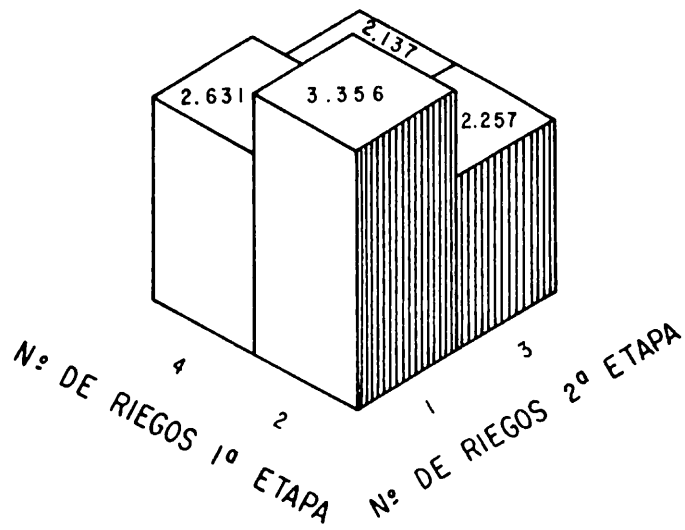
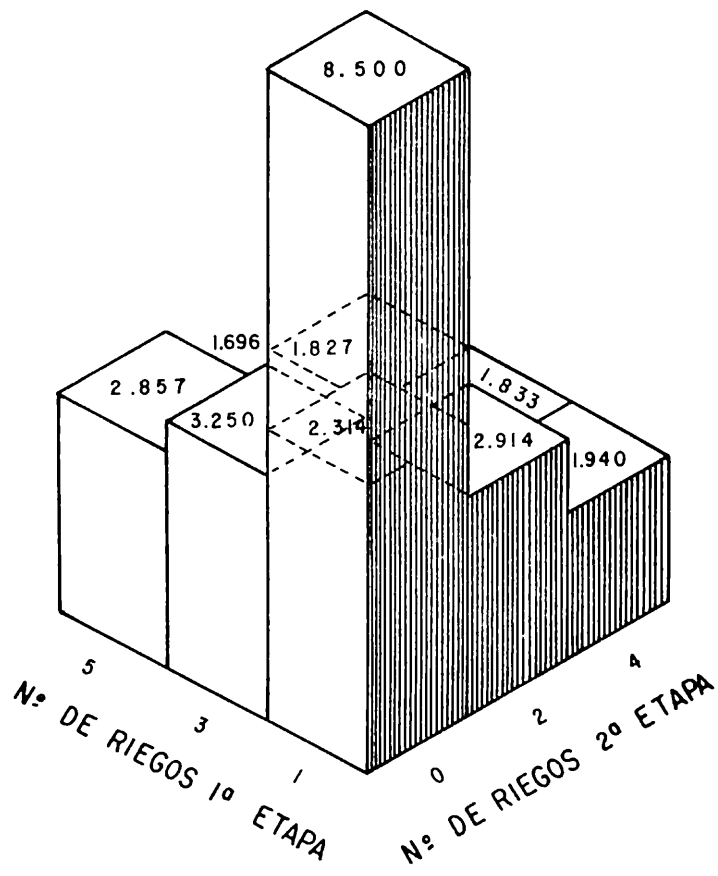


Figura 4.- Rendimiento en mazorcas (ton/Mm³)

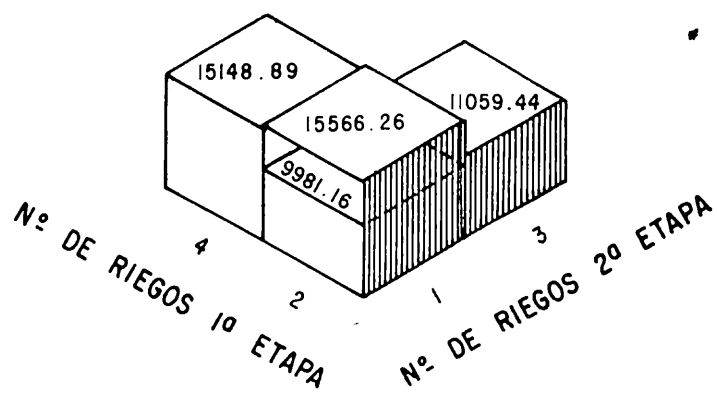
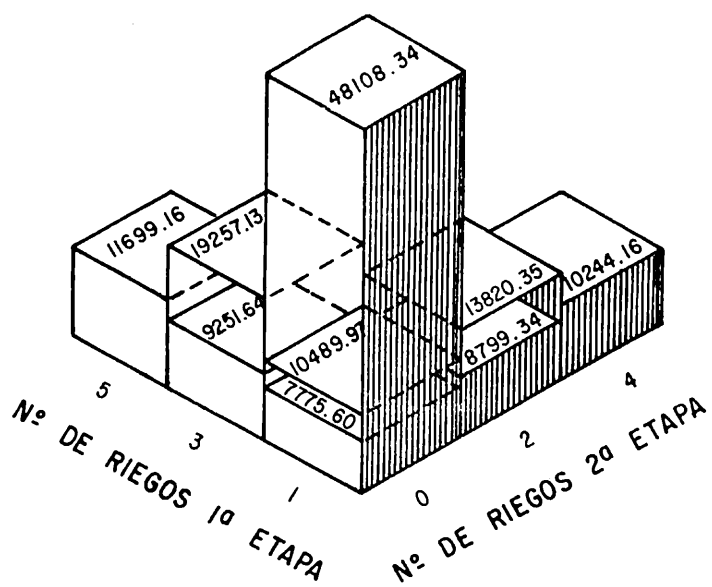


Figura 3 : Número de mazorcas / Mm³.

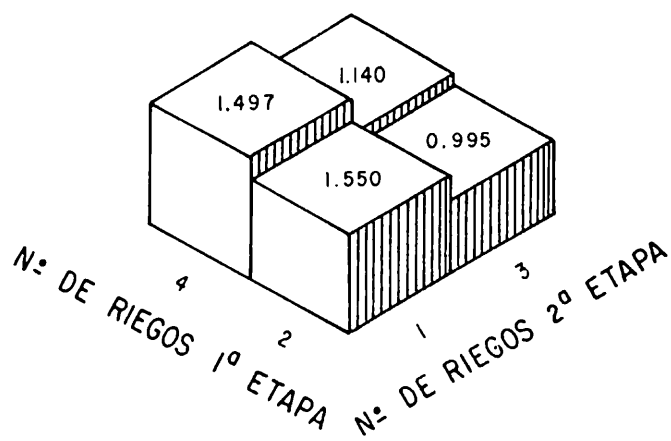
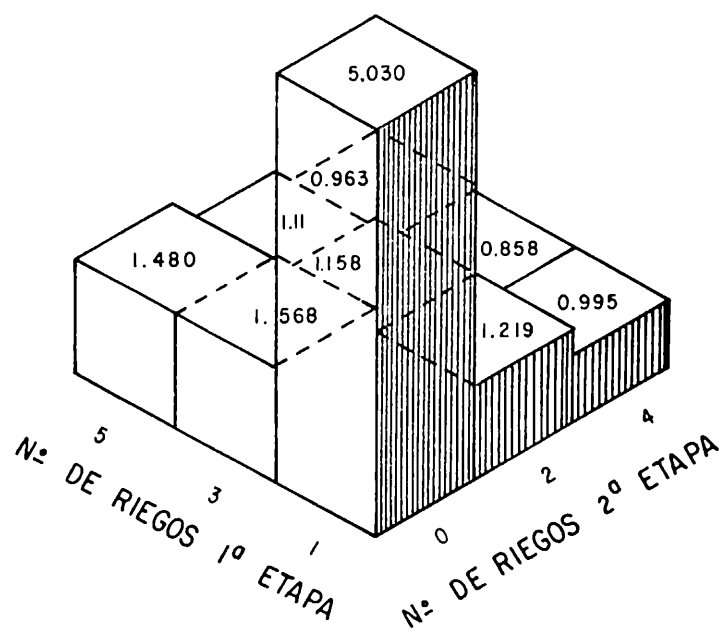


Figura 2 .- Rendimiento forraje seco (ton/Mm³.)

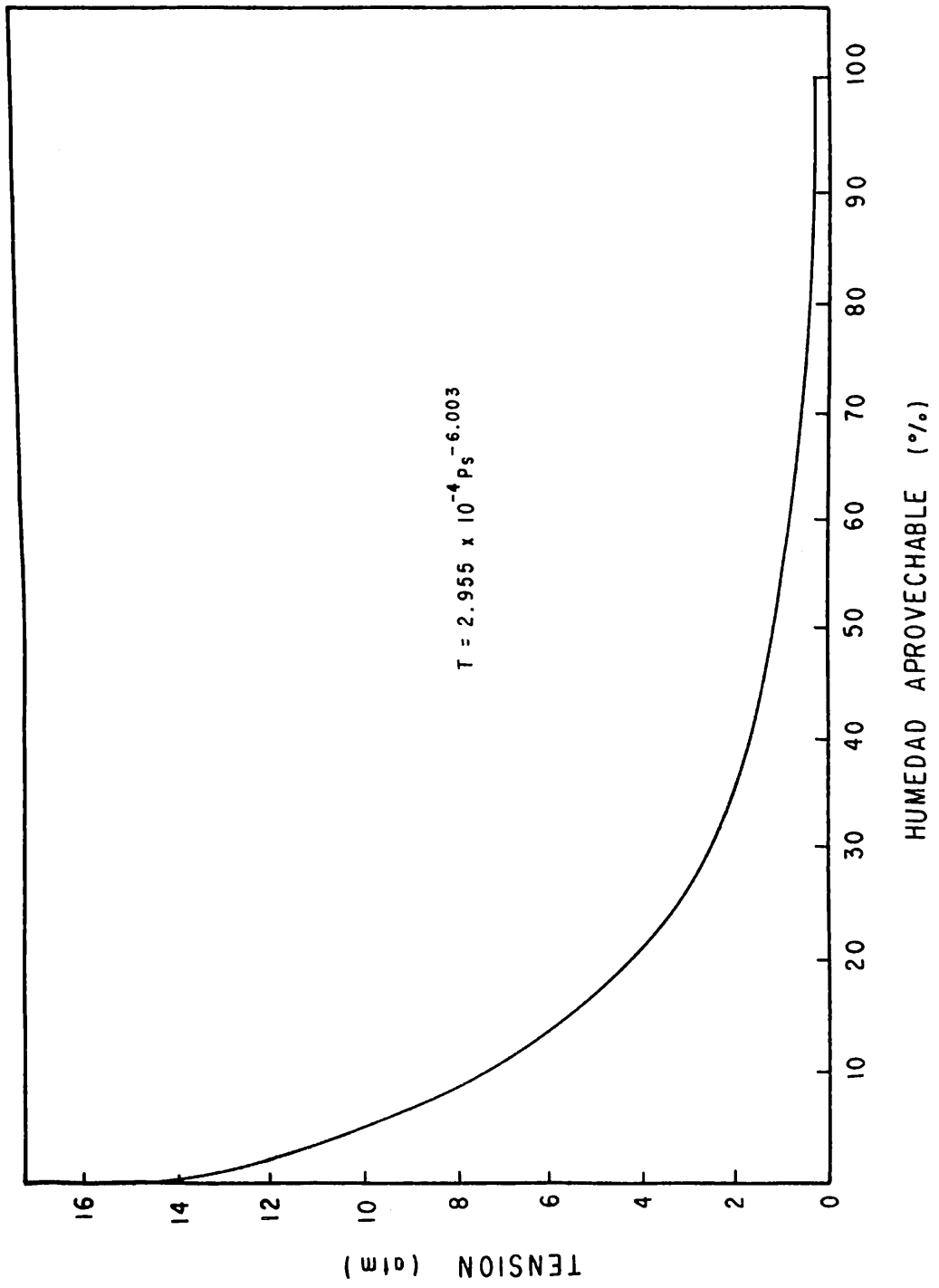


Figura 1.- Curva de retención de humedad profundidad 0-30