



Terra

Organo Oficial de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Año 2

Junio - Diciembre 1984

Número 2



● Artículos Científicos

SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA
DEL SUELO, A.C.

MESA DIRECTIVA 1982-1984

Presidente

DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ

Vicepresidente

M.C. ALEJANDRO TRUEBA CARRANZA

Secretario General

DR. BENJAMIN PEÑA OLVERA

Tesorero

ING. JORGE VILLARREAL GONZALEZ

Secretario Técnico

ING. OSEAS FERNANDEZ MARROQUIN

Secretario de Relaciones Públicas

DR. EVERARDO ACEVES NAVARRO

Secretario de Eventos Internacionales

M.C. GILDARDO CARMONA

Primer Vocal

ING. ANTONIO VELAZQUEZ HERNANDEZ

Segundo Vocal

ING. EVODIO BOTELLO.

Comité Editorial

M.C. Alejandro Trueba Carranza, Presidente
Ing. Rubén Guajardo Veiya, Presidente de División
Dr. Enrique Palacios Vélez, Presidente de División
Dr. José Isabel Cortés Flores, Presidente de División
M.C. Héctor R. Becerril Toral, Presidente de División
Dr. Nicolás Sánchez Durón, Presidente Fundador
Srita. Gloria del Carmen Colorado F., Asesor Técnico

"Terra". Registro en trámite. Organismo oficial de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Año 2, número 2. Julio-Diciembre de 1985. Los artículos firmados son de responsabilidad absoluta del autor.

Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido de esta revista, citando esta fuente de información.

SMCS. Apartado Postal 45, C.P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel. 585-45-55, Ext. 5237.

I N D I C E

Editorial

Artículos Científicos.

División I

Efecto de siete métodos de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo y su relación con el rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) bajo condiciones de temporal en la región de Corpus Christi, Texas.

División II

Efecto de la sequía sobre algunos aspectos reproductivos del frijol. (*Phaseolus vulgaris* L.)

Oportunidad e intensidad de los labores post-cosecha en algodón y su relación con la conservación de la humedad (Invierno 1981 y 1982-83).

Evaluación del riego de postsiembra del algodón en la Región Lagunera. Coahuila y Durango.

Uso consuntivo de cuatro cultivos en los Valles Centrales de Oaxaca.

Efecto de la tensión de humedad del suelo sobre el desarrollo, rendimiento y calidad de trigo, variedad Nadadores.

Relación entre el contenido de humedad del suelo, la evaporación y producción de Biomasa en frijol

DIVISION III

Dosis óptima de fertilización en sandía (*Citrullus lanatus*) en San José de Chila, Municipio de Apátzingan, Michoacán.

Determinación en la ecuación de respuesta (N,P, K) de la palma africana en la Costa de Chiapas.

Minimización del "Downy Mildew" en el cultivo del sorgo mediante barbechos profundos.

Respuesta del cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) a la fertilización nitrogenada, fosfórica y a la densidad de población en los Valles Centrales de Oaxaca.

Comparación de tres enfoques metodológicos para generar tecnología.

Descripción de la tecnología de producción y análisis económico de las unidades de producción campesina en Santa María Ajoloapan, Estado de México.

El sistema de cultivo maíz-frijol intercalados en tiras en el Norte de Tamaulipas.

El riego: una alternativa para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de trigo, en el Valle de Nochistlán, Oax.

Estudio de la fertilización en la asociación maíz-frijol de guía con frijol de mata intercalado sobre las hileras, en temporal con riego de auxilio, en la región de los Valles Centrales de Oaxaca.

EDITORIAL

La magnitud de la producción científica nacional en las áreas que comprende la Ciencia del Suelo no se refleja cabalmente en el número de trabajos publicados

La investigación científica comienza con la observación de algún fenómeno, continúa con la formulación de hipótesis, el diseño y ejecución de experimentos para probarla, la discusión de los resultados y la presentación de un reporte a la comunidad. Las conclusiones y recomendaciones que de él emanen sólo podrán ser útiles si cada una de las fases que comprende la aplicación del método científico son seguidas con rigurosidad extrema.

La publicación de resultados de experimentación científica en suelos se ve dificultada, principalmente, por dos hechos: la falta de órganos nacionales dedicados a esta actividad y por la escasa importancia que le han dado los investigadores mexicanos a dominar el arte de la comunidad escrita.

La Revista Terra ha venido a resolver parcialmente el primer problema, aún cuando estamos conscientes que su frecuencia de aparición no es suficiente para satisfacer la incipiente demanda de espacio. La labor de edición se ve dificultada por restricciones de tipo económico y por la calidad de los manuscritos que se nos hacen llegar.

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo se ha propuesto editar en el año 1985 un manual de normas básicas de redacción de artículos científicos orientado a despertar inquietud en nuestros colaboradores en estas materias y a facilitar la labor de la redacción de la revista. Instamos a todos los asociados a prestar cuidadosa atención a este documento que tiene por objeto elevar la calidad y la difusión de nuestro trabajo. Tenemos un compromiso moral con la comunidad científica y la sociedad toda y comunicarnos adecuadamente es la forma de comenzar a cumplirlo.

NUESTRA PORTADA

Camas de 1.50 m de ancho, con pendiente de 0.5 a 1 por ciento, con desarrollo de menos de 100 m, interrumpida por canales colectores empastados que conducen los escurrimientos hacia un jagüey en el que almacena el excedente de agua. Este manejo resulta eficiente para la conservación del suelo y el agua en pendientes menores al 5 por ciento, y se presta también para el cultivo intenso de la tierra, como está siendo demostrado en el Ejido Juan Jacobo Torres, Mpio. de San Andrés Tuxtla, Ver. Se puede usar tracción animal y tractor. Este es un proyecto realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y el Colegio de Postgraduados con financiamiento del CONACYT.

EFFECTO DE SIETE METODOS DE LABRANZA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO Y SU RELACION CON EL RENDIMIENTO DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN LA REGION DE CORPUS CHRISTI, TEXAS *

Salinas García, J.R.*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar siete métodos de labranza utilizados durante la preparación de la cama de siembra y evaluar su efecto sobre algunas propiedades físicas del suelo como: la densidad aparente, la porosidad total, la velocidad de infiltración, la estabilidad de los agregados, el almacenamiento del agua en el perfil del suelo y su relación con el rendimiento de grano.

Los resultados del trabajo muestran que la densidad aparente y la estabilidad de los agregados en el estrato superficial (0 a 15 cm) se mejoran con los métodos de labranza que incorporan parcialmente los residuos de cosecha, mientras que la mejora de la densidad aparente en el estrato de 15 a 30 cm de profundidad probablemente resultó del manejo mecánico y la porosidad del suelo, ocasionado por los métodos de labranza profunda, lo cual incrementó la infiltración del agua.

El almacenamiento de agua en el perfil del suelo no fue afectado significativamente por los métodos de labranza en ninguno de los dos años de prueba; sin embargo, en el año 1980, considerado seco (60.5 cm), los métodos de labranza superficial y labranza mínima tendieron a conservar mejor la humedad y esto se reflejó en el rendimiento, ya que con estos métodos se obtuvo un incremento de 1 315 kg/ha comparados con los métodos de labranza profunda (arado). Por otra parte, en el año de 1981, que fue húmedo (113 cm), los métodos de labranza profunda tendieron a almacenar más agua; sin embargo, esto no se reflejó en el rendimiento, ya que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

ABSTRACT

The objective of the study was to compare seven methods in preparing the seed bed and their effect on some soil physical properties as density, porosity, infiltration, aggregate stability, and water holding capacity and their relation with grain yields of sorghum.

It was found that the tillage methods that incorporate crops residues improve soil density and aggregate stability in the surface layer (0-15 cm), while the improvement on soil density in the 15 - 30 cm layer is probably due to mechanical management and soil porosity of deep tillage methods, which increased infiltration.

Soil water holding capacity was not affected by tillage methods during the two years of the study. On 1980 a dry year (605 mm of rain) light and minimum tillage methods were associated with better soil water conservation which increased yields. On 1981 a wet year (1 130 mm of rain) deep tillage methods kept more water, this did not affect yields.

INTRODUCCION

El sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L.) es el cultivo más importante en la alimentación del ganado en el Estado de Texas, E.U.A. Las siembras con este cultivo se han extendido rápidamente a otros Estados de la Unión Americana durante los últimos años, debido a que es uno de los cultivos más resistentes a la sequía. Dicha resistencia se debe a que el sorgo tiene la habilidad de convertirse en semidormante cuando las condiciones climá-

ticas son desfavorables y recuperar su crecimiento bajo condiciones favorables. A pesar de esta característica, el sorgo en ocasiones no produce grano cuando las lluvias son insuficientes o tardías.

Debido a que el sorgo se siembra normalmente en áreas donde la precipitación es deficiente el conocimiento del efecto de los métodos de labranza en la captación de la humedad, tiene un lugar muy importante, ya que cierta cantidad de agua debe de ser consumida durante el desa-

* Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Maestro en Ciencias. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. CIAGON.

rollo del cultivo, hasta la etapa en que este pueda producir el grano. Esta agua debe de ser obtenida de la precipitación recibida durante el ciclo de crecimiento o de la almacenada en el perfil del suelo durante el período de descanso. Es común observar que la precipitación recibida durante el ciclo de crecimiento del sorgo no es suficiente para lograr una buena producción, por lo tanto se debe mejorar la captación y almacenamiento de humedad a través de métodos de labranza antes de la siembra.

Los agricultores no tienen control sobre la precipitación, pero pueden obtener mayor humedad labrando su tierra de tal manera que puedan captar y conservar al máximo la precipitación recibida durante el período de descanso.

Este estudio fue realizado para evaluar la influencia de diferentes métodos de labranza usados en la preparación de la cama de siembra, sobre la captación y almacenamiento de la humedad.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos de suelo y agua, lo que ha traído un cambio en actitudes con respecto a las prácticas de manejo del suelo. Cada año se da más énfasis al uso de labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de temporal. Por otra parte algunos trabajos de investigación han identificado los efectos de algunas propiedades físicas del suelo en la infiltración y en el almacenamiento del agua en el perfil del suelo. Consecuentemente los agricultores alteran tales propiedades físicas, con el uso de labranzas primarias o secundarias en un intento por crear condiciones óptimas para la siembra, la germinación, el desarrollo y el rendimiento del cultivo.

Varias propiedades físicas del suelo tales como pisos de arado, rastra, estratos de arcilla, estratos de arena-arcilla, encostramiento, compactación y otras, han sido reconocidas como dañinas en la infiltración del agua y consecuentemente en el buen desarrollo de las plantas (Campbell et al., 1974). Las prácticas de labranza que proporcionen condiciones físicas favorables de la superficie del suelo para la rápida infiltración, son necesarias para las regiones de temporal, en donde la conservación del agua y el control de la erosión son los principales problemas (Burwell y Larson, 1969). Las prácticas tradicionales de labranza usadas para la preparación de la cama de siembra en los cultivos de surcos, crean frecuentemente condiciones físicas del suelo que restringen la infiltración del agua (Burwell et al., 1968). El uso excesivo de labranza agota el residuo de cosecha y frecuentemente pulveriza el suelo; dichas condiciones usualmente reducen la penetración del agua y hacen que la superficie del suelo sea más susceptible a la erosión causada por el viento y el agua. En adición, cada operación de labranza aumenta el costo de producción, en aquellas áreas donde la agricultura es mecanizada y un error común es el uso excesivo de labranza (Van Doren, 1965).

Burwell et al. (1966) observaron que las superficies del suelo planas y compactas impedían la penetración del agua. Wischmier (1959) por su parte demandó que la selección de los métodos de labranza que permitieran una rápida infiltración durante el período de captación de humedad antes de la siembra requiera del conocimiento de las alteraciones de la superficie del suelo, causadas por varios métodos de labranza en combinación con los factores climáticos. Burwell y Larson (1969) observaron que los métodos de labranza cambiaban las condiciones físicas de

la superficie del suelo en diferentes maneras, siendo los cambios más evidentes el alisamiento y la aspereza de la superficie. Dos tipos de superficies ásperas pueden resultar: El primer tipo, aspereza orientada, que se caracteriza por protuberancias y aberturas alargadas, formadas por los implementos de subsuelo y bordeadores; el segundo tipo aspereza fortuita se caracteriza por la ocurrencia irregular de picos y depresiones formadas por el uso de arados de discos y vertedera. Estas condiciones físicas de la superficie del suelo generalmente controlan la cantidad de agua que penetra al suelo durante la lluvia. En otro experimento, los mismos autores encontraron que durante una lluvia simulada los métodos de labranza que producía superficies del suelo ásperas y porosas incrementaron la infiltración hasta antes de ocurrir la escorrentía.

Campbell et al (1974) reportaron que el subsuelo a 30 cm de profundidad rompió el horizonte A2, promovió el crecimiento de la raíz, e incrementó la infiltración del agua y la profundidad de enraizamiento. Además, reportaron que este subsuelo durante un año seco incrementó los rendimientos de un 38% a un 81%. Por el contrario Matocha and Kirchoff (1979) al trabajar en la costa del Golfo de Texas, reportaron que ni el método de labranza, ni la profundidad a que se usaran tenían efecto alguno sobre el rendimiento cuando la precipitación de invierno y primavera eran normales o superiores; sin embargo cuando la precipitación era menor que la normal, el uso del subsuelo mostraba la tendencia a reducir los rendimientos del sorgo. Burwell et al (1968) y Burwell y Larson 1969 mostraron que el subsuelo u otros implementos de labranza que proveen una condición áspera y terronosa en la superficie del suelo, infiltraban cuando menos un 50% más de agua que las superficies no subsoladas (compactas y firmes), antes de presentarse la escorrentía. En otro estudio Allmaras et al (1977) encontraron que el subsuelo afectaba la capacidad de drenaje y la conductividad hidráulica de los primeros 30 cm de suelo, especialmente a las profundidades de 10 cm y 20 cm; además encontró que el subsuelo no tenía ninguna influencia en estas características a la profundidad de 40 cm. Lindstrom et al (1974) reportan que durante el invierno el subsuelo incrementó en mayor proporción el almacenamiento de la humedad y que la rastra también lo incrementó pero en menor proporción; por otro lado el tratamiento de no labranza fue el que menos agua almacenó.

Finalmente se han reportado numerosos estudios diseñados para evaluar el efecto de los métodos de labranza en las propiedades físicas del suelo sobre la captación y almacenamiento de agua en el suelo bajo condiciones de temporal, sin embargo en el sur de Texas, tales estudios son limitados, por lo que actualmente tienen una gran importancia.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio es la continuación de un experimento de labranza iniciado en el año de 1977 en la Estación Agrícola Experimental de Texas, situada en Corpus Christi, Texas. Esta última parte del estudio fue conducida en 1979-1980 y 1980-81. El principal objetivo fue evaluar en que forma, diferentes métodos de labranza usados en la preparación de la cama de siembra, podrían afectar las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del sorgo, después de cuatro años de trabajo bajo el patrón de producción sorgo (O-I) - Descanso (P-V). El suelo del sitio experimental es Orelia limoso, que es miembro de los suelos fino-limosos, mixtos. La serie Orelia está constituida por suelos profundos, pobres en drenaje, bajos en permeabilidad que fueron formados de gruesos sedimentos marinos, en terrazas de la costa. Esos suelos

se encuentran en llanuras y pendientes moderadas, sus pendientes varían de uno a tres por ciento. Aproximadamente la mitad de los suelos Orelia son cultivados con algodón y sorgo para grano y solamente pequeñas áreas se usan para el pastoreo en praderas artificiales, mientras que el resto se usa con pastoreo natural.

Se evaluaron siete métodos de labranza, usando el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron (1) Convencional (bordeo y contrabordeo), (2) Arado de Reja a 15 cm, (3) Arado de Reja a 30 cm, (4) Subsuelo a 15 cm, (5) Subsuelo a 30 cm, (6) Subsuelo a 56 cm y (7) Labranza Mínima (cindeles cortadores y herbicidas). Cada tratamiento se realizó en la misma parcela desde el inicio del experimento. La labranza primaria fue normalmente desarrollada después de la cosecha (principios de agosto). Después de permitir varios meses para el almacenamiento de humedad, se realizó la labranza secundaria en noviembre. Esto consistió en contrabordear los bordos convencionales, mientras que los demás tratamientos fueron rastreados para nivelar el terreno y después fueron bordeados. El fertilizante se aplicó en diciembre y se usó la cultivadora para controlar las malezas las veces que fue necesario. La siembra se efectuó a principios del mes de marzo, usando la misma sembradora para todos los tratamientos; cada tratamiento se cosechó mecánicamente en la madurez. El tamaño de parcela fue de 26 por 4 metros (104 m²).

Se tomaron muestras de suelo en el lomo de los surcos antes de la siembra durante el mes de febrero de 1980. Se tomó una muestra dividida en tres submuestras en cada tratamiento de labranza en las profundidades de 0 a 15 cm, 15 a 30 cm y 30 a 60 cm, para determinar la textura usando el método de pipeta; la densidad aparente usando el método del terrón y la parafina; la estabilidad de los agregados, usando el método de tamiz húmedo; la infiltración del agua, usando el método del doble anillo y el almacenamiento de humedad en el perfil del suelo, usando el método gravimétrico.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan y discuten en dos secciones, el efecto de los métodos de labranza sobre: (1) Las propiedades físicas del suelo y (2) el rendimiento del sorgo. El efecto de los métodos de labranza en el rendimiento fue evaluado en 1980 y 1981. Los dos años tuvieron una diferencia considerable en la precipitación y esto afectó los rendimientos, por lo que los datos de precipitación se presentan en el Cuadro 1, con el objeto de diferenciar los dos años. El año de 1980 se llamará "Año seco" (60 cm precipitación), y el año de 1981 se denominará "Año húmedo" (113 cm precipitación).

Propiedades Físicas del Suelo.

Densidad Aparente y Porosidad Total. Los valores de densidad aparente (g/cm³) y los valores de porosidad total (%) se muestran en los cuadros 2 y 3. El efecto de los métodos de labranza sobre la densidad aparente y la porosidad total fue estadísticamente significativa al nivel de 5% para las dos profundidades 0-15 cm y 15-30 cm; sin embargo para la profundidad de 30-60 cm no se encontró significancia. En la profundidad de 0 a 15 cm el efecto de la labranza en la densidad aparente y la porosidad total pudo haber sido afectada por la distribución de la materia orgánica a través del suelo como se explica a continuación. Los métodos de labranza (subsuelo y bordeo convencional) que parcialmente incorporan los residuos de cosecha en el suelo superficial tendieron a mostrar los valores más bajos de densidad aparente y los valores más altos para la porosidad total que los métodos

de labranza (arados) que incorporan los residuos de cosecha o el método de labranza mínima que deja los residuos de cosecha en la superficie del suelo. En general estos resultados concuerdan con los reportados por Williams (1970) quien encontró que el 50 por ciento en la variación de la densidad aparente de las tierras arables y praderas examinadas, se debía a la variación del contenido de materia orgánica. Por otro lado en la profundidad de 15 a 30 cm el efecto de los métodos de labranza en la densidad aparente y consecuentemente en la porosidad total, pareció depender de la manipulación mecánica y en el aflojamiento del subsuelo por los métodos de labranza profunda (arado 30 cm y subsuelo 30 cm) los cuales mostraron valores estadísticamente más bajos de densidad aparente y valores más altos de porosidad total que los métodos de labranza superficial (arado 15 cm, labranza

Cuadro 1. Cantidades y distribución de la precipitación anual recibida durante los años 1980 y 1981 en la estación agrícola experimental de Corpus Christi, Texas.

Período	1979-1980 (Seco)	1980-1981 (Húmedo)
Período de Descanso	cm	
(Julio a Enero)	47.0	71.8
Febrero	2.4	5.0
Marzo	3.6	4.1
Abril	0.0	6.2
Mayo	7.3	18.9
Junio	0.2	7.0
Ciclo Total de Crecimiento (Febrero - Junio)	13.2	41.2
Precipitación Anual	60.5	113.0

Cuadro 2. Efecto de los métodos de labranza sobre la densidad aparente en tres profundidades, en la estación agrícola experimental de Corpus Christi, Texas.

Métodos de Labranza	Profundidades		
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm
	g/cm ³		
Convencional (bordeo)	1.54 cb	1.84 a	
Labranza mínima	1.60 ab	1.84 a	1.85 a
Arado 15 cm	1.62 ab	1.88 a	
Arado 30 cm	1.62 ab	1.67 c	
Subsuelo 15 cm	1.50 c	1.71 bc	
Subsuelo 30 cm	1.56 cb	1.70 c	
Subsuelo 56 cm	1.68 a	1.76 b	1.89 a
C.V.	7.68	4.60	3.44

* Los valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna (profundidad) no son significativamente diferentes al nivel de 5% de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Cuadro 3. Efecto de los métodos de labranza sobre la porosidad total.

Métodos de Labranza	Profundidades		
	0-15 cm	15-30 cm	30-60 cm
	g/cm ³		
Convencional (bordeo)	41.4 ab	30.1 c	
Labranza mínima	39.2 bc	30.0 c	29.6 a
Arado 15 cm	38.3 bc	28.7 c	
Arado 30 cm	38.1 bc	36.3 a	
Subsuelo 15 cm	43.1 a	34.8 ab	
Subsuelo 30 cm	40.7 ab	35.4 a	
Subsuelo 56 cm	36.0 c	33.1 b	27.0 a
C.V.	7.68	4.60	3.44

mínima y bordeo convencional). Estos resultados son apoyados por el reporte de Campbell et al (1974) quienes encontraron que generalmente la resistencia mecánica era menor después del uso del arado profundo que después del uso del subsuelo y que las operaciones de no labranza resultaban en una mayor resistencia mecánica del suelo. Finalmente a la profundidad de 30 a 60 cm el efecto del subsuelo profundo (56 cm) no mostró ningún efecto benéfico en la densidad aparente ni en la porosidad total.

Estabilidad de los agregados. Los valores de estabilidad de los agregados se muestran en la Figura 1. Los métodos de labranza tuvieron un efecto significativo en la estabilidad de los agregados de la superficie del suelo (0-15 cm de profundidad). La influencia de los métodos de labranza en la estabilidad de los agregados de la superficie del suelo pudo haber sido causada por la acción directa de la manipulación física del suelo y parcialmente por la incorporación de los residuos de cosecha en la superficie del suelo como lo indican los resultados en donde podemos ver que los métodos de labranza que dejan o incorporan parcialmente los residuos de cosecha en la superficie del suelo, mostraron valores de estabilidad de agregados significativamente mayores que los métodos de labranza (arado) que incorporaban a una profundidad mayor los residuos de cosecha. Estos resultados son similares a los encontrados por Bayer et al (1972) quienes establecieron que las operaciones de labranza generalmente causan una disminución considerable en la estabilidad de los agregados, a menos que el nivel de materia orgánica del suelo se a mantenido relativamente alto. Este estudio mostró que los métodos de labranza que mantenían la materia orgánica en la superficie del suelo (0-15 cm de profundidad), tenían los valores más altos de estabilidad los agregados.

Infiltración del agua. Los resultados de la velocidad de infiltración acumulada se muestran en la Figura 2. El efecto de los métodos de labranza en la velocidad de infiltración fue estadísticamente significativa al nivel de 5%. La influencia de los métodos de labranza en la velocidad de infiltración se debió a la acción directa de la manipulación física del suelo, a la ruptura de las capas impermeables del subsuelo y a la creación de superficies

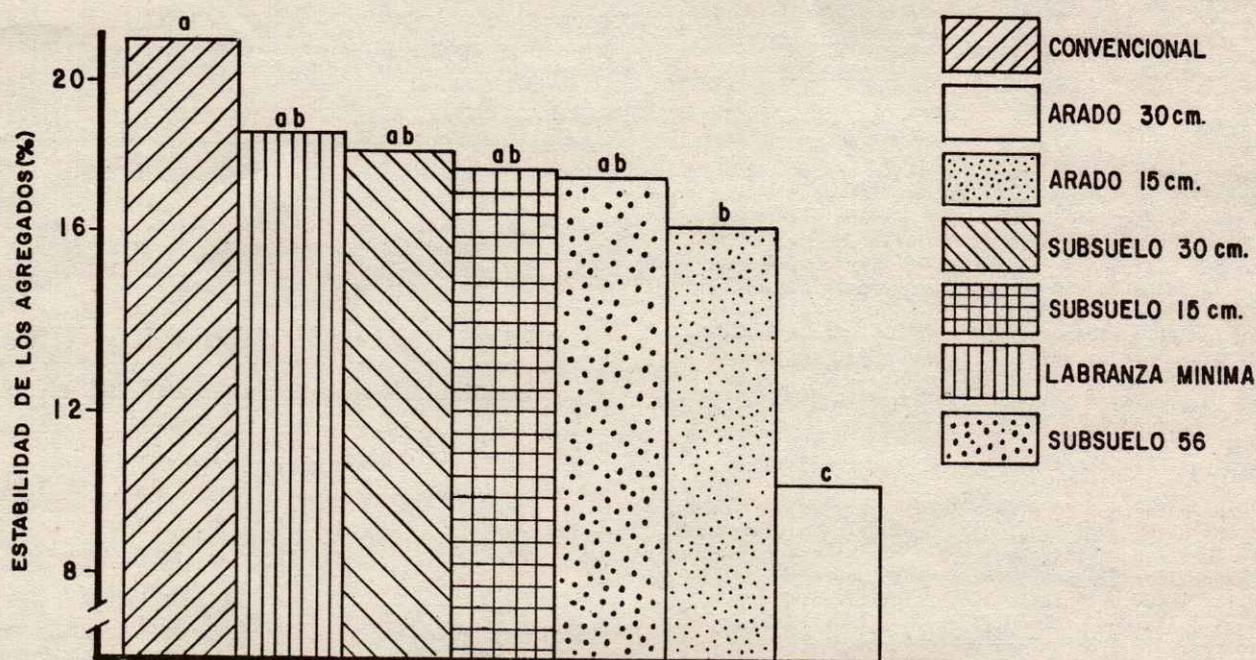


FIGURA 1 EFECTO DE LOS METODOS DE LABRANZA EN LA ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS DE LA SUPERFICIE DEL SUELO (0-15 cm. DE PROFUNDIDAD) EN LA ESTACION AGRICOLA EXPERIMENTAL DE CORPUS CHRISTI, TEXAS...

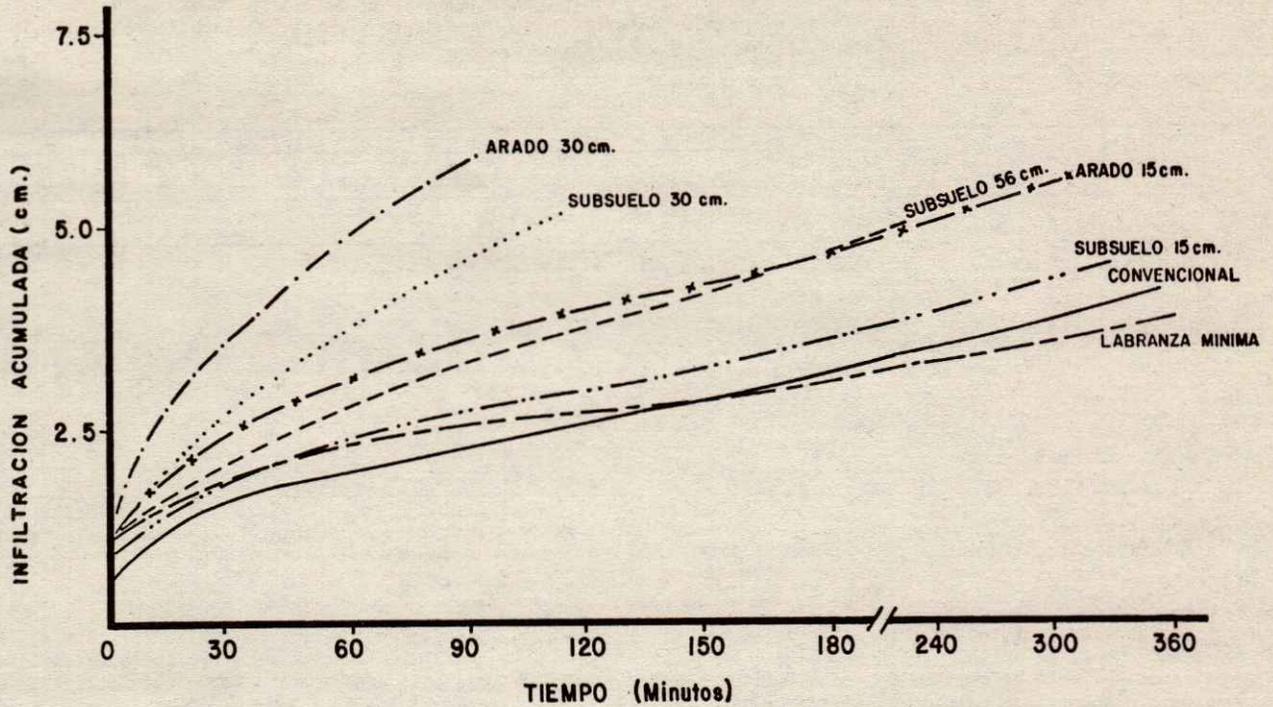


FIGURA 2 EFECTO DE LOS METODOS DE LABRANZA EN LA INFILTRACION DEL AGUA, EN LA ESTACION AGRICOLA EXPERIMENTAL DE CORPUS CHRISTI, TEXAS...

ásperas y terronosas causada por los métodos de labranza profunda (arado 30 cm, subsuelo 30 cm y subsuelo 56 cm) lo cual permitió que con estos métodos se infiltrara más agua que con los métodos de labranza superficial (labranza mínima y convencional) que no rompieron las capas compactas del subsuelo. Además los bajos valores de densidad aparente y los altos valores de porosidad total de los métodos de labranza profunda (observar Cuadros 2 y 3) contribuyeron a la mejor infiltración. En general estos resultados concuerdan con los encontrados por Bur-

well et al (1963) y Burwell y Larson (1969), quienes reportaron resultados similares.

Almacenamiento de humedad en el perfil del suelo. El contenido de humedad en el perfil del suelo fue medido al finalizar el período de captación (descanso) antes de la siembra, para determinar la reserva de agua almacenada para el ciclo de crecimiento de los años de 1980 y 1981. En los Cuadros 4 y 5 se presentan los datos de la humedad total y su distribución a través del perfil del sue-

Cuadro 4. Efecto de los métodos de labranza sobre el contenido de agua en el perfil del suelo a una profundidad de 60 cm al finalizar el período de captación (antes de la siembra) en la estación agrícola experimental de Corpus Christi, Texas en 1980.

Profundidad del Suelo	Métodos de Labranza			Labranza Mínima
	Convencional	Arado 30 cm	Subsuelo 30 cm	
	cm			
0 - 15	3.2 a*	3.6 a	3.7 a	3.7 a
15 - 30	5.2 a	4.6 a	5.2 a	5.2 a
30 - 45	6.2 a	6.0 a	5.9 a	5.9 a
45 - 60	6.4 a	6.2 a	6.3 a	6.2 a
Total	21.0 a	20.4 a	21.1 a	21.0 a

* Los valores de los tratamientos seguidos por la misma letra dentro de cada hilera (profundidad) no son significativamente diferentes al nivel de 5% de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Dunca.

Cuadro 5. Efecto de los métodos de labranza sobre el contenido de agua en el perfil del suelo a una profundidad de 60 cm al finalizar el período de captación (antes de la siembra) en la estación agrícola experimental de Corpus Christi, Texas en 1981.

Profundidad del Suelo	Métodos de Labranza			Labranza Mínima
	Convencional	Arado 30 cm	Subsuelo 30 cm	
0 - 15	4.3 a*	5.0 a	4.5 a	4.1 a
15 - 30	4.8 a	5.3 a	4.9 a	5.1 a
30 - 45	4.6 a	5.5 a	5.7 a	4.7 a
45 - 60	4.5 a	5.4 a	5.6 a	5.4 a
T o t a l	18.2 a	21.2 a	20.7 a	19.3 a

* Los valores de los tratamientos seguidos por la misma letra dentro de cada hilera (profundidad) no son significativamente diferentes al nivel de 5% de acuerdo a la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

lo a una profundidad de 60 cm en intervalos de 15 cm. En el "año seco" (1980) no se encontró diferencia estadística en el almacenamiento de humedad entre los métodos de labranza para ninguna profundidad muestreada ni para la humedad total del perfil. A pesar de no haberse encontrado diferencia estadística, los métodos de labranza (labranza mínima, convencional y subsuelo) que parcialmente dejan los residuos de cosecha en la superficie del suelo, tendieron a incrementar el almacenamiento de humedad cuando se comparaban con los métodos de labranza (arado) que disturbaban e incorporaban los residuos de cosecha. La diferencia que ocurrió entre los tratamientos que disturbaban e incorporaban los residuos de cosecha en la superficie del suelo, es observada normalmente en los años con precipitaciones bajas e intermedias como lo reporta Blevins et al (1971). Además muestreos de humedad tomados por Jones et al (1969) indicaron que los residuos de cosecha dejados por los sistemas de labranza mínima reducían la evaporación de la humedad de la superficie del suelo, lo que pudo haber ocurrido en este año "seco". Por otro lado, en el año "húmedo" 1981, tampoco se encontró diferencias estadísticas en el almacenamiento de humedad entre los métodos de labranza para ninguna profundidad muestreada, ni para la humedad total del perfil; sin embargo, contrario al año "seco", en este año "húmedo" los métodos de labranza profunda (arado 30 cm y subsuelo 30 cm) que disturbaban y rompen las capas impermeables, tendieron a incrementar el almacenamiento de humedad, cuando se comparaban con los métodos de labranza superficial y mínima. Estos resultados son similares a los encontrados por Burwell et al (1963) y Burwell y Larson (1969) quienes indicaron que los métodos de labranza (arado y subsuelo) que proveen condiciones ásperas de la superficie del suelo y rompen las capas impermeables del subsuelo, producían infiltraciones más altas que los métodos de labranza superficiales y los métodos de labranza mínima; por lo tanto en los años lluviosos el uso de arados y subsuelos profundos tienden a controlar la erosión e incrementan la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo, como ocurrió en este experimento en el año "húmedo" (1981).

RENDIMIENTO DE SORGO DE GRANO

Los rendimientos del sorgo de grano en 1980 y 1981 se presentan en el Cuadro 6. Debido a la marcada diferen-

Cuadro 6. Efecto de los métodos de labranza sobre el rendimiento sorgo de grano en la estación agrícola experimental de Corpus Christi, Texas en los años 1980 y 1981.

Métodos de Labranza	A ñ o s	
	1980	1981
	kg/ha	
Convencional	2506 a*	4498 a
Labranza mínima	2661 a	2416 a
Arado 15 cm	2228 a	4882 a
Arado 30 cm	1191 b	4556 a
Subsuelo 15 cm	2231 a	4711 a
Subsuelo 30 cm	1698 ab	4463 a
Subsuelo 56 cm	2204 a	4605 a
C.V.	24.69%	5.61%

* Los valores de los tratamientos seguidos por la misma letra dentro de cada columna (años) son significativamente diferentes al nivel de 5% de acuerdo a la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

cia en precipitación, los datos de rendimiento se discutirán por años.

El efecto de los métodos de labranza en el rendimiento de sorgo en 1980 fue estadísticamente significativo al nivel de 5%. El método de labranza con el arado a 30 cm de profundidad resultó con el rendimiento más bajo al compararlo con los métodos de labranza superficial y labranza mínima. Lo anterior pudo deberse a que los métodos de labranza mínima que dejaban los residuos de cosecha en la superficie del suelo, pudieron haber sido efectivos en la reducción de la evaporación de agua de la superficie del suelo, aumentando consecuentemente la cantidad de agua disponible para el uso de la planta. Además, la preparación de la cama de siembra con el arado proba-

blemente aflojó demasiado el suelo, permitiendo de esta manera una excesiva evaporación del agua del suelo durante este año seco. Por otra parte los rendimientos del sorgo en 1981 (año húmedo) no fueron afectados significativamente por los métodos de labranza. Probablemente el efecto de los métodos de labranza fue encubierto por la buena precipitación recibida durante el ciclo de crecimiento (observar Cuadro 1), lo que permitió que no hubiera esfuerzo por en vez de stress de sequía en ninguna etapa de desarrollo en todos los tratamientos.

Los resultados de estos dos años concuerdan con los reportados por Matocha y Kirchoff (1979) quienes encontraron que cuando la precipitación era menor que la normal para esta región, el uso del arado a 15 o 30 cm de profundidad, reducía el rendimiento del sorgo de grano en la mayoría de los híbridos y que cuando la precipitación recibida durante el período de captación y el ciclo de crecimiento era mayor que lo normal, el efecto de los métodos de labranza no era significativo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo indican la gran

necesidad de realizar una investigación más intensiva, antes de dar una recomendación definitiva. Sin embargo con los datos experimentales de este estudio, se puede concluir lo siguiente:

1. Los métodos de labranza profunda (arado y subsuelo) redujeron la densidad aparente e incrementaron la porosidad total en la profundidad de 15 a 30 cm y consecuentemente incrementaron la infiltración del agua.
2. Los métodos de labranza (subsuelo y labranza mínima) que parcialmente incorporaban los residuos de cosecha en el suelo superficial (0-15 cm) incrementaron la estabilidad de los agregados.
3. El almacenamiento de la humedad en el perfil del suelo no fue significativamente afectado por los métodos de labranza.
4. En años secos, el uso de labranza mínima, compite favorablemente en rendimiento, con la labranza tradicional debido a que conserva mejor la humedad del suelo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Allmaras, R.A., R.W. Rickman, I.G. Ekin, and B.A. Kimball 1977. Chiseling influences on soil hydraulic properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:296-803.
- Baver, L.D., W.H. Gardner 1972. Soil Physics. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Blevins, R.L. D. Cook, S. H. Phillips, and R. E. Phillips 1971. Influence of no-tillage on soil moisture Agron. J. 63: 593-596.
- Burwell, R.W., R.R. Allmaras, and H. Amemiya. 1983. A field measurement of total porosity and surface microrelief of soil. Soil Sci. Soc. Proc. 21:697-700.
- Burwell, R.W., R.R. Allmaras, and L.L. Sloneker. 1966. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. J. Soil Water Conserv. 21: 61-63.
- Burwell, R.E., L.L. Sloneker and W.W. Nelson. 1968. Tillage influences water intake. J. Soil Water Conserv. 21: 185-187.
- Burwell, R.E. and W.E. Larson. 1969. Infiltration as influenced by tillage induced Random Roughness and pore space. Soil Sci. Am Proc. 33:449-452.
- Campbell, R.B., D.C. Relcosky and C.W. Doty, 1974. Physical properties and tillage of pleudults in the eastern coastal plains. J. Soil Water Conserv. 29: 220-224.
- Jones, J.N. Kr., J.E. Moody and J.H. Lillard. 1969. Effects of tillage, no tillage and mulch on soil water and plant growth. Agron. J. 61: 719-721.
- Lindstrom, M.J. F.E. Koenler, and R. I. Papendick. 1974. Tillage effects on fallow water storage in the eastern Washington dryland Region. Agron. J. 66: 312-315.
- Matocha, J.E. and S. Kirchoff. 1979. Effect of tillage methods, Row configuration and plant densities on grain sorghum production. 11th Biannual Grain Sorghum Process and Utilization Conference p.46.
- Van Doren, D.M. Jr. 1965. Influence of plowing disking, cultivation, previous crop and surface residues on corn yields. Soil Sci. Soc. Proc. 29: 595-597.
- Williams, R.J. B. 1970. Relationships between the composition of soil and physical measurements made on them. Rep. Rothamsted Exp. Sta., Part. 2, 5-35.
- Wischmeier, W.H. 1959. A row fall erosion index for a Universal Soil loss equation. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 23. 246-349.

EFFECTO DE LA SEQUIA SOBRE ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.).⁺

Flores, L. L.*

RESUMEN

Se probaron tres intensidades de sequía durante cuatro etapas de desarrollo del frijol en el invernadero, usando el sistema de riego por goteo, instalado en cada maceta. El potencial del agua en las hojas fue medido entre las 11 y las 13:30 horas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la sequía sobre algunos parámetros reproductivos del cultivo. Se notó que el número de sitios florales por planta disminuyó a medida que aumentó la intensidad de la sequía en todas las etapas del desarrollo. Las plantas que recibieron el 25 por ciento de riego en relación al testigo 25% ET, en todas las etapas produjeron el menor número de vainas, 2.6 por planta, seguidas por las que fueron sometidas a la sequía durante la floración y el desarrollo vegetativo; en tanto que las plantas que no sufrieron sequía retuvieron 9.8 vainas cada una.

ABSTRACT

Three drought intensities during four stages of dry bean development were applied in the greenhouse, using drip irrigation. Water leaf potentials were measured between 11:00 and 13:30 hours. The objective of the study was to evaluate the effect of drought on some reproductive characteristics of dry beans. The number flower buds decreased with the drought intensity in all stages of plant development. Plants treated with 25 percent irrigation in relation to the check in all stages, produced the lowest number of pods, 2.6 per plant followed by those subject to drought during the flowering and the vegetative stages. The check had 9.8 pods per plant.

INTRODUCCION

Dada la importancia que tiene el frijol en la nutrición humana; el conocimiento del desarrollo del cultivo bajo condiciones limitadas de humedad en el suelo resulta imperante para incrementar la producción de alimentos en las áreas con recursos limitados de agua y satisfacer la demanda de la creciente población.

El rendimiento de los cultivos agrícolas es el resultado de la interacción entre el potencial genético para producir y los factores ambientales. Entre estos factores, el agua es el que más fuertemente afecta el rendimiento (Begg y Turner, 1976).

El efecto de la sequía en diferentes estados de desarrollo de los cultivos ha sido una área de investigación importante en las últimas décadas. Sin embargo, la mayor parte de la investigación se ha efectuado con tratamientos de sequía que difieren en intensidad y duración por lo que existe una gran divergencia entre los resultados obtenidos (Couto, 1978).

Existe un consenso entre los investigadores en el sentido de que la etapa reproductiva del frijol es la más sus-

ceptible a sequía desde el punto de vista rendimiento. Asimismo, es conocido que otros factores ambientales como temperatura y humedad relativa afectan al rendimiento a través de una disminución en el número de vainas en la cosecha (Begg y Turner, 1976).

OBJETIVOS

El objetivo de este experimento fue estudiar el efecto de la sequía en diferentes estados de desarrollo sobre algunos aspectos reproductivos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Var. "Light Red Kidney".

MATERIALES Y METODOS

Se probaron tres niveles de intensidad de sequía aplicados durante cuatro etapas de desarrollo, (Cuadro 1). El riego se aplicó diariamente utilizando agua destilada con un sistema de riego por goteo. A cada maceta se le instalaron: cuatro, tres, dos y un microtubos (0.9 mm ID) para el testigo, 75, 50 y 25% de la evapotranspiración respectivamente. Una muestra de cinco plantas por tratamiento se pesó antes y después de cada riego y la can-

⁺ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

* Ingeniero Agrónomo. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. CIAN.

tividad de agua por aplicar fue determinada por la cantidad de agua perdida por el testigo.

CARACTERIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El potencial de agua en la hoja fue medido entre las 11:00 y 13:00 horas al final del desarrollo vegetativo y de floración. La Figura 1, muestra la relación entre los niveles de sequía y el potencial del agua en la hoja. Como se puede observar, el potencial de agua en la hoja disminuyó a medida que se incrementó el nivel de sequía.

Las Figuras 2 al 5, muestran el potencial mínimo de agua en la hoja durante el ciclo. El potencial del agua en la hoja de los tratamientos sometidos a sequía continua se mantuvo más o menos constante con una diferencia de aproximadamente 5 bares entre el testigo y el nivel 25 % ET. Las Figuras 4 y 5 muestran la dinámica del potencial del agua en la hoja de los tratamientos sometidos a sequía durante la floración y después de la floración. En estos tratamientos el potencial de agua en la hoja disminuyó hasta -8, -11 y -13.8 bares para 75, 50 y 25 % ET, respectivamente, durante la floración. Los valores correspondientes para los tratamientos bajo sequía después de floración fueron -10.4, -12.8 y -15.5 bares. Los tratamientos que después de la floración recibieron 50-25% ET, mostraron un aumento en el potencial del agua en la hoja (Figura 5), aún cuando el tratamiento no se había descontinuado, probablemente debido al desprendimiento de hojas observado en estos tratamientos.

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS, 1980.

Tratamiento	Símbolo	Nivel de Sequía ^{1/}	Descripción
Control	Control	100% ET	Riego diario a capacidad de macetas.
Sequía continua	CS	75, 50 y 25% ET	Sequía continua durante el ciclo a los niveles 75, 50 y 25% de ET.
Etapa Vegetativa	VS	75, 50 y 25% ET	Sequía a los niveles de 75, 50 y 25% ET durante la etapa de vegetación. Posteriormente 100% ET.
Etapa de Floración	FS	75, 50 y 25% ET	100% ET antes de floración y 75, 50 y 25% ET durante la floración. Posteriormente 100% ET.
Llenado de grano	PFS	75, 50 y 25% ET	100% ET durante los estados vegetativo y de floración, 75, 50 y 25% ET hasta la cosecha.

^{1/} Nivel de sequía se refiere a la cantidad de agua aplicada con respecto al testigo.

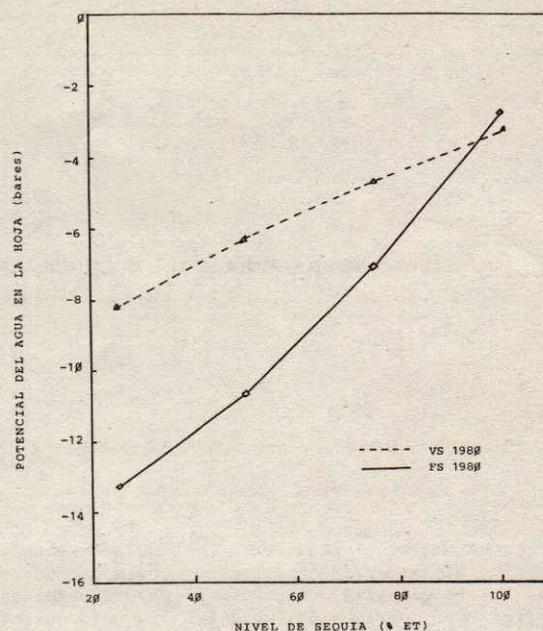


Figura 1. Efecto del nivel de sequía sobre el potencial de agua en la hoja durante el desarrollo vegetativo (VS) y floración (FS), 1980.

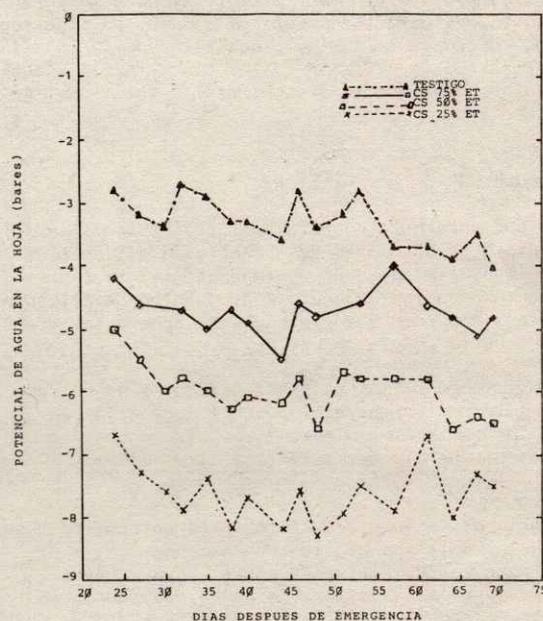


Figura 2. Potencial del agua en la hoja para los tratamientos bajo sequía continua 1980.

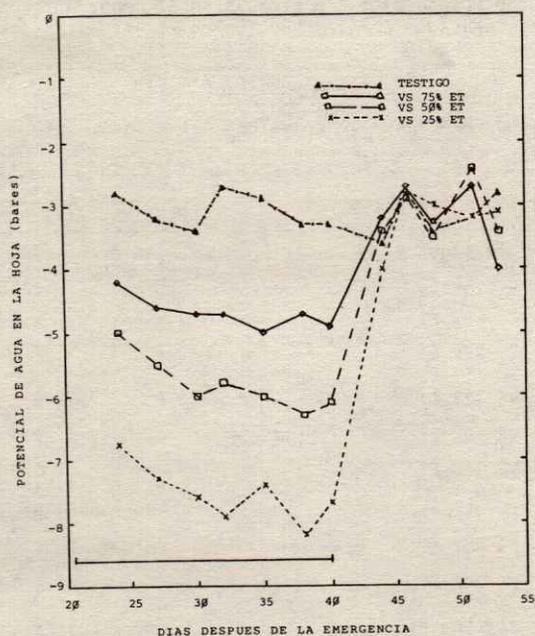


Figura 3. Potencial de agua en la hoja para los tratamientos bajo sequía durante el desarrollo vegetativo, 1980.

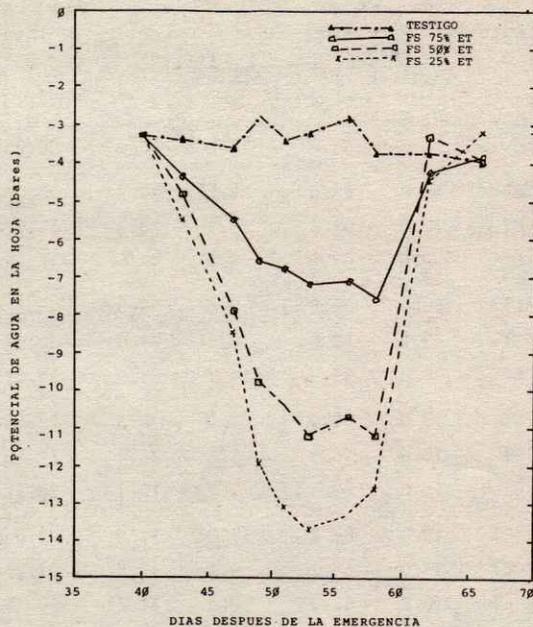


Figura 4. Potencial del agua en la hoja para los tratamientos bajo sequía durante la floración, 1980.

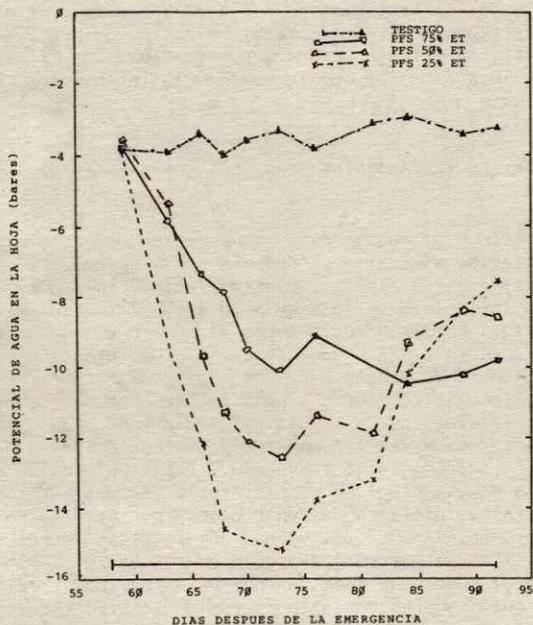


Figura 5. Potencial de agua en la hoja para los tratamientos bajo sequía después de la floración, 1980.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL NUMERO DE SITIOS FLO RALES.

El número de sitios florales por planta disminuyó a medi da que aumentó la intensidad de la sequía en todas las etapas de desarrollo (Cuadro 2). Al mismo nivel de sequía se encontró una gran diferencia en el número de sitios florales entre la etapa de desarrollo. Por ejemplo, los tratamientos con 25% ET continuo durante el ciclo y en los estados vegetativo, floración y después de floración mostraron una reducción en el número de sitios florales con respecto al testigo de 60, 40, 35 y 15% respectivamente. La proporción de sitios florales formados antes y después de la floración se alteró en función del estado de desarrollo y de la intensidad de sequía.

Aproximadamente el 60% de los sitios florales del testigo fueron producidos antes de la floración, pero las plantas que recibieron el 25% ET durante el desarrollo vegetativo produjeron el 35% de los sitios florales antes de la floración y el 65% después.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL NUMERO DE FLORES.

En todos los tratamientos el número de flores por planta decreció al aumentar la intensidad de la sequía (Cuadro 3). El menor número de flores producidas se observó en el tratamiento que recibió el 25% ET durante todo el ciclo. Sin embargo, la sequía afectó más el número de flores cuando se aplicó durante el desarrollo vegetativo que durante el período de floración.

Las plantas sometidas a los tratamientos de sequía después de la floración produjeron 10% menos flores que el testigo. Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, indica que los tratamientos de sequía durante este período se iniciaron unos días antes de que terminara la floración.

CUADRO 2. Número de Sitios Florales Antes y Después de la floración y el por ciento con Respecto al Total del tratamiento, 1980.

Tratamiento	Antes de flo- ración		Después de flo- ración		Total
	Absolu- to	%*	Absolu- to	%*	
Testigo	18.0	59.6	12.2	40.0	30.2a
CS 75% ET	15.0	63.0	8.8	37.4	23.8de
CS 50% ET	10.0	61.7	6.2	38.3	16.2fg
CS 25% ET	7.0	57.4	5.2	42.6	12.2h
VS 75% ET	16.0	64.5	8.8	35.5	24.8cde
VS 50% ET	9.4	47.0	10.6	53.0	20.0f
VS 25% ET	6.3	35.0	11.7	65.0	18.0f
FS 75% ET	18.0	69.7	7.8	30.3	25.8bcde
FS 50% ET	18.0	76.9	5.4	23.1	23.4e
FS 25% ET	18.0	89.1	2.2	10.1	20.2f
PFS 75% ET	18.0	64.2	10.0	35.8	28.0ab
PFS 50% ET	18.0	66.2	9.2	33.8	27.2bc
PFS 25% ET	18.0	68.7	8.2	31.2	26.2bcd

* Relativo al número total de sitios florales para el tratamiento.

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan $p \leq 0.05$.

Cuadro 3. Número de Flores por Planta, 1980.

Tratamiento	Flores
Testigo	
C 75% ET	54.0 a
C 50% ET	42.2 c
C 25% ET	21.8 f
VS 75% ET	39.6 c
VS 50% ET	24.0 ef
VS 25% ET	16.4 g
FS 75% ET	42.0 c
FS 50% ET	32.8 d
FS 25% ET	26.0 e
PFS 75% ET	49.0 ab
PFS 50% ET	46.4 ab
PFS 25% ET	46.8 ab

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan $p \leq 0.05$.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA RETENCION DE VAINAS

Las flores en las que el ovario mostró un crecimiento apreciable a simple vista (3 a 4 mm) fueron considerados, como vainas (Cuadro 4). Las plantas que recibieron 25% ET durante todo el ciclo produjeron el menor número de vainas, seguidas por las que fueron sometidas a sequía durante floración y desarrollo vegetativo.

Cuadro 4. Número de Vainas por Planta, 1980.

Tratamiento	Vainas
Testigo	9.8 a
C 75% ET	7.4 b
C 50% ET	4.8 cd
C 25% ET	2.6 d
VS 75% ET	8.2 ab
VS 50% ET	7.0 b
VS 25% ET	6.0 bc
FS 75% ET	8.4 ab
FS 50% ET	7.6 b
FS 25% ET	6.4 b
PFS 75% ET	8.4 ab
PFS 50% ET	8.2 ab
PFS 25% ET	8.0 ab

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan $p \leq 0.05$.

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de estructuras reproductivas (flores y vainas) desprendidas (Cuadro 5), se reflejó en una mayor cantidad de flores que de vainas a medida que se aumentó la intensidad de la sequía.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO

En el Cuadro 6 se muestran los componentes del rendimiento en relación al testigo. Como se puede apreciar el número de sitios florales por planta disminuyó al incrementarse la intensidad de la sequía en todas las etapas de desarrollo. Lo mismo sucedió con el número de flores por sitio floral. En lo que respecta a la retención de flores (número de vainas a la cosecha/total de flores producidas) también se redujo significativamente al aumentar la intensidad de la sequía particularmente en los tratamientos CS y VS; sin embargo la retención de vainas aumentó al incrementarse la sequía. Esto sugiere la existencia de un mecanismo compensatorio que opera durante las etapas iniciales de desarrollo y que actúa directamente sobre el número de vainas que la planta puede retener y llevar a madurez. La gran consistencia encontrada en el número de semillas por vaina en los tratamientos bajo sequía hasta la floración también indican lo mismo; sin embargo, la reducción en el peso de la semilla en el tratamiento PFS 25% ET indica que en la etapa cercana a la madurez, la planta tiende a controlar el

Artículo Científico División II

rendimiento a través del peso de la semilla. La gran similitud entre el rendimiento calculado y el medido validan la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 5. Número Relativo de Estructuras Florales caídas, 1980.

Tratamiento	Flores (%)	Vainas	Total
Testigo	3.7	78.1	81.8 a
C 75% ET	5.7	76.4	82.1 a
C 50% ET	14.7	62.7	77.4 ab
C 25% ET	18.0	61.8	79.8 a
VS 75% ET	8.1	71.8	79.9 a
VS 50% ET	14.5	55.1	69.6 b
VS 25% ET	13.4	49.1	62.5 c
FS 75% ET	10.0	69.6	79.6 a
FS 50% ET	13.1	62.8	75.9 ab
FS 25% ET	10.8	64.6	75.4 ab
PFS 75% ET	5.5	77.3	82.8 a
PFS 50% ET	7.5	74.8	82.3 a
PFS 25% ET	7.7	75.2	82.9 a

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan $p < 0.05$.

Cuadro 6. Valores Relativos de los Componentes del Rendimiento, 1980.

Tratamiento	SF ^{2/} Plan.	Flores SF	RF ^{3/}	RV ^{4/}
Testigo ^{1/}	30.2	1.78	0.96	0.18
Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00
CS 75% ET	0.79	0.99	0.98	1.02
CS 50% ET	0.54	0.75	0.88	1.44
CS 25% ET	0.40	0.63	0.85	1.33
VS 75% ET	0.82	0.91	0.95	1.22
VS 50% ET	0.66	0.67	0.88	1.88
VS 25% ET	0.60	0.51	0.89	2.33
FS 75% ET	0.85	0.91	0.93	1.22
FS 50% ET	0.78	0.79	0.89	1.50
FS 25% ET	0.67	0.72	0.92	1.50
PFS 75% ET	0.93	0.98	0.97	1.00
PFS 50% ET	0.90	0.97	0.95	1.05
PFS 25% ET	0.86	1.00	0.95	1.00

Tratamiento	Semillas Vaina	Peso Semilla	Rend. ^{5/} Calc.	Rend. Med.
Testigo	2.56	0.43 (g)	10.2(g)	10.9(g)
Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00
CS 75% ET	0.89	1.00	0.69	0.67
CS 50% ET	0.81	0.93	0.39	0.36
CS 25% ET	0.81	0.91	0.21	0.19
VS 75% ET	0.93	0.95	0.76	0.74
VS 50% ET	1.00	0.99	0.71	0.72
VS 25% ET	1.08	1.02	0.70	0.68
FS 75% ET	0.91	1.00	0.80	0.78
FS 50% ET	0.91	0.99	0.74	0.69
FS 25% ET	0.88	1.02	0.62	0.59
PFS 75% ET	0.99	0.96	0.84	0.83
PFS 50% ET	0.93	0.81	0.66	0.63
PFS 25% ET	0.85	0.59	0.41	0.43

1/ Valor absoluto

2/ Sitios florales/planta

3/ Retención de flores

4/ Retención de vainas

5/ Rendimiento calculado

CONCLUSIONES

El número de flores producidas por planta varió en función de la intensidad de la sequía y del estado de desarrollo. El número de sitios florales y flores por sitio floral decrecieron al incrementar la intensidad de la sequía. Sin embargo, al mismo nivel de sequía estos decrementos variaron con el estado de desarrollo.

Al drástica reducción observada en los tratamientos bajo sequía todo el ciclo (CS) sugiere que la duración de la sequía tiene más efecto que la intensidad.

El número de estructuras reproductivas abortadas en forma de vainas fue de 80% aún en los testigos, lo que indica que esta variedad tiende a producir más flores las que puede llevar a madurez.

Aunque una considerable cantidad de sitios florales fueron formados después de que los tratamientos de sequía fueron suspendidos, la reducción en el número de flores por sitio floral indica que los sitios florales producidos después de la sequía no contribuyen en la misma proporción para la formación de flores (Cuadro 6). La reducción en rendimiento de estos tratamientos no correspondió a la reducción en los dos factores anteriores, debido a un incremento en la retención de vainas ya que semillas por vaina y peso de las semillas no se afectó. El mecanismo compensatorio por el cual tiende a asegurar la reducción de semilla y la sequía en los primeros estados de desarrollo tiende a acentuar este mecanismo (Cuadro 6)

BIBLIOGRAFIA

Begg, J.E. y N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. Agron 28: 16-217.

Couto, L. 1978. Effects of water stress growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. Ph.D. Thesis. University of California,

Davis.

Flores, L.F. 1982. Flowering, pod-set and dry matter partitioning of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to water stress and flower and leaf removal. Ph. D. Thesis. University of California, Davis.

OPORTUNIDAD E INTENSIDAD DE LABORES POST-COSECHA EN ALGODONERO Y SU RELACION CON LA CONSERVACION DE HUMEDAD (INVIERNO 1981 Y 1982-83)*

Tavera y San Germán, G.*

RESUMEN

Algunos autores han manifestado que existe cierta relación entre las labores culturales realizadas post-cosecha y la humedad del suelo. La oportunidad e intensidad con que aquellos se ejecuten influirá en la conservación y, en algunos casos, en la captación y retención de humedad en el suelo entre dos ciclos de cultivo.

Dadas las restricciones para disponer de suficiente agua en una zona semi-árida, como lo es la Región Lagunera, se planteó este trabajo para evaluar la conservación y movimiento de la humedad del suelo en relación con la oportunidad e intensidad de las labores culturales realizadas post-cosecha en el cultivo del algodón, durante los ciclos de invierno 1981-82 y 1982-83, y la influencia que estas acciones puedan tener en la lámina de riego de presembrado en el nuevo ciclo del cultivo.

Se encontró que en el caso de no presentarse lluvia durante el período de descanso entre ciclos de cultivo, la realización de las labores inmediatamente después de efectuada la cosecha, favorece la conservación de la humedad residual en las capas del suelo abajo de la profundidad de laboreo. Cuando se presentaron precipitaciones, el efectuar las labores inmediatamente después de la cosecha permitió captar cierta cantidad de humedad, misma que a través del tiempo se perderá en la capa superficial, pero permanecerá en las capas inferiores.

ABSTRACT

A study was conducted at Coahuila, Durango, in the 1981-82 and 1982-83 winter growing season. The objective was to study the timing and intensity of post-harvest soil tillage on the presowing irrigation needed for the ensuing cropping season. The soils are medium textured with a moisture field capacity of about 31 percent and an apparent density of 1.3 g/c.c.

It was found that the post-harvest-tillage favoured subsoil moisture conservation which may be used for the following crop. Maximum conservation of subsoil moisture was obtained when plowing was made immediately after the harvest. A delay of one month was associated to a moisture loss of 4.1 cm.

INTRODUCCION

En la Región Lagunera Coahuila y Durango, el cultivo del algodón cubre una superficie aproximada de 60,000 hectáreas bajo riego, comprendiendo el ciclo del cultivo de marzo a octubre.

En esta zona se recomienda, con propósitos fitosanitarios, barbechar inmediatamente después de la cosecha; sin embargo, no todos los productores cumplen este requisito quedando mucha superficie solamente desvarada y siendo hasta finales de febrero cuando se realiza el barbecho junto con las labores de preparación de presembrado en el nuevo ciclo del cultivo.

Diferentes autores manifestaron que existe cierta relación entre las labores culturales realizadas post-cosecha, la oportunidad con que éstas se lleven a cabo y la conservación y, en algunos casos, la captación y retención de humedad en el suelo entre dos ciclos de cultivo. Esta premisa se tomó en cuenta para definir el objetivo principal de este trabajo.

OBJETIVO

Evaluar la conservación y movimiento de la humedad del suelo en relación con la oportunidad e intensidad de las labores culturales realizadas post-cosecha en el cultivo

* Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Maestro en Ciencias. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

del algodón en la Región Lagunera, Coahuila y Durango durante los Inviernos 1981-82 y 1982-83.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Entre los factores asociados con el buen uso y conservación del agua de riego que pueden estar sujetos a modificaciones o cambios, se encuentran las labores de cultivo operaciones de labranza, tales como: preparación de la cama de siembra, control de malezas y labores post-cosecha.

Larson, W.E. (4) en 1964, define que el principal objetivo en cualquier estudio sobre labranza debe ser el llegar a determinar las condiciones del suelo en cualquier etapa del ciclo de cultivo, que permitan conservar y utilizar eficientemente los recursos suelo y agua, y entonces tratar de lograr esas condiciones por medio de los implementos o las labores culturales adecuadas.

Robins, J.S. (7) en 1967, menciona que la alteración que sufre el suelo por el uso de los implementos de labranza generalmente causa que la capa arada quede suelta, lo que por lo regular incrementa la evapotranspiración del agua presente en esa capa rompiendo además la continuidad de los poros del suelo y reduciendo el flujo capilar de las capas inferiores a la capa arable. Este proceso altera el efecto del riego aplicado posteriormente dependiendo de:

- Profundidad, grado y eficiencia con que se efectúan las labores.
- Distribución inicial del agua en el perfil.
- Lapso que transcurre entre la labranza y una nueva aplicación de agua que reconsolidada la capa alterada.

Amemiya (1) en 1968, concluye que los tratamientos de la branza varían en sus resultados según la época y localidad en que se apliquen, y que si bien afectan al régimen de humedad del suelo, las respuestas que se obtengan dependerán de la humedad almacenada al momento de la siembra y que los resultados más concluyentes acerca de la aplicación de diferentes métodos de la labranza sobre el consumo y distribución de humedad en el suelo se ha obtenido en zona de temporal errático donde las condiciones de humedad del suelo son precarias.

Peele, citado por Willis y Bond (10) en 1971 y trabajando con suelos francos, encontró que las labores de cultivo ocasionaban inicialmente una aceleración en las pérdidas de humedad y después las reducían.

Giles (3) en 1966, establece que mientras menos se altera el suelo, menor será la pérdida por evaporación; a esto añade Unger (9) en 1968, que en las zonas áridas la siembra sin preparación previa del terreno ha dado buenos resultados.

Por lo que respecta al manejo del suelo post-cosecha, en 1963 Moody et al. (6) observaron que colocando los residuos de las cosechas simplemente sobre el suelo, sin incorporarlos, se reducían hasta siete veces los escurrimientos superficiales, con lo que si durante la época de descanso ocurrían precipitaciones había un aporte efectivo de agua al suelo.

La cobertura de la superficie con los residuos ayuda a disminuir la evaporación; asimismo, Siddoway (8) en 1963 encontró que este procedimiento incrementa en mayor grado la estructuración del suelo que cuando se incorpora

el rastrojo al suelo y al mismo tiempo se ayuda a disminuir las pérdidas por evaporación.

Gerard (2) en 1980, establece que el algodón es uno de los cultivos más ampliamente afectado en su emergencia por la formación de costras, y ya que la fuerza necesaria para que la plántula emerja es una función lineal de la humedad volumétrica presente en el suelo, el manejo de los residuos y las actividades de labranza Post-cosecha y/o presiembra influirán en la facilidad de emergencia del cultivo.

Macías y Hernández (5) en 1981, trabajando sobre eficiencia de riego en cultivo de algodón en la Región Lagunera establecieron que uno de los factores que más influencia tienen en la eficiencia del riego de presiembra es la humedad presente en el suelo al momento de la aplicación.

En resumen, de acuerdo con los autores consultados, las labores culturales realizadas tendrán influencia benéfica o detrimental de acuerdo con el número de pasos de la branza, frecuencia, oportunidad de realización y condiciones edafológicas y climáticas sobre el movimiento, conservación y eficiencia del uso del agua e indirectamente esta influencia se reflejará en la producción.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Se consideraron las siguientes:

- La intensidad y oportunidad de realización de las labores culturales post-cosecha afectan los contenidos de humedad en el perfil del suelo durante la época de descanso entre ciclos del cultivo de algodón.
- El régimen de humedad del suelo se ve afectado durante todo el ciclo por las condiciones climatológicas, tipo de suelo y niveles de labranza.

MATERIALES Y METODOS

Localización.

El trabajo se llevó a cabo en terrenos del campo experimental del CENAMER, en la Región Lagunera, Coah. y Dgo.

Duración.

El estudio se efectuó durante dos épocas de descanso entre ciclos de cultivo, la primera fue del 3 de noviembre de 1981 al 16 de marzo de 1982, período durante el cual se evaluó solamente la oportunidad de realización de las labores post-cosecha y la segunda, del 22 de noviembre de 1982 al 3 de marzo de 1983, en la que se consideraron oportunidad e intensidad de labores.

Suelos.

Los suelos de la Región pertenecen al gran grupo Aridisoles, y de ellos se han diferenciado 11 series. Los considerados en este trabajo pertenecen a la serie Coyote, siendo su textura de media a pesada con estructura deteriorada por falta de materia orgánica y exceso de labranza. En el Cuadro 1 se presentan las características físicas de dichos suelos y los métodos empleados en esta caracterización.

Muestreo de Humedad del Suelo.

Invierno 1981-82.

Los muestreos de humedad se iniciaron el 3 de noviembre

Cuadro 1. Características Físicas de los suelos bajo estudio. Inviernos 1981 - 82 y 1982 - 83. CENAMAR - INIA - SARH.

Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura*	CC** (%)	PMP** (%)	Da*** (gr/cm ³)
0-30	41.4	29.4	29.2	Mr	31.4	17.8	1.31
30-60	39.0	31.8	29.2	Mr	32.2	17.9	1.31
60-90	41.4	35.4	23.2	F	30.2	16.2	1.30
90-120	38.0	42.6	19.4	F	29.8	15.8	1.30
120-150	39.0	48.8	12.2	F	26.7	14.6	1.30

Clave: Mr Migajón arcilloso
 F franco
 * hidrómetro de Bouyoucos
 ** platos porosos a 0.3 y 15 bars de presión
 *** barrena para tomar de muestras inalteradas

de 1981 por ser ésta la fecha en la que se dió por terminada la cosecha de algodón.

La toma de muestras se efectuó con barrena Vehimeyer hasta 1.50 m de profundidad en estratos de 0.30 m, tomando tres muestras en cada lote, con una frecuencia de 15 días aproximadamente. La determinación de humedad se hizo por el método gravimétrico en el laboratorio.

El período de observación comprendió desde noviembre de 1981 a marzo de 1982 en que se iniciaron las labores de preparación para el nuevo ciclo de algodón.

Invierno 1982-83.

En esta etapa los muestreos se iniciaron el 22 de noviembre de 1982; la toma de muestras se realizó en la misma forma que en la etapa precedente.

Labores Culturales.

Durante el Invierno 1981-82 la labor considerada fue un barbecho con arado de discos a una profundidad de 30-40 cm para incorporar los residuos del cultivo. Esta labor se realizó en cinco sublotos con intervalos de realización de un mes aproximadamente.

En el Invierno 1982-83 la superficie de los sublotos en observación se dividió, dando en la mitad de ella sólo barbecho y a la otra mitad barbecho y paso de rastra a la profundidad de 30-40 cm, con intervalos de 20 días aproximadamente.

En la Figura 1 se muestran las dimensiones del lote de observación y la distribución y fechas en que se llevaron a cabo las labores culturales.

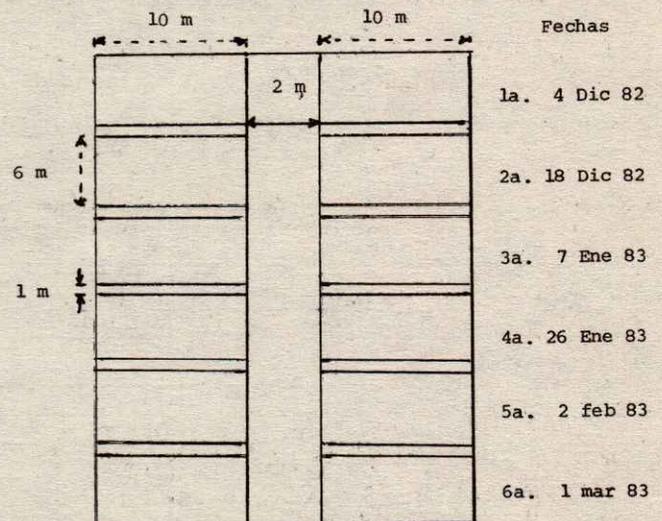
El material proveniente del desvare se dejó esparcido en la superficie del terreno.

RESULTADOS

Invierno 1981-82.

Los resultados de las observaciones realizadas se presentan en la Figura 1 del Apéndice, en donde se muestra el

comportamiento de la humedad retenida, expresada como lámina, en relación a las diferentes fechas de realización de las labores de cultivo.



Con los datos obtenidos en el último muestreo realizado antes del riego de presembrado se calculó la lámina necesaria para llevar a capacidad de campo a cada uno de los estratos de 30 cm de profundidad y las láminas acumulativas hasta la profundidad de 150 cm. Cuadro 2.

Invierno 1982-83.

En esta etapa se consideró no sólo la oportunidad en la realización de las labores culturales, sino su intensidad y el efecto de ambas sobre la conservación de la humedad en suelos de textura de media a pesada.

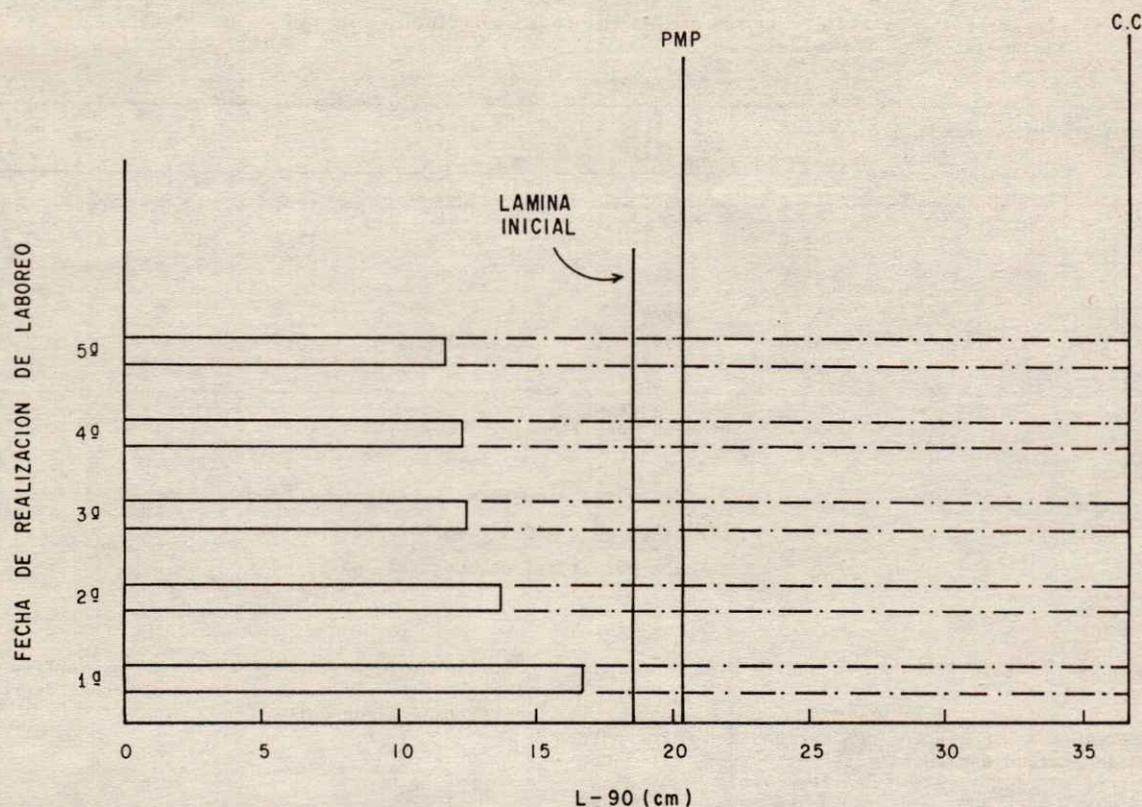


Figura I.- Efecto de la fecha de realización de las labores post-cosecha sobre la conservación de humedad Invierno 81-82 CENAMAR-SARH

Cuadro 2. Láminas necesarias para llevar a capacidad de campo un estrato de 150 cm antes de la aplicación del riego de presiembra. Invierno 1981-82. CENAMAR - INIA - SARH.

Lote	Prof. (cm)	Lámina Residual (cm)	Lámina Equivalente a CC (cm)	Lámina Necesaria para llevar a CC cada estrato	Láminas Necesarias (cm)	Fecha Realización de Barbecho Post-cose-
C ₁	0-30	4.5	12.3	7.8	7.8	3/XI/81
	30-60	6.3	12.7	6.4	14.2	
	60-90	6.1	11.8	5.7	19.9	
	90-120	5.2	8.9	3.7	23.6	
	120-150	4.8	10.4	5.6	29.2	
C ₂	0-30	3.6	12.3	8.7	8.7	22/XII/81
	30-60	5.2	12.7	7.5	16.2	
	60-90	5.0	11.8	6.8	23.0	
	90-120	4.2	8.9	4.7	27.7	
	120-150	4.4	10.4	6.0	33.7	
C ₃	0-30	3.4	12.3	8.9	8.9	12/I/82
	30-60	4.5	12.7	8.2	17.1	
	60-90	4.7	11.8	7.1	24.2	
	90-120	4.0	8.9	4.9	29.1	
	120-150	4.6	10.4	5.8	34.9	
C ₄	0-30	3.5	12.3	8.8	8.8	11/II/82
	30-60	4.5	12.7	8.2	17.0	
	60-90	4.5	11.8	7.3	24.3	
	90-120	4.0	8.9	4.9	29.2	
	120-150	4.3	10.4	6.1	35.3	
C ₅	0-30	3.1	12.3	9.2	9.2	8/III/82
	30-60	4.4	12.7	8.3	17.5	
	60-90	4.3	11.8	7.5	25.0	
	90-120	3.8	8.9	5.1	30.1	
	120-150	4.6	10.4	5.8	35.9	

Artículo Científico División II

Durante el período considerado se presentaron lluvias de cierta intensidad, por lo que pudo observarse el efecto de la oportunidad y grado de las labores sobre la captación de esa humedad.

Los resultados de las observaciones realizadas se presentan en las Figuras II a IV del Apéndice, y las láminas necesarias para llevar a CC un estrato de 150 cm calculados en base a la humedad residual antes de la aplicación del riego de presiembra se presentan en el Cuadro 3.

En las Figuras II, III y IV del Apéndice se presentan los cambios en contenidos de humedad expresados como láminas (cm) durante el período de observación.

DISCUSION

La consecución de resultados reproducibles en los trabajos de experimentación o investigación en los que se maneja como variable principal las actividades de labranza requieren que dichos trabajos sean realizados en condiciones semejantes por un cierto número de años, ya que los efectos de las labores culturales sobre el suelo no se manifiestan en un ciclo de cultivo a otro puesto que afectan principalmente a la estructura del suelo.

Las hipótesis consideradas en este trabajo mencionan que la oportunidad e intensidad de las labores post-cosecha afectan a los contenidos de humedad en el perfil del suelo durante la época de descanso entre ciclos de cultivo de algodón, y que el régimen de humedad del suelo se ve afectado durante este período por las condiciones climatológicas, edáficas y la intensidad de laboreo.

La realización de este trabajo durante dos períodos de descanso del terreno entre ciclos agrícolas de algodón, propició el acopio de información que en conjunto cubre lo planteado en dichas hipótesis.

Las labores post-cosecha durante el Invierno 1981-82 permitieron observar el comportamiento de la humedad residual presente en el perfil de un suelo en el que se cultivó algodón en melga con riego por gravedad, mientras que durante el Invierno 1982-83 el cultivo estuvo regado por aspersión con un sistema power roll.

Las condiciones climáticas difirieron en los dos períodos, lo que influyó en la información obtenida.

Invierno 1981-82.

El sitio elegido dentro del campo experimental CENAMAR fue cultivado en el Ciclo agrícola Primavera-Verano 1981 con algodón sembrado en melga. En este terreno se delimitaron cinco parcelas de 5 x 10 m, en las cuales se desvaró la planta de algodón después de la cosecha, efectuándose un barbecho en la primera de ellas. El muestreo de humedad se realizó en todos cada 15 días, y el barbecho se espació aproximadamente cada 30 días en las restantes cuatro parcelas.

Los datos obtenidos en el período de observación del 21 de noviembre de 1981 al 16 de marzo de 1982, manifiestan la pérdida constante de la humedad del suelo. Con los datos de la última observación se elaboró la siguiente Figura 2 en la que se muestra el efecto de la fecha de realización de labores sobre la lámina necesaria para llevar a capacidad de campo una profundidad de 90 cm de dicho suelo, en el riego de presiembra del nuevo ciclo del algodón.

Como puede observarse, el ahorro principal se obtiene al efectuar el barbecho inmediatamente después de la cosecha. Al hacerlo un mes más tarde ya se han perdido 4.1 cm más de agua.

La pérdida de humedad en las fechas subsiguientes es me-

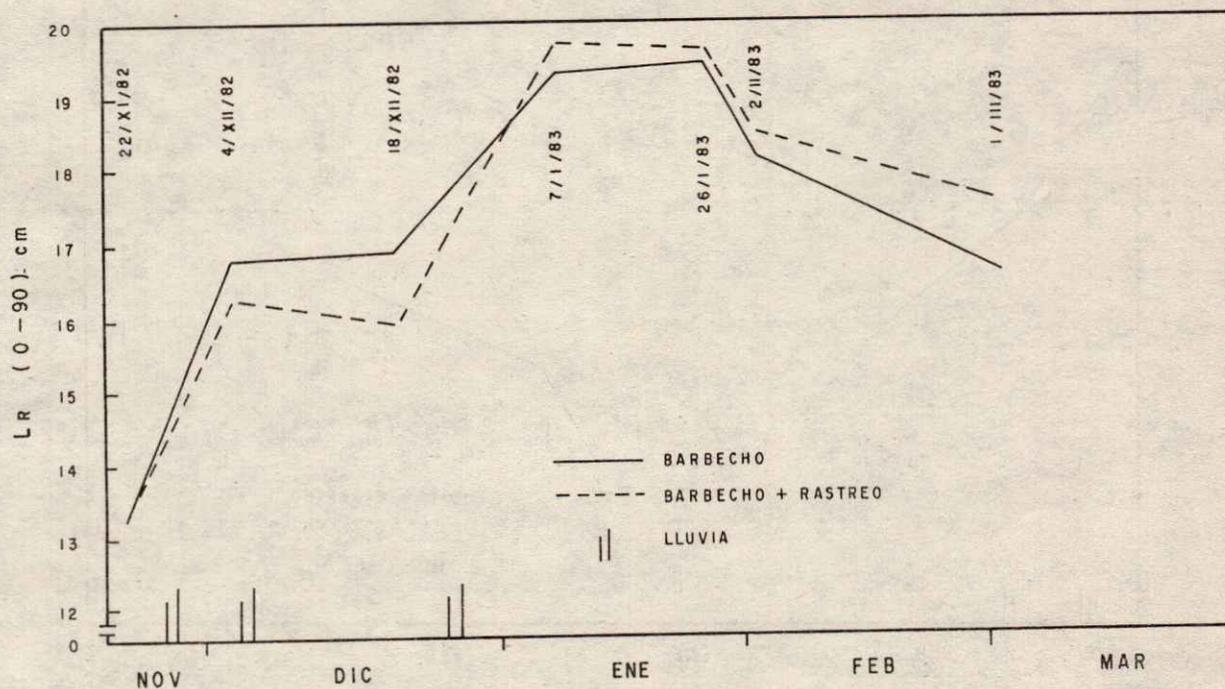


Figura II.-Movimiento de la humedad en la capa 0-90cm y su relación con la intensidad de labores post-cosecha Invierno 82-83 CENAMAR-SARH

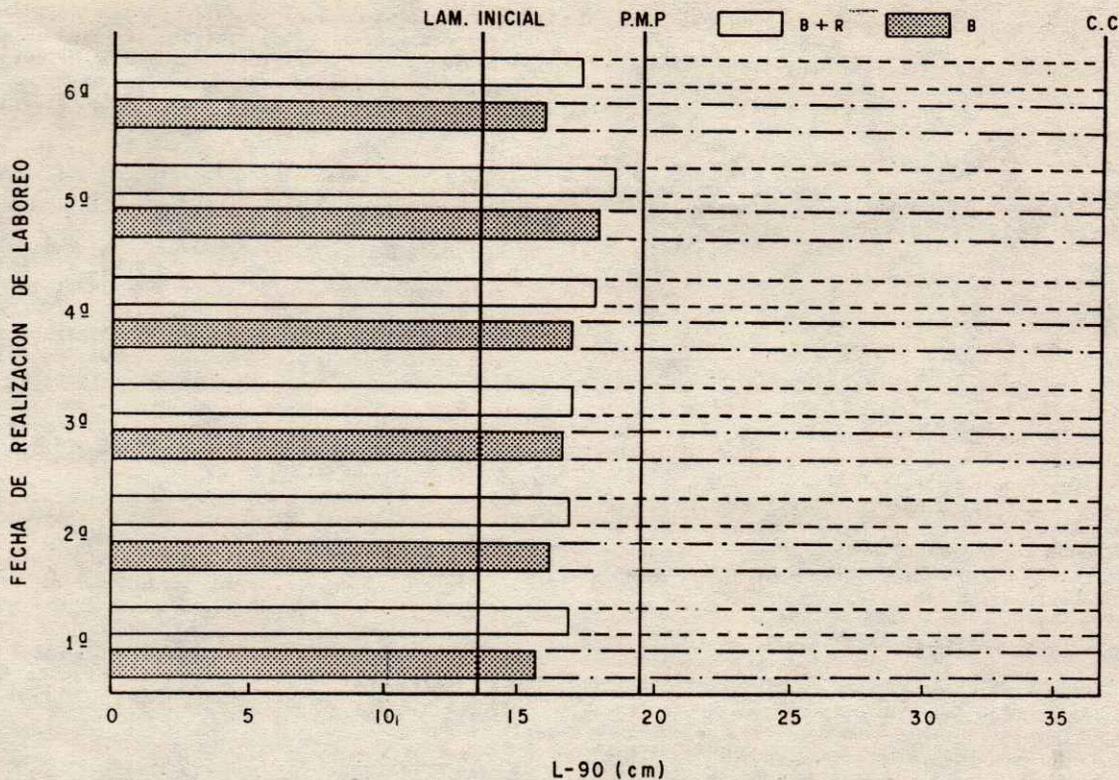


Figura III.-Efecto de la intensidad y oportunidad de realización de labores post-cosecha sobre la captación de humedad Invierno 82-83 CENAMAR-SARH

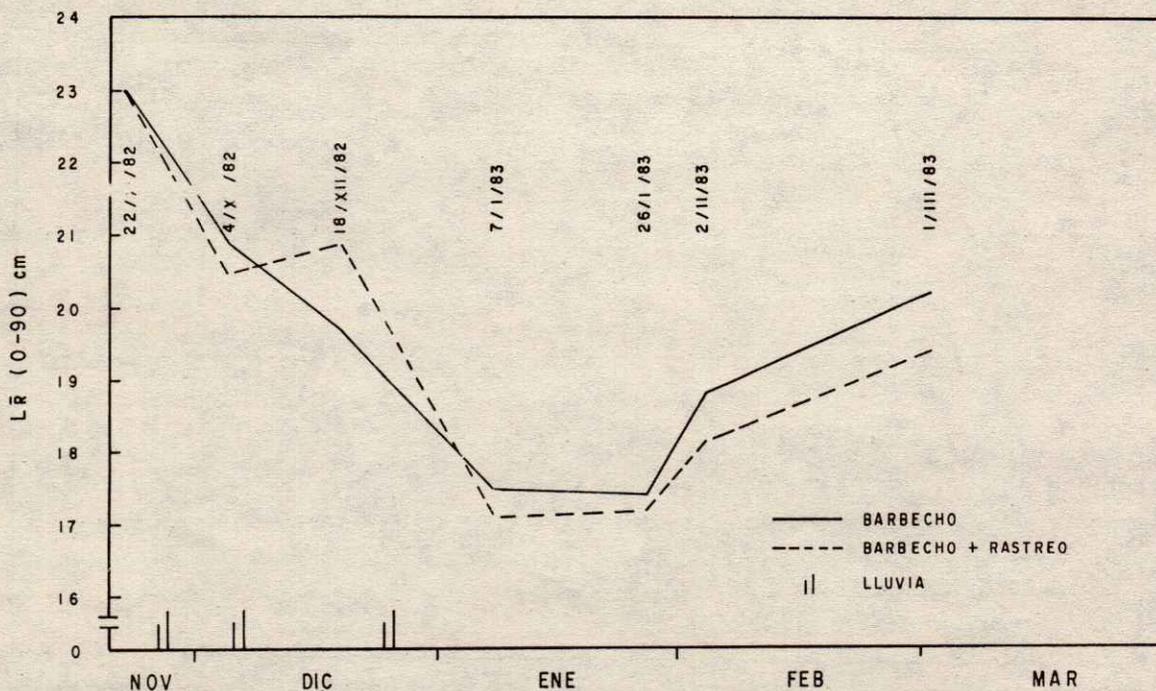


Figura IV.-Láminas necesarias para llevar a CC la capa de 0-90cm de un suelo en el que se han realizado labores post-cosecha con diferente intensidad. Invierno 82-83 CENAMAR-SARH

Cuadro 3. Láminas necesarias para llevar a CC un estrato de 150 cm antes del riego de presiembra del algo dón. Marzo 1983. CENAMAR - INIA - SARH.

Lote	Prof. (cm)	Lámina Residual (cm)	Lámina Equivalente a (cm)	Lámina Necesaria para llevar a CC cada estrato	Láminas Necesarias (cm)	Fecha realización de barbecho post-cosecha
D ₁ Barbecho	0-30	6.55	12.3	6.55	6.55	22/XI/82
	30-60	5.83	12.7	6.87	13.42	
	60-90	4.28	11.8	7.52	20.94	
	120-150	4.39	10.8	6.01	31.56	
D ₂ Barbecho	0-30	5.89	12.3	6.41	6.41	4/XII/82
	30-60	6.10	12.7	6.60	13.00	
	60-90	4.25	11.8	7.55	20.55	
	120-150	4.01	10.4	6.39	31.51	
D ₃ Barbecho	0-30	5.67	12.3	6.63	6.63	18/XII/82
	30-60	6.28	12.7	6.42	13.05	
	60-90	4.77	11.8	7.03	20.08	
	120-150	4.36	10.4	6.04	30.57	
D ₄ Barbecho	0-30	5.31	12.3	6.99	6.99	7/I/83
	30-60	6.88	12.7	5.82	12.81	
	60-90	4.76	11.8	7.04	19.85	
	120-150	4.55	10.4	5.85	30.01	
D ₅ Barbecho	0-30	5.96	12.3	6.34	6.34	26/I/83
	30-60	7.31	12.7	5.39	11.73	
	60-90	4.63	11.8	7.17	18.90	
	120-150	3.84	10.4	6.56	29.95	
D ₆ Barbecho	0-30	5.42	12.3	6.88	6.88	2/II/83
	30-60	5.98	12.7	6.72	13.60	
	60-90	4.53	11.8	7.27	20.87	
	120-150	4.16	10.4	6.24	31.72	
D' ₁ B+R	0-30	5.42	12.3	6.88	6.88	22/XI/82
	30-60	6.74	12.7	5.96	12.84	
	60-90	4.78	11.8	7.02	19.86	
	120-150	4.11	10.4	6.29	30.54	
D' ₂ B+R	0-30	5.91	12.3	6.39	6.39	4/XII/82
	30-60	6.61	12.7	6.09	12.48	
	60-90	4.44	11.8	7.36	19.84	
	120-150	4.27	10.4	6.13	30.43	
D' ₃ B+R	0-30	6.06	12.3	6.24	6.24	18/XII/82
	30-60	6.47	12.7	6.23	6.23	
	60-90	4.30	11.8	7.50	19.97	
	120-150	4.08	10.4	6.32	30.56	
D' ₄ B+R	0-30	6.14	12.3	6.16	6.16	7/I/83
	30-60	6.91	12.7	5.79	11.95	
	60-90	4.85	11.8	6.95	18.90	
	120-150	4.04	10.4	6.36	29.86	
D' ₅ B+R	0-30	6.43	12.3	5.87	5.87	26/I/83
	30-60	6.87	12.7	5.83	11.70	
	60-90	5.22	11.8	6.58	18.28	
	120-150	4.27	10.4	6.13	28.42	
D' ₆ B+R	0-30	6.16	12.3	6.14	6.14	2/II/83
	30-60	6.96	12.7	5.74	11.88	
	60-90	5.03	11.8	7.77	19.65	
	120-150	4.30	10.4	6.10	30.15	

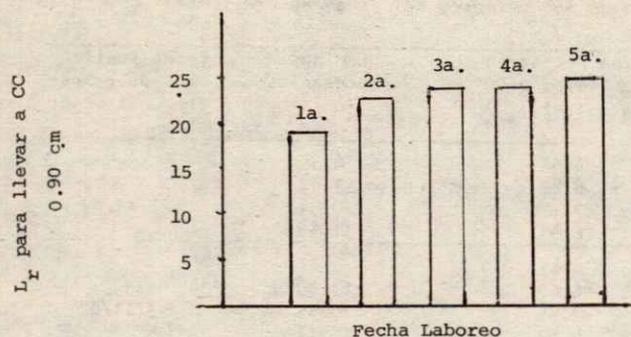


Figura 2. Relación Oportunidad de Laboreo-Conservación de Humedad.

nos notoria debido a las condiciones de la matriz del suelo, y se puede considerar que ya no es significativa. Sin embargo, si se compara la primera con la última fecha, la cual es la indicada por el Distrito de Riego No. 017 para la entrega del riego de presiembra, se habían perdido 5 cm de lámina.

Invierno 1982-83.

Durante el Invierno 1982-83 se consideró un nuevo factor o sea, la intensidad de la labranza, dando a más del barbecho un paso de rastra.

En el lote seleccionado, el cultivo de algodón del ciclo Primavera-Verano 1982 fue regado por aspersión utilizando un sistema power-roll, y aun cuando la lámina total promedio aplicada al cultivo fue semejante a la del ciclo anterior, aproximadamente 100 cm, en el caso del riego superficial se dió un máximo de cinco riegos (uno de presiembra y cuatro auxilios), mientras que por aspersión la lámina total fue aplicada en láminas de 5.5 cm en promedio, lo que ocasionó una gran diferencia en el contenido de agua en el perfil del suelo.

La lámina promedio remanente en el Invierno 1981-82 fue de 18.6 cm en un estrato de 0-90 cm de profundidad, mientras que en el Invierno 1982-83 fue de sólo 13.6 cm.

Considerando el estrato de 0-90 cm de profundidad, la mayor captación de humedad se encontró en los lotes que se laborearon en la 5a. fecha (26 de enero de 1983) siendo la cantidad de agua captada muy semejante, tanto en el lote con puro barbecho como en el que tenía barbecho más rastreo. Los labores en este lote se realizaron después que se había presentado los principales eventos pluvia-

les. Esto parece dar razón a la Bibliografía acerca de que la presencia de rastrojos en la superficie del terreno reduce el escurrimiento superficial dando mayor oportunidad a la infiltración y ayuda a disminuir la evaporación. Después de efectuada la labranza se presenta una disminución en la humedad presente en la capa de 0-30 cm pero el agua captada en las capas inferiores queda retenida.

El efecto del rastrojo sobre la superficie se sigue manifestando en el lote laborado en la 6a. fecha (2 de febrero de 1983), ya que a más de propiciar la infiltración permite conservar la humedad protegiendo al suelo de pérdidas para evaporación debida a fuertes vientos durante este período.

Comparando las fechas 1a., 2a. y 6a. encontramos que los valores finales de láminas necesarias son muy semejantes y es aparente que el tratamiento de barbecho más rastreo en los tres casos es ligeramente más eficiente (Figura IV).

Según la tendencia observada en el ciclo anterior, independientemente de la fecha de realización de las labores la pérdida de humedad en la capa superior se acelera grandemente después de efectuar la labor, por lo que antes de presentarse las lluvias, la humedad en los sitios donde se realizaron en primero y segundo lugar las actividades culturales había menos humedad tanto en la capa de 0-30 cm como en la de 30-90 cm, así que la lámina captada en los eventos subsiguientes fue menor en comparación con los tratamientos que se hicieron en fechas posteriores.

Respecto al lote que se trabajó hasta la 6a. fecha, fue en éste en el que permaneció más tiempo la cubierta de rastrojo, y que si bien no fue en el que se perdió proporcionalmente menos humedad ya que la cubierta protegió al suelo de la evaporación propiciada por los fuertes vientos durante el mes de febrero, en los otros lotes ya no se contaba con esta protección.

Como resultado se puede ver en la Fig. III que la lámina presente en el suelo al momento del riego de presiembra fue superior en cuando menos 1.2 cm a la lámina inicial, siendo la máxima captada y retenida la de la 5a. fecha (2 de febrero de 1983), que fue de casi 3 cm.

En todos los casos, el comportamiento del terreno al que se le hizo desvare, barbecho y rastreo, manifestó una mayor captación y conservación de humedad aunque las diferencias no son realmente significativas, por lo que desde un punto de vista económico es suficiente con el desvare y barbecho, como puede apreciarse en la siguiente Figura 3.

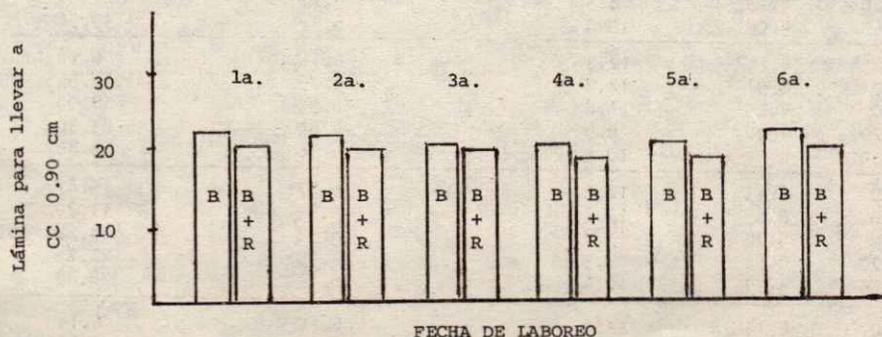


Figura 3. Comparación de Láminas Necesarias para Llevar a CC una Profundidad de 0-90 cm en Lotes con Diferentes Fechas de Labranza. Invierno 1982-83. CENAMAR-INIA-SARH.

Artículo Científico División II

Puede observarse que no se presenta ninguna tendencia, a diferencia del Invierno anterior. Las condiciones climáticas diferentes que se presentaron en estas dos épocas de observación no permiten establecer una comparación.

FACTORES CLIMATICOS

Aún cuando las diferencias climáticas en estos dos Inviernos impiden una comparación en cuanto al comportamiento de la humedad del suelo cuanto éste se ve sometido a dos niveles de labranza y en diferentes oportunidades durante el período de descanso entre dos ciclos de algodón, si permitieran captar información acerca de la conservación de la humedad residual durante un Invierno seco y la captación de humedad en un Invierno húmedo, aspecto muy importante en una zona semiárida donde el principal factor limitante para la producción es la falta de agua.

En el Invierno 1981-82, la precipitación total de los meses de noviembre y marzo fue de 28 mm distribuidos en precipitaciones parciales muy pequeñas en las siguientes fechas:

22 mm	1a. decena de diciembre de 1981.
1 mm	3a. decena de diciembre de 1981
5 mm	3a. decena de febrero de 1982

Por lo que no tuvieron influencia significativa en los contenidos de humedad del suelo.

En el invierno 1982-83, la precipitación en el mismo intervalo fue de 108 mm, siendo la distribución la siguiente:

33 mm	3a. decena de noviembre de 1982
24 mm	1a. decena de diciembre de 1982
33 mm	3a. decena de diciembre de 1982
15 mm	2a. decena de enero de 1983

La cantidad de lluvia y los intervalos en que se presentó afectaron el contenido de humedad del suelo, elevando el valor de la lámina residual.

Estas precipitaciones están fuera del límite superior del intervalo de confianza para la precipitación normal de la zona.

Si se presenta en valores porcentuales la retención del agua captada en el suelo se tendrían los siguientes datos:

Precipitación total noviembre de 1982 a marzo de 1983:
105 mm = 100%

Fecha de Laboreo	Barbecho	Barbecho + Rastreo
1a.	20.0%	30.4%
2a.	21.8	30.0
3a.	28.5	30.0
4a.	30.4	40.0
5a.	40.0	47.6
6a.	20.9	30.4

De acuerdo con lo anterior, puede observarse que el barbecho + rastreo permite una mayor conservación de la humedad captada, sobre todo cuando las labores se efectuaron cercanas a la presencia de lluvia. Asimismo, se nota que el efecto de una labor cultural temprana tuvo la misma eficiencia que el haber dejado los residuos vegetales sobre el terreno realizando la labranza en la última fecha, aún cuando con esto no se cumplen los propósitos fitosanitarios.

CONCLUSIONES

- Las hipótesis planteadas se confirman tanto en el aspecto de conservación como en el de captación de humedad.
- En el caso de no presentarse lluvia durante el período de descanso entre ciclos de cultivo de algodón, la realización de las labores inmediatamente después de la cosecha favorece la conservación de la humedad residual en las capas de suelo abajo de la profundidad de laboreo.
- Al permanecer el suelo sin laboreo por un espacio de tiempo mayor después de la cosecha, la humedad remanente en el perfil va disminuyendo, por lo que al hacer las labores en fechas posteriores el efecto sobre la conservación de humedad disminuye.
- Cuando se presentan precipitaciones en el período considerado, al efectuar las labores inmediatamente después de la cosecha se favorecerá la infiltración del agua de lluvia. El efecto de la labranza se prolongará al permitir la conservación del agua captada en las capas inferiores (30-90 cm).
- La intensidad de las labores efectuadas no presenta efectos significativos, aún cuando en apariencia es ligeramente mejor el efecto de barbecho más rastreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amemiya, N. (1966). Tillage-Soil Water Relations of Corn as Influenced by Weather Agr. Jour. 60 (5): 534-537.
- Gerard, C.J. (1980). Emergence Force by Cotton Seedling Agr. Jour. 72: 473-476.
- Giles, P. (1966). Equipo para cultivo en terreno Seco. El Campo, México, D.F. Año XLII No. 894, pp 38.
- Larson, W.E. (1964). Soil Parameters for Evaluating Tillage Needs and Operations. Soil Science Society

Proceedings. 118:122.

- Macias, H. y C. Hernández (1981). Evaluación del Riego de Presiembra en Algodonero Bajo Diferentes Grados de Preparación. Memorias del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México, SMCS.
- Moody et al (1963). Influence of Straw Mulch on Soil Moisture, Soil Temperature and Growth of Corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27 (6): 700-703.
- Robinson, J.S. (1967).

SARH (1978). Agenda Técnica Agrícola de la Comarca Lagunera.

Siddoway, F. H. (1968). Effects of Cropping and Tillage Methods on Dry Aggregate Soil Structure. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 27 (4): 452-454.

Unger, P.W. (1968). Soil Organic Matter and Nitrogen

Changes During 24 years of Dry and Wet Tillage and Cropping Practices. Soil. Sci. Soc. of Am. Proc. 432 (3) 428-429.

Wilis, W.O. and J.J. Bond (1971). Soil Water Evaporation Reduction by Simulated Tillage. Soil. Sci. Soc. of Am. Proc. 35 (4): 526-529.

EVALUACION DEL RIEGO DE PRESIEMBRA DEL ALGODONERO EN LA REGION LAGUNERA: COAHUILA Y DURANGO⁺

Hernández Yañez, C.*

RESUMEN

De la superficie total bajo riego en el país, los métodos de riego superficial representan el 96.7%; en la Región Lagunera éstos constituyen el 98.7%. Los datos anteriores muestran la importancia nacional y regional de esta forma de aplicar el agua a los cultivos.

Con el objetivo de evaluar el riego de presiembra del algodón en esta región, en el ciclo agrícola Primavera-Verano 1983, se desarrolló este trabajo en 27 lotes, tomados al azar dentro de la superficie de riego operada por el Distrito de Riego No. 017.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se han establecido las siguientes conclusiones:

- Esta forma de trabajar es aconsejable para captar el marco de referencia del uso del agua a nivel parcelario.
- La magnitud de la lámina de riego aplicada en función de: la preparación del terreno, el contenido de humedad en el suelo al momento del riego, manejo del agua dado por el usuario así como el gasto, ancho y longitud de riego.
- Las bajas eficiencias de aplicación del riego se presentan, generalmente, en suelos de textura ligera y con un mal manejo del agua dado por el usuario.

ABSTRACT

With the objective to evaluate the irrigation before planting cotton on this region, 27 plots were selected at random on the irrigated District Num. 017 on the cropping season spring - summer 1983.

The following was concluded.

1. Land preparation and soil moisture content affect the amount of water required and its efficiency.
2. In 37% of the selected plots used less water than required.
3. The irrigation method that uses beds (grade A) was more efficient.
4. The methodology used in this study is recommended for further studies on the matter.

INTRODUCCION

De la superficie total bajo riego en el País, los métodos de riego superficial representan el 96.7%, mientras que en la Región Lagunera éstos representan el 98.7%, datos que demuestran la importancia de esta forma de hacer llegar el agua a las plantas.

Las características propias de los métodos de riego por superficie hacen que las pérdidas de agua por percola-

ción profunda, sobre todo en suelos ligeros y mal preparados, sean muy grandes provocando por ello grandes inversiones de agua en la producción de cultivos.

En la operación del riego por superficie, generalmente se presentan bajas eficiencias de riego por existir poca congruencia entre los principales factores que lo afectan, como son: gasto, longitud, ancho, pendiente, infiltración, preparación del terreno, además del manejo del agua por parte del usuario. Según trabajos desarrolla-

⁺ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Ingeniero Agrónomo. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

dos en la Región, los factores más variables respecto al riego de presiembra del algodón son: gasto, longitud, preparación del terreno y, de acuerdo con estos trabajos el preparar mal terreno para el riego de presiembra implica una lámina de riego un 23% mayor que si se recibe el riego con una buena preparación.

Una buena preparación del terreno, consiste en barbecho-rastreo-cruzado-paso de land plane-trazo de riego - cama melonera, considerada como grado "A", mientras que una mala preparación, sólo consiste en barbecho y melgueo con o sin contras.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el uso del agua en el riego de presiembra del algodón en función de la eficiencia del riego, tomando como punto de partida los diferentes grados de preparación del terreno que se presentan en la Región, además de recabar el marco de referencia del uso del agua en la Región a nivel parcelario.

REVISIÓN DE LITERATURA

Macías y Hernández (1) en 1980, desarrollaron un trabajo en el Distrito de Riego No. 017, Región Lagunera, Coahuila y Durango, con el objetivo de evaluar el efecto del grado de preparación del terreno sobre la magnitud de la lámina de riego aplicada en el riego de presiembra del algodón; para tal efecto localizaron 12 lotes al azar dentro del Distrito de Riego; representados por 3 lotes por cada grado de preparación del terreno (A: barbecho-rastreo-cruzado-paso de land plane-trazo de riego - cama melonera; B: barbecho-rastreo-cuadreo-trazo de riego-melgueo; C: barbecho-rastreo-cuadreo-melgueo con o sin contras). La preparación "A" es considerada como la mejor, y así sucesivamente hasta la "D", que es considerada como peor.

De acuerdo con los resultados obtenidos, asentaron que se puede ahorrar un 23% (5.6 cm de lámina) de agua al cambiar de la preparación del terreno más mala (D) a la mejor (A). Como un complemento, también reportaron que para lograr aplicar láminas de riego pequeñas y obtener buenas eficiencias de riego, a medida que se reduce el grado de preparación del terreno es conveniente manejar gastos lo más grande posibles.

Skogerboe y Walker (2) en 1981, asentaron que el primer paso para mejorar cualquier sistema de riego por superficie, es evaluar el funcionamiento hidráulico del sistema en sembradíos individuales utilizando como criterio el balance volumétrico a través del ciclo vegetativo de los cultivos, el cual será la base para el diseño del sistema de riego por superficie mejorado.

Según estos autores, dicha evaluación se hace a través de la siguiente información:

- Evapotranspiración del cultivo
- Distribución de la humedad en el suelo originada por la infiltración
- Capacidad de retención de humedad del suelo
- Curvas de avance y recesión
- Tiempo de corte o de riego

Tavera (3) durante el Invierno 1981-1982, trabajando en la Región Lagunera en diferentes lotes de ballico anual con diferente grado de preparación del terreno (barbecho

rastreo doble-paso de land plane; barbecho-rastreo -paso de land plane; barbecho-rastreo doble; barbecho-rastreo) y con el objetivo de evaluar el grado de preparación del terreno sobre el uso y distribución del agua en el suelo abarcando del riego de presiembra al riego anterior al primer corte, estableció como conclusiones lo siguiente:

- Considerando un costo del m^3 de agua de \$ 0.65, con un buen manejo de agua y una buena preparación del terreno es posible ahorrarse hasta \$ 136.00 por concepto de agua en la producción de una tonelada de forraje verde.
- La influencia del grado de preparación del suelo se manifiesta principalmente en la velocidad de avance del agua, influyendo por lo tanto en el valor de la lámina neta aplicada.
- La buena preparación del terreno y un buen trazo de riego garantizan un uso eficiente del agua.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se desarrolló en el Distrito de Riego No. 017, Región Lagunera, Coahuila y Durango, en cuatro de las cinco unidades de riego de que se compone, en donde predominan los suelos de textura media (migajón arcilloso) correspondientes a la serie Coyote, la cual representa el 60% de la superficie total de la región. Esta serie se caracteriza por tener un perfil de textura migajón arcillosa a migajón arenosa hasta los 2.0 m de profundidad; es considerada pobre en "N" y rica en K, Ca, Mg, con un pH de 8.0

El presente estudio se realizó durante el período comprendido entre la primer decena del mes de Marzo a la primer decena del mes de Abril (riego de presiembra para algodón).

Se muestrearon un total de 27 lotes escogidos al azar dentro de las cuatro unidades de riego referidas anteriormente y distribuidos en los siguientes grados de preparación del terreno:

- GRADO A: Barbecho-rastreo-cruzado-paso de land plane-trazo de riego-cama melonera.
- GRADO B: Barbecho-rastreo-cuadreo-trazo de riego-melgueo.
- GRADO C: Barbecho-rastreo-cuadreo-melgueo con o sin contras.
- GRADO D: Barbecho-melgueo con o sin contras.

Una vez localizados los lotes, el suelo fue caracterizado en estratos de 30 cm respecto a: textura, capacidad de campo y densidad aparente, hasta una profundidad de 1.80 m.

Antes y después del riego se efectuaron muestreos de humedad del suelo cada 30 cm hasta una profundidad de 1.80 m distribuidos en 5 pozos a lo largo de la melga o cama.

Al momento de efectuarse el riego por parte del usuario se tomaron los siguientes datos: ancho de la melga o cama, gasto parcelario, tiempo de avance del agua a través del largo de la melga o cama y tiempo de riego.

Con los datos de contenido de humedad en el suelo y la información anterior se calcularon la lámina de riego aplicada y las eficiencias de aplicación, la cual fue calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_a = \frac{NR}{LRA} \times 100$$

Artículo Científico División II

Donde: NR = Necesidades de riego para llevar a capacidad de campo un estrato del suelo de 90.0 cm.

LRA = Lámina de riego aplicada (cm)

Ea = Eficiencia de aplicación

RESULTADOS Y DISCUSION

De los 27 lotes evaluados y de acuerdo al Cuadro 1, aun que sólo el 11.1% efectúa muy mala preparación del terreno para recibir el agua y dar el riego de presiembra del algodón; también se observa que sólo en el 25.9 y 33.3% se efectúa buena preparación del terreno, es decir, para regar por cama y por melga, de tal manera que existe un 40.7% (29.6 C y 11.1 D) al cual se le debe concientizar sobre la importancia que tiene la buena preparación del terreno en el uso del agua.

También se puede advertir en el mismo Cuadro, que a mejor preparación del terreno menor es la lámina de riego aplicada y viceversa, habiendo congruencia con lo asentado por Macías y Hernández (1) en 1980 y por Tavera (3) en 1982.

En la última columna del Cuadro existe una relación del tiempo que tarda en llegar el agua del inicio al final de la melga o cama, respecto al tiempo total de riego, y se observa que entre más mal se prepara el terreno mayor es el tiempo invertido para recorrer la longitud de riego, pues regando en camas sólo se invierte el 35%, mientras que por melga y mal preparado el terreno se invierte el 58% del total del tiempo de riego.

Cuadro 1. Grados de preparación del terreno, lámina aplicada y relación avance-tiempo de riego. Primavera-Verano 1983.

Grado	Frecuencia (%)	Lámina riego aplicada (cm)	Relación Avance-Tiempo de Riego
A	25.9	21.3	0.35
B	33.3	19.6	0.39
C	29.6	20.7	0.51
D	11.1	23.7	0.58

De acuerdo con el Cuadro, el 85% del trabajo se llevó a cabo en suelos de textura media, correspondiente a la serie más importante de la zona, y sólo el 14.8% correspondió a suelos poco frecuentes como son, los arcillosos y los migajón arenosos.

Según el mismo Cuadro, la eficiencia de aplicación del riego, se ve afectada por la textura del suelo, pues se advierte que los más bajos valores se presentan en los suelos de textura migajón arenosos. El hecho de que se observen eficiencias de aplicación mayores de 100% en los suelos de textura migajón-arcillo-arenoso y migajón-arcilloso, es debido a que la infiltración básica del agua en estos suelos generalmente es pequeña y a los fuertes gastos unitarios utilizados por el usuario.

La distribución de los grados de preparación del terreno según las texturas, también se muestra en el Cuadro 2, donde se observa que no existe ninguna relación entre los dos parámetros, más bien el grado depende del modo

Cuadro 2. Eficiencia de aplicación del riego y grado de preparación del terreno según la textura del suelo. Primavera-Verano 1983. CENAMAR - INIA - SARH.

Textura	Frecuencia (%)	Eficiencia de Aplicación (%)	Grado de Preparación del terreno (%)			
			A	B	C	D
Migajón Arcilloso	29.6	128.3	7.4	7.4	11.1	3.7
Franco	22.2	81.0	3.7	11.1	7.4	-
Migajón Arcilloso-Arenoso	33.3	112.6	-	14.8	11.1	7.4
Arcilloso	7.4	74.3	7.4	-	-	-
Migajón Arenoso	2.4	48.3	7.4	-	-	-

de pensar del usuario y de la disponibilidad de maquinaria.

Cuadro 3. Eficiencias de aplicación según el grado de preparación del terreno. Primavera - Verano 1983. CENAMAR-INIA-SARH.

Grado	Eficiencia de Aplicación (%)
A	89.8
B	84.9
C	101.1
D	58.9

La eficiencia de aplicación del riego según el grado de preparación del terreno, se muestra en el Cuadro 3, donde se advierte que las más bajas eficiencias se presentan en el grado "D", esto por existir mayores obstáculos al avance del agua y, por consecuencia, mayor lámina de riego aplicada. El hecho de que se presenten eficiencias menores en "A" que las esperadas, es debido a que dos lotes con este grado de preparación, correspondieron a suelos de textura migajón arenoso.

Según Macías y Hernández (1) en 1980 y Tavera (3) en 1982 uno de los factores de mayor importancia en la aplicación del agua de riego es el contenido de humedad del suelo antes de su aplicación, y según se observa en el Cuadro 4, existe un 48% de los lotes que fueron regados, habiendo un contenido de humedad promedio en los primeros 90 cm de profundidad menor de 16% y un 52% con valo-

res mayores de 16%, correspondientes en forma general al primer grupo las mayores láminas de riego aplicadas.

Cuadro 4. Contenido de humedad del suelo antes del riego. Primavera-Verano 1983. CENAMAR-INIA-SARH.

Contenido de humedad del suelo (%) (1)	Frecuencia (%)	C.C. Promedio (%)	
10 - 12	8	31.3	(2)
12 - 14	20		
14 - 16	20	22.9	(3)
16 - 18	36		
19 - 20	8		
20 - 22	8		

- (1) Valores promedio en los primeros 90 cm de profundidad.
 (2) Correspondiente a los suelos de textura migajón-arcillosa.
 (3) Correspondiente a suelos de textura migajón-arenosa

Al relacionar los valores de contenido de humedad, con los promedios de capacidad de campo, correspondiente a los suelos de textura media y pesada (92.4 de los lotes), se encuentra que los lotes con valores menores de 16% estaban justo al 0% de la humedad aprovechable.

Los lotes de textura migajón-arenosa (7.4%) se encuentran con un contenido de humedad promedio de 12.3% equivalente, también al 0% de la humedad aprovechable.

Los lotes de textura migajón-arenosa (7.4%) se encuentran con un contenido de humedad promedio de 12.3% equivalente, también al 0% de humedad aprovechable.

En la Figura 1 se observa que el 37% de los gastos parcelarios muestreados oscilan entre 100 y 150 lps y sólo el 22% son gastos de 50-100 lps, es decir, los gastos manejados a nivel parcela en su mayoría son de 100-150 lps; también se observa en la Figura que existen agricultores que utilizan ancho de melga más allá de 12 metros, los que aunados a gastos parcelarios menores de 100 lps originan gastos unitarios pequeños que provoca a la vez grandes tiempos de riego.

Los gastos unitarios mayores de 8 lps corresponden al método de riego por camas (grado A), pues por esta forma de regar se registraron gastos que varían en 5.6 - 11.6 lps, con un promedio de 8.1 lps; en el caso de riego por melgas éstos varían de 3.0-9 lps, con un promedio de 5.1 lps, no importando el grado de preparación del terreno.

Se observa en el Cuadro 5 que sólo el 18.5% de los lotes muestreados tienen longitudes mayores de 200 m, aunque es un porcentaje pequeño es importante considerarlo en la interacción gasto-longitud-eficiencia de riego, en trabajos de pruebas de riego.

Cuadro 5. Longitud de riego. Primavera - Verano 1983. CENAMAR-INIA-SARH.

Longitud (m)	Frecuencia (%)
- 100	3.7
100 - 250	40.7
150 - 200	37.0
+ 200	18.5

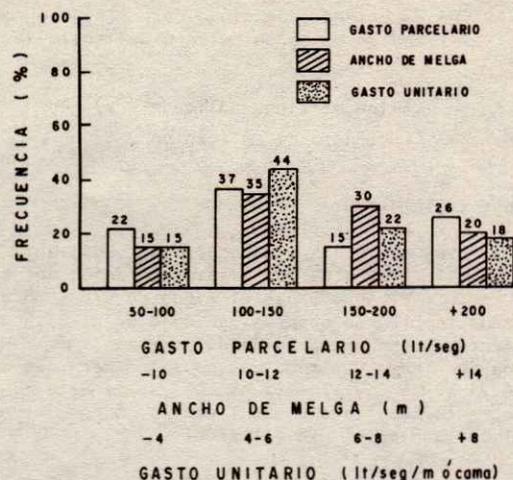


Figura 1.- Frecuencia de gastos parcelarios, ancho de melga y gastos unitarios P.V. 1983. SARH-INIA-CENAMAR

Lo anterior es el resultado del criterio muy personal que tiene el regador lagunero respecto al manejo del agua.

Es común la "creencia" entre los investigadores de uso y manejo del agua que el usuario siempre aplica más agua que la necesaria; sin embargo, en este trabajo se encontró que no siempre sucede así, pues en la Figura 2 se puede observar que existen láminas de riego aplicadas menores de 10.0 cm, mientras que las necesarias oscilan entre 10.0 y 22.0 cm, lo que demuestra que existe un cierto porcentaje que aplican menos agua que la necesaria. De los 27 lotes muestreados en este trabajo se encontró que el 37% aplicaron una lámina de riego menor que la necesaria, lo cual es reflejado en una eficiencia de aplicación mayor del 100%.

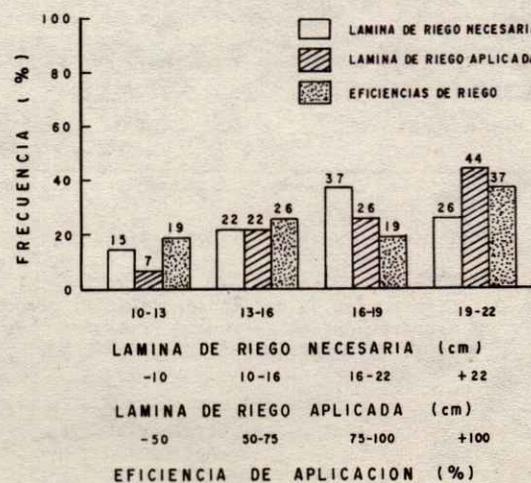


Figura 2.- Lámina de riego necesaria y aplicada y eficiencia de riego P.V. 1983. SARH-INIA-CENAMAR

Artículo Científico División II

La mayor lámina de riego necesaria para llevar a c.c. un estrato de 90.0 cm fluctuó de 19.0 a 22.0 cm; sin embargo, se puede observar que existe un 44% de lotes en donde se aplicaron láminas de riego más allá de 22 cm.

CONCLUSIONES

Como lo asientan Macías y Hernández (1) en 1980 y Tavera (3) en 1982, el grado de preparación del terreno y el contenido de humedad en el suelo, tienen fuerte efecto sobre la eficiencia de aplicación y la lámina de riego aplicada.

Por utilizarse gastos unitarios fuertes en suelos donde la infiltración es pequeña, se encontró en un 73% de los lotes muestreados que se aplica menos agua que la necesaria.

Debido a lo asentado en la conclusión anterior, el gasto pendiente y longitud de riego, tuvieron poco efecto sobre la eficiencia de riego.

Los factores que más efecto tienen sobre la eficiencia de aplicación son: grado de preparación del terreno contenido de humedad e infiltración del agua en el suelo a través de la textura así como el manejo que le da al agua el usuario.

Bajo las mismas condiciones de textura el método de riego por camas (Grado A) resulta ser más eficiente en la aplicación del agua de riego.

Esta forma de trabajar es aconsejable para captar el marco de referencia del uso del agua agrícola a nivel parcelario.

BIBLIOGRAFIA

Macías R.H., y C. Hernández Y. 1980. Evaluación del riego Bajo Diferentes Grados de Preparación del Terreno en el Cultivo del Algodonero. Informe de Investigación. CENAMAR-SARH.

Skogerboe, V.G. y W.R. Walker. 1981. Operación de Sistemas de Riego por Superficie para Maximizar Producción.

Curso de Función de Producción del Agua de Riego. Univ. State Utah.

Tavera y S.G., G 1982. Relación Labranza-Humedad en el Suelo de Ballico Anual (*Lolium multiflorum*) Informe de Investigación. CENAMAR-SARH.

USO CONSUNTIVO DE CUATRO CULTIVOS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA⁺

Ramírez Paz, F.*

RESUMEN

Se calcularon los usos consuntivos para los cultivos de maíz, frijol de mata, sorgo para grano y cacahuete en seis sitios de los Valles Centrales de Oaxaca. La metodología utilizada fue la Blaney y Criddle, citada en el Manual de Conservación del Suelo y Agua C.P. Chapingo, México 1977. Los datos de temperatura y lluvia corresponden entre 9 y 12 años recientes, exceptuando para el sitio de Tlacolula, en el cual sólo se dispone de información de 4 años. Se presentaron datos de precipitación pluvial al 50% de ocurrencia y los balances hídricos de cada cultivo y por sitios.

El objetivo de este análisis fue diagnosticar las diferencias entre precipitación y de usos consuntivos, entre sitios o entre cultivos, para generar recomendaciones por microregiones.

El análisis estadístico de las lluvias indicó que no hubo diferencia entre sitios, ya que la precipitación al 50% de probabilidades es igual en toda esta región, sin embargo sí hubo diferencias de precipitación entre meses durante el ciclo de desarrollo de los cultivos. El balanceo hídrico señala deficiencia de agua para el maíz desde el mes de Agosto y una deficiencia total de 8.87, 7.66 y 12.17 cm para los sitios de Tlacolula, Ejutla y Miahuatlán, respectivamente, regiones en las que no habrá seguridad de una buena cosecha de maíz; el frijol sólo tiene deficiencias de consideración en Miahuatlán; para el sorgo hay deficiencias en Julio y Agosto en Tlacolula y Ejutla y en la mayoría del ciclo en Miahuatlán. Aunque la lámina total de agua parece ser favorable para el desarrollo del cacahuete en Tlacolula, esto no es posible porque existen deficiencias durante el ciclo de desarrollo.

En conclusión, la producción de maíz tiene menos posibilidades en los distritos de Tlacolula, Ejutla y Miahuatlán; el sorgo estará muy limitado en Ejutla y Miahuatlán y el frijol sólo tendrá algo de limitaciones hídricas en Miahuatlán.

ABSTRACT

The consumptive use for maize, dry beans, sorghum and peanuts were calculated for six locations in the Central Valleys of Oaxaca. The Blaney and Criddle method was used. Data on temperature and rainfall were taken from 9 and 12 years records. Rainfall corresponding to 50 percent probability was used.

The balance suggests water deficits for corn starting in August and a total water deficit of 8.87, 6.66 and 12.17 cm for the growing cycle in Tlacolula, Ejutla and Miahuatlán locations. Dry beans should have water deficit only in Miahuatlán. In the case of sorghum, water deficits should occur in July and August in Tlacolula and Ejutla locations and throughout the growing cycle in Miahuatlán. It was concluded that corn should be a risky crop in Tlacolula, Ejutla and Miahuatlán sites, sorghum is a risky crop in Ejutla and Miahuatlán whereas dry beans is a risky crop only in Miahuatlán.

INTRODUCCION

En los Valles Centrales de Oaxaca con frecuencia las siembras de maíz fallan por el daño de sequía y como con secuencia también fallan parcialmente los programas de desarrollo agrícola, ya que se pretende manejar como si se tratara de una región de temporal eficiente. En el a

nálisis de probabilidades de lluvia de los 12 años recientes, se estimó que entre 25 y 30% de los años es posible tener buena cosecha de maíz pues en este porcentaje se registra la cantidad de agua equivalente al uso consuntivo; en el mismo tipo de análisis Laird y Ruiz (10) en 1979 reportan que en el 61% de los años se pierden el 50% de la cosecha. La SARH consignó siniestros to

⁺ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Maestro en Ciencias. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Artículo Científico División II

tales de 67.2 y 48.1% de las 90,000 hectáreas de maíz en los años de 1982 y 1983, respectivamente y de 30.3% de frijol en el presente ciclo.

Como los siniestros por sequía son por áreas determinadas, en este documento se discuten las estimaciones empíricas de necesidades hídricas generadas de la metodología de Blaney y Criddle para cuatro cultivos. Se pretenden de también que la información sea utilizada para regionalizar la zona de acuerdo a las disponibilidades de agua para determinado cultivo, para sugerir un cambio de cultivo a otro menos exigente en su consumo de agua o para enfocar la investigación hacia otras alternativas para aumentar la eficiencia del agua de lluvia.

REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

En la revisión bibliográfica de Shaw (14) en 1976, comenta que cada cultivo tiene un patrón característico de uso de agua a través del ciclo vegetativo. La cantidad de agua que se consume y la duración de las diferentes fases de crecimiento varían con la latitud del sitio.

En síntesis académicas de Aguilera y Martínez (1) en 1980 y Rojas (11) en 1972 documenta que el agua constituye más del 80% del peso fresco de las plantas herbáceas y más del 50% del peso fresco de las plantas leñosas. En los mismos documentos se discute la terminología de consumo relativo o coeficiente de transpiración de las plantas: Como consumo relativo, definen a los kg de agua para producir un kg de materia seca sin considerar a las raíces; en maíz un kg de materia seca requiere entre 336 y 590 kg de agua en las regiones áridas, en cambio, en regiones templadas solo requiere de 216 kg de agua. Los valores aquí reportados, tienen poca precisión ya que están limitados por las características físico-química de los suelos según Posadas, citado por Aguilera y Martínez (1).

El uso consuntivo que es equivalente a evapotranspiración total, es el agua que las plantas utilizan en la formación de tejidos durante todo el ciclo vegetativo. Este concepto y terminología fue primeramente utilizada por Hedke en 1982, Lowry y Johnson en 1942 y en 1950 por Blaney y Criddle. El concepto de evapotranspiración potencial lo introdujo Thornthwaite definiéndolo como "La pérdida de agua en un suelo sin deficiencia de la misma para los cultivos y Penman, citado por Trava, (15) en 1956 sugirió que la superficie del suelo esté totalmente cubierta por vegetación. La evapotranspiración o uso consuntivo está sujeto a las variaciones de los factores hídricos, edáficos, vegetación y climáticos.

Díaz (4) en 1979 en su tesis clasifica la metodología para la estimación de evapotranspiración basado en los materiales y datos que se usan y así asienta que uno de ellos está basado en evaporímetros y el otro en datos de clima. A este último se agrupa según la información disponible: Radiación, temperatura y humedad relativa. Como ejemplo se cita la metodología de Blaney y Criddle en 1950 que solo engloban a la temperatura y horas-luz y es aceptable en zonas de características climáticas similares al Oeste de U.S.A. en donde se desarrolló esta metodología siempre y cuando se hagan ajustes a los coeficientes de desarrollo obtenidos en cada zona.

En relación a valores de Uso Consuntivo en maíz Shaw (14) en 1977 en Wisconsin registró para el maíz de temporal de 250 a 500 mm y que en el período del 15 de abril al 1 de Agosto, el maíz requiere de 2.5 mm diarios; en el CP. Chapingo varios investigadores han determinado los valores de Uso Consuntivo para ser utilizado para decidir si es o no necesaria la construcción de estructuras

para captar agua de lluvia y mejorar la producción de cultivos básicos, entre los que se citan meritoriamente al Dr. Anaya G., Martínez M., Figueroa Sandoval y Trueba Carranza (3).

OBJETIVO

Relacionar las necesidades hídricas de algunos cultivos con la disponibilidad del agua de lluvia al 50% de probabilidad de ocurrencia.

Utilizar las relaciones, si son aceptables, entre planta y clima como un apoyo a la toma de decisiones según la intensidad de riesgos para sembrar cualquier cultivo.

Como supuesto para utilizar la fórmula empírica de Blaney y Criddle es la semejanza en clima entre el Oeste de E.U.A y Valles Centrales de Oaxaca y que los coeficientes Kc reportados en el manual C.P. de Conservación de Suelos pueden utilizarse para un primer intento de aplicación de la metodología citada.

METODOLOGÍA

El Uso Consuntivo se calculó siguiendo la metodología de Blaney y Criddle citada en el Manual de Conservación del Suelo y del agua editado por los Profesores del C.P. Chapingo (3).

Se analizaron los datos de seis Distritos Políticos que representan el área de estudio y éstos son los siguientes: Etla, Zimatlán, Ocotlán, Tlacolula, Ejutla y Miahuatlán; se manejaron datos de lluvias y temperaturas de 9 a 12 años recientes, excepto para Tlacolula que solo se dispuso de información de 4 años.

Las precipitaciones anuales fueron ordenadas de mayor a menor para aplicar la fórmula de probabilidad de ocurrencia y se usó la precipitación en todos los casos al 50% de probabilidad para la generación de los balances hídricos: $P = \frac{m}{n + 1} \times 100$ de Donde: m = Número de Orden y n = Número Total de Observaciones; los porcentajes de hora-luz en el día (p) y los coeficientes de desarrollo (Kc) para cada cultivo fueron sacados de la tabulación del apéndice de Conservación del Suelo y del Agua. CP.

El clima de la región al que corresponde este estudio se describe de la manera siguiente según DETENAL 1970.

Para los Distritos de Etla, Zimatlán, Zaachila y Ocotlán el clima se identifica como (A) C(W₀) (w) h(i') g semicálido con temperatura media anual de 22°C con lluvias en verano y un coeficiente p/t menor de 43.2 con verano fresco. Para Tlacolula y Miahuatlán BS₁ h W'(w) (i') g seco con cociente p/t de 22.9 semicálido con invierno fresco y con temperatura media anual de 18 a 22°C y menor de 18°C en invierno (2).

RESULTADOS

Los resultados se presentan en los Cuadros que se describen a continuación:

No Cuadro	Descripción de Contenido
1	Milímetros de lluvia mensual al 50% de probabilidad para el maíz.
2	Uso Consuntivo del Maíz.
3	Uso Consuntivo del Frijol en Mata.

- 4 Necesidades y Deficiencias de Agua en el Maíz.
- 5 Necesidades y Deficiencias de Agua en Frijol e Mata.
- 6 Necesidades y Deficiencias de Agua en el Sorgo para Grano.
- 7 Necesidades y Deficiencias de Agua en Caca huate.

DISCUSION

En el Cuadro 1 se presenta el régimen pluviométrico para los sitios representativos de los Valles Centrales de Oaxaca correspondiente a los meses de Junio a Octubre. Aunque el ciclo vegetativo de maíz es de 120 días, se tomaron las lluvias de los 5 meses, ya que las lluvias de Junio de alguna manera benefician al suelo humedeciéndolo en el que se siembra el 20 del mismo mes y las lluvias de todo Octubre porque son muy escasas.

Las lluvias promedio varían de 84 a 110 mm durante el pe

ríodo de desarrollo correspondiendo a las más bajas a los Distritos de Miahuatlán y Tlacolula; la diferencia no es de significancia estadística. En cambio, al revisar las precipitaciones medias mensuales, las de Junio y Julio son diferentes entre sí y diferentes a ambos de Agosto y Septiembre; las de Octubre son inferiores a los demás meses en los seis sitios que se comparan.

La información permite concluir que las lluvias totales son semejantes entre sitios y que su eficiencia sobre los cultivos dependerá de la distribución entre meses.

En el Cuadro 2 se reportan el Uso Consuntivo del maíz en el que se reportan de 513 a 576 mm de consumo medio por ciclo de 120 días; el mayor uso consuntivo corresponde al maíz desarrollado en Ejutla, Ocotlán y Zimatlán en comparación con Miahuatlán y Etlá en donde se registran las menores precipitaciones. La diferencia en usos consuntivos se debe a pequeños contrastes de temperatura y a la duración de Hora-Luz. El consumo por mes varía de 71 mm en Junio a 143 en Agosto por registrarse las mayores temperaturas.

Cuadro 1. Milímetros de lluvia al 50% de probabilidad en el ciclo vegetativo del maíz en Valles centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH. 1982.

Distritos Políticos	M e s e s					Precipitación Media
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
Etlá	127	122	87	105	23	93
Zimatlán	131	132	93	115	28	100
Ocotlán	147	152	102	111	36	110
Tlacolula	128	79	79	108	52	89
Ejutla	150	89	117	109	34	100
Miahuatlán	134	101	89	66	33	84
Media Mensual	136	112	94	102	34	

D.M.S. al 0.05 Entre dos medias de meses = 17.7 mm.
No hubo diferencia estadística entre medias de distritos.

Cuadro 2. Uso consuntivo del maíz en 6 localidades en los Valles Centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH.

Distritos Políticos	M e s e s					Uso Consuntivo	
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total	Medio
Etlá	68	104	128	111	103	513	103
Zimatlán	73	111	151	118	100	552	110
Ocotlán	72	111	150	119	105	557	111
Tlacolula	71	108	137	112	105	533	106
Ejutla	75	120	152	122	107	576	115
Miahuatlán	70	112	142	116	102	543	109
Media	71	111	143	116	103		

D.M.S. al 0.05 Entre dos medias de Distritos. = 4.9 mm.
D.M.S. al 0.05 Entre dos medias de Meses. = 4.4 mm

Artículo Científico División II

Los Usos Consuntivos para el frijol de mata para los diferentes sitios que se reportan en el Cuadro 3 y varían de 391 a 450 mm de lámina total durante los 90 días del ciclo, correspondiendo a los más bajos a Tlacolula y Etlá, estadísticamente el frijol consume la misma cantidad de agua en los Distritos de Zimatlán, Ocotlán y Miahuatlán. Ejutla es el sitio menos favorecido por ser en donde se registra el mayor consumo de agua.

En general, para el maíz resulta más favorable el Distrito de Etlá (513 mm) y con mayor necesidad en Ejutla (576

mm) el frijol es más favorecido en los Distritos de Etlá y Tlacolula porque reportan menos consumo.

En los Cuadros 4, 5, 6 y 7 se presentan los balances hídricos para el maíz, frijol de mata, sorgo de grano y cahuate, respectivamente, a continuación se describe el análisis por cultivos:

MAÍZ. Desde el punto de vista práctico conviene analizar los balances de los meses de Agosto y Septiembre, período en el cual ocurre la floración y fructificación

Cuadro 3. Uso consuntivo para frijol de mata en 6 localidades en los Valles Centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH. 1982.

Distritos Políticos	M e s e s				Uso Consuntivo	
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total	Medio
Etlá	83	133	102	74	391	98
Zimatlán	89	142	120	79	429	107
Ocotlán	88	142	119	80	429	107
Tlacolula	86	138	109	74	408	102
Ejutla	91	153	123	83	450	112
Miahuatlán	89	144	113	78	423	106
M e d i a	88	142	114	78		
D.M.S. al 0.05	Entre 2 medias de Distritos = 4.4 mm					
D.M.S. al 0.05	Entre 2 medias de Meses. = 3.6 mm					

Cuadro 4. Necesidades y deficiencias de agua en maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH. 1982.

Distritos Políticos	Variables Diagnóstico	Lámina Total					
		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	mm
Etlá	U.Consuntivo	67.7	104.1	127.9	110.7	102.5	512.9
	Lluvia al 50% prob.	127.0	122.0	87.0	104.7	23.4	464.1
	Bal. Hídrico	+ 59.3	+ 17.9	- 40.9	- 6.0	- 79.1	- 48.8
Zimatlán	U.Consuntivo	73.1	110.8	150.8	117.9	99.8	552.4
	Lluvia al 50% prob.	130.9	132.4	92.8	114.7	27.8	498.6
	Bal. Hídrico	+ 57.8	+ 21.6	- 58.0	- 3.2	- 72.0	- 53.8
Ocotlán	U.Consuntivo	71.1	111.4	149.9	119.2	104.5	556.7
	Lluvia al 50% prob.	147.3	152.0	102.3	111.4	35.5	548.5
	Bal. Hídrico	+ 75.6	+ 40.6	- 47.6	- 7.8	- 69.0	- 8.2
Tlacolula	U.Consuntivo	70.5	108.2	137.4	112.1	104.5	532.7
	Lluvia al 50% prob.	127.5	78.5	78.5	107.5	52.0	444.0
	Bal. Hídrico	+ 57.0	- 29.7	- 58.9	- 4.6	- 52.5	- 88.7
Ejutla	U.Consuntivo	74.7	119.6	151.6	122.4	107.3	575.6
	Lluvia al 50% prob.	150.0	89.0	117.0	109.0	34.0	499.0
	Bal. Hídrico	+ 75.3	- 30.6	- 34.6	- 13.4	- 73.3	- 76.6
Miahuatlán	U.Consuntivo	70.2	112.4	142.2	116.3	102.1	543.2
	Lluvia al 50% prob.	143.0	100.5	88.5	65.5	33.0	421.5
	Bal. Hídrico	+ 63.8	- 11.9	- 53.7	- 50.8	- 69.1	- 121.7

Cuadro 5. Necesidades y deficiencias de agua en frijol de mata en los Valles Centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH.

Distritos Políticos	Variables Diagnóstico	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Lámina Total mm
Etlá	U.Consuntivo	82.6	133.2	101.7	73.8	391.3
	Lluvia al 50% prob.	127.0	122.0	87.0	104.7	440.7
	Bal.Hídrico	+ 44.4	- 11.0	- 14.7	+ 30.9	+ 49.4
Zimatlán	U.Consuntivo	89.2	141.8	119.8	78.6	429.4
	Lluvia al 50% prob.	130.9	132.4	92.4	114.7	470.8
	Bal.Hídrico	+ 41.7	- 9.8	- 27.0	+ 36.1	+ 41.4
Ocotlán	U.Consuntivo	87.5	142.4	119.1	79.5	428.5
	Lluvia al 50% prob.	147.3	152.0	102.3	111.4	513.0
	Bal.Hídrico	+ 59.8	+ 9.6	- 16.8	+ 31.9	+ 84.5
Tlacolula	U.Consuntivo	86.0	138.4	109.1	74.8	408.3
	Lluvia al 50% prob.	127.5	78.5	78.5	107.5	392.0
	Bal.Hídrico	+ 41.5	- 59.9	- 30.6	- 32.7	- 16.3
Ejutla	U.Consuntivo	91.1	153.0	123.3	82.5	449.9
	Lluvia al 50% prob.	150.0	89.0	117.0	109.0	465.0
	Bal. Hídrico	+ 58.9	- 64.0	- 6.3	- 26.5	- 15.1
Miahuatlán	U.Consuntivo	88.7	143.8	113.0	77.6	423.1
	Lluvia al 50% prob.	134.0	100.3	88.5	65.5	388.5
	Bal. Hídrico	+ 45.3	- 43.3	- 24.5	- 12.1	- 34.6

Cuadro 6. Necesidades y deficiencias de agua en sorgo en los Valles Centrales de Oaxaca CAEVOAX. INIA. SARH.

Distritos Políticos	Variables Diagnóstico	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Lámina Total mm.
Etlá	U.Consuntivo	52.8	113.8	114.8	75.0	61.8	418.2
	Lluvia al 50% prob.	127.0	122.0	87.0	87.0	23.4	446.4
	Bal.Hídrico	+ 74.2	+ 8.2	- 27.8	+ 12.0	- 38.4	+ 28.2
Zimatlán	U.Consuntivo	57.0	121.2	132.1	79.9	64.4	454.8
	Lluvia al 50% prob.	130.9	132.4	92.8	114.7	27.8	498.6
	Bal.Hídrico	+ 73	+ 11.2	- 39.3	+ 34.8	- 36.8	+ 43.8
Ocotlán	U.Consuntivo	55.9	121.7	134.5	80.8	67.6	460.5
	Lluvia al 50% prob.	147.3	152.0	102.3	111.4	35.5	548.5
	Bal.Hídrico	+ 91.4	+ 30.3	- 32.2	+ 30.6	- 32.1	+ 88.0
Tlacolula	U.Consuntivo	55.0	118.2	123.3	76.0	67.6	440.1
	Lluvia al 50% prob.	127.5	78.5	78.5	107.5	52.0	444.0
	Bal.Hídrico	+ 72.5	- 39.7	- 44.8	+ 31.5	- 15.6	+ 3.9
Ejutla	U.Consuntivo	58.3	130.7	136.0	85.2	69.3	479.5
	Lluvia al 50% prob.	150.0	89.0	117.0	109.0	34.0	499.0
	Bal.Hídrico	+ 91.7	- 41.7	- 19.0	+ 23.8	- 35.3	+ 19.5
Miahuatlán	U.Consuntivo	54.8	122.9	127.6	78.8	66.0	450.1
	Lluvia al 50% prob.	134.0	100.5	88.5	65.5	33.0	28.6
	Bal.Hídrico	+ 79.2	- 22.4	- 39.1	- 13.3	- 33.0	- 28.6

Artículo Científico División II

Cuadro 7. Necesidades y deficiencias de agua en cacahuate en los Valles Centrales de Oaxaca. CAEVOAX. INIA. SARH.

Distritos Políticos	VARIABLES Diagnóstico	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Lámina Total mm
Etla	U.Consuntivo	28.3	51.6	83.0	121.2	90.9	13.1	388.1
	Lluvia al 50% prob.	21.0	84.7	127.0	122.0	87.0	104.7	546.4
	Bal.Hídrico	- 7.3	+ 33.1	+ 44.0	+ 0.8	- 3.9	+ 91.6	+158.3
Zimatlán	U.Consuntivo	29.5	43.1	89.2	128.9	104.6	13.9	409.2
	Lluvia al 50% prob.	26.7	80.9	130.9	132.4	92.8	114.7	578.4
	Bal. Hídrico	- 2.8	+ 37.8	+ 41.7	+ 3.5	- 11.8	+100.8	+169.2
Ocotlán	U.Consuntivo	29.3	59.8	87.5	129.5	106.5	14.1	426.7
	Lluvia al 50% prob.	56.3	84.0	147.3	152.0	102.3	111.4	653.3
	Bal.Hídrico	+27.0	+ 24.2	+ 59.8	+ 22.5	+ 4.2	+ 97.3	+226.6
Tlacolula	U.Consuntivo	23.9	52.8	86.0	125.8	97.6	13.2	399.3
	Lluvia al 50% prob.	26.0	51.5	127.5	78.5	78.5	107.5	469.5
	Bal.Hídrico	+ 2.1	- 1.3	+ 41.5	- 47.3	- 19.1	+ 94.3	+ 70.2
Ejutla	U.Consuntivo	30.5	56.2	91.1	139.1	107.7	14.6	439.3
	Lluvia al 50% prob.	28.0	87.0	150.0	89.0	117.0	109.0	580.0
	Bal.Hídrico	- 2.5	+ 30.8	+ 58.9	- 50.1	+ 9.3	+ 94.4	+140.8
Miahuatlán	U.Consuntivo	27.2	52.8	85.6	136.9	101.0	13.2	416.7
	Lluvia al 50% prob.	13.1	71.0	134.0	100.5	88.5	65.5	472.6
	Bal.Hídrico	-14.1	+ 18.2	+ 48.4	- 36.4	- 12.5	+ 52.3	+ 55.9

del maíz; en Agosto siempre hay deficiencias en todos los sitios y sus valores van de -34.6 en Ejutla a -58.9 mm de lámina en Tlacolula, correspondiendo a Zimatlán y Tlacolula los sitios con mayor deficiencias (equivalente a un riego ligero); en el mes de Septiembre también hay una ligera deficiencia pero el maíz más afectado es el que se siembra en Miahuatlán, ya que le falta 50.8 mm de lámina.

En el mismo Cuadro se presenta la lámina total durante los 120 días y las láminas negativas o faltantes, se registran en Miahuatlán (121.7 mm), Tlacolula (88.7 mm) y Ejutla (76.6 mm) que en los tres casos les faltaría el equivalente a un riego medio de 80 a 120 mm de lámina.

FRIJOL DE MATA. En el Cuadro 5 se analizan los balances hídricos del frijol de mata para los seis sitios regionales; en contraste con lo reportado en el maíz, aquí hay menos deficiencias durante los meses de Junio y Agosto, y en Septiembre sólo hay deficiencias en un sitio. En Julio hubo deficiencias de 59.9 y 64.0 mm para los Distritos de Tlacolula y Ejutla, estas deficiencias equivalen a un riego ligero, según la lámina total. Sólo en los sitios de Tlacolula y Miahuatlán habría una ligera

deficiencia de agua con respecto a la cantidad de lluvia. La cantidad de lluvia es suficiente para una siembra buena de frijol en estos sitios que no pueden producir maíz.

En el Cuadro 6 se presenta el balance hídrico del sorgo para grano, éste se comporta semejante al frijol de mata ya que en Agosto que es el tiempo de la canícula, las deficiencias de agua son de poca importancia (19.0 a 44.8 mm) en Ejutla y Tlacolula. La lámina total en los 110 días del ciclo, varía de 418.2 a 479.5 mm de lámina suficiente para abastecer las necesidades mínimas del sorgo, exceptuando a la región de Miahuatlán en donde nuevamente hay poca deficiencia pero constante durante el desarrollo del cultivo.

Por lo que respecta al cacahuate, se presenta el Uso Consuntivo durante 166 días del ciclo vegetativo en el Cuadro 7, aparentemente puede ser un cultivo de alternativa si se logra sembrar a fines de Abril o principios de Mayo con buena humedad y sólo habrá ligeras deficiencias de agua en Agosto con Usos Consuntivos totales en que varían de 388.1 a 439.3 mm de lámina que es menor de la que llueve.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aguilera, C.M. y Martínez, E.R. 1980. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, 2a. Ed. U.A. Chapingo, México. p. 176-180 y 252-261.
- CAEVOAX. 1980. Marco de Referencia Regional, INIA-SARH. Mim. p. 19-34.
- C.P. 1977. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Chapingo, México. p. 389-400.
- Díaz, S.E. 1977. Determinación de la Evapotranspiración en Trigo mediante riego de Succión. Tesis M.C. C.P. Chapingo, México.
- Fernández, J.R. y Laird, R.J. 1958. Efectos de la sequía durante el espigamiento en maíz fertilizado con diferentes cantidades de nitrógeno. Folleto Técnico 30. O.E.E. S.A.G. México. p. 23.
- García, E. y otros 1974. Climas, Precipitación y Probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y Evaluación (OAXACA) CETENAL, México.
- Laird, R.J. y Rodríguez, G.H.J. 1965. Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Folleto Técnico No. 50. INIA-SAG. México. p. 63.
- Muñoz, O.A. 1975. Relaciones Agua-Planta bajo sequía, en maíces sintéticos resistentes a sequía y heladas. Tesis Profesional, C.P. Chapingo, México.
- Ruíz, V.J. 1979. Dosis de Fertilizantes y densidades de población para maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México. p. 27-28.
- Ruíz, V.J. y Laird, R.J. 1979. Definición de Sistemas de Producción en base a probabilidades de sequía utilizando el método C.P. para diagnóstico de agrosistemas. Congr. Nal. de la Ciencia del Suelo. Morelia, Mich. México.
- Rojas, G.M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. Mc. Graw-Hill. p. 27
- Runge, E.C. and Odull, R.T. 1958. The relation between precipitation, temperature and the yield of corn on the Agronomy South farm. Urbana, Ill. Agr. Journal. 50: 448-454.
- Salisbury, B.F. and Ross W.C. 1978. Plant Physiology, 2a. Ed. Wadsworth publ. Co. Inc. B. Calif. U.S.A.
- Shaw, H.R. 1976. Water use and requirements of maize a review Agrometeorology of the Maize Crop. Proc. of the Symposium on the agrometeorology of the Maize Crop. Ames., Iowa, U.S.A.
- Trava, M.J.L. 1972. obtención de los valores de Evapotranspiración en trigo mediante la utilización de \bar{I} símetros. Tesis de M.C., C.P. Chapingo, México.

EFFECTO DE LA TENSION DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TRIGO,
VARIEDAD NADADORES⁺

Briones Sánchez, G.*

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del trigo variedad Nadadores cuando se somete a diferentes tensiones de humedad del suelo, se llevó a cabo un experimento en el Campo Experimental Zaragoza del INIA en el invierno de 1982-1983. Los tratamientos consistieron en aplicar diferentes números de riegos en diferentes fechas y en función de la tensión de la humedad del suelo, bajo diferentes tratamientos de fertilización.

El estudio permitió concluir lo siguiente:

- a).- El número de riego (1 a 6 auxilios) actuó como un factor que incrementó: acumulación de materia seca altura de planta, evapotranspiración y duración del ciclo vegetativo.
- b).- El trigo cv. Nadadores demostró que es capaz de producir espigas y llenar el grano aún en contra de tensiones menores de 15 bares durante embuche y floración.
- c).- La fertilización no afectó significativamente el rendimiento de grano pero si el contenido de proteína cruda.
- d).- Las diferencias en rendimiento de grano inducidas por la irrigación fueron altamente significativas, y se debieron a cambios ocurridos en el peso de 1 000 granos y en el número y peso del grano/espiga. A mayor número de riegos, el contenido de proteína cruda en el grano tendió a disminuir.
- e).- Las más severas reducciones en rendimiento se presentaron cuando la irrigación fué suspendida al final del amacollamiento ocurriendo menores reducciones cuando la irrigación fué suspendida al formarse el último nudo; y es muy probable que las irrigaciones aplicadas al inicio de las raíces adventicias y amacollamiento sean las más importantes.
- f).- Una función de producción indicó que el óptimo rendimiento (4,755 kg/ha) fué obtenido al aplicar 484mm de agua durante el ciclo en el riego de germinación + 3 auxilios.
- g).- Un análisis de productividad indicó que el tratamiento de irrigación puede ser reducido a 299mm cubiertos con un riego de germinación + 2 auxilios aplicados en las fenofases de amacollamiento y encañe a los 0, 54 y 103 días después de la siembra manejando láminas de 10 cm-agua/riego.
- h).- Los calendarios de 2y 3 riesgos de auxilio basados en la experiencia de los trigueros calificaron como óptimo-económico y óptimo-fisiológico respectivamente lo cual indica que el conocimiento empírico de los productores es aceptable y tiene explicación científica.

ABSTRACT

A field experiment was conducted with the objective of evaluating the effect of soil moisture potential on growth, production and quality of wheat. Treatments consisted in the number and frequency of application of water and amount of fertilizer used.

The following was concluded:

- There is a positive response to water as expressed in dry matter accumulation, plant height, evapotranspiration and length of the vegetative growth.
- The variety used was capable of producing grain even under a water potential of 15 bars during flowering.
- Fertilization did not increase grain yield, but did increase the protein content of grain.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Maestro en Ciencias. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

INTRODUCCION

Después del maíz y el frijol, los productos elaborados a base de harina de trigo ocupan un significativo lugar en la dieta del mexicano. De acuerdo a la Secretaría de Programación y Presupuesto (17) la superficie cosechada con dicho cereal osciló durante la última década entre 500/700 mil ha/año a nivel nacional; incrementándose la producción promedio de grano desde 2,697 kg/ha en 1966-70 hasta 3,722 kg/ha en 1980.

En el norte de Coahuila los rendimientos de grano cosechados comercialmente en trigo están por abajo del promedio nacional y varían desde 1,535 Kg-grano/ha (sin fertilizante + un riego) hasta 2,457 Kg-grano/ha (con fertilizante + 3 riegos de auxilio) según lo indicó un muestreo realizado en predios de productores durante dos ciclos consecutivos de otoño-invierno (1).

En el norte de Coahuila, el trigo recibe un riego de germinación después de la siembra en seco y posteriormente se le suministran de 1 a 2 riegos de auxilio en las etapas de amacollamiento y encañe, aplicándole algunas veces un tercer riego en la etapa embuche-prefloración.

El agricultor supone que al suspender la irrigación antes de espigamiento ó estado lechoso-masoso disminuye la incidencia de royas en trigo especialmente en aquellos años en que se presentan condiciones propicias para su propagación (incremento en la temperatura ambiental y atmósfera saturada de vapor de agua).

Para estudiar el papel de la irrigación dentro del sistema suelo-planta-atmósfera un ensayo en trigo cv. Nadadores M-63 fué conducido durante el ciclo otoño-invierno 1982-3 en el Campo Agrícola Experimental Zaragoza (SARH-INIA-CIAN) como paso preliminar para establecer hasta donde es cierto el conocimiento empírico de los "trigueros" y qué pasos seguir para mejorar ó innovar sus actuales técnicas de riego de modo que los resultados de la investigación se ajusten a su sistema de entrega de agua y no interfieran con otras actividades del proceso de producción en granja.

OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio fueron fijados considerando que la respuesta de la planta al agua aplicada puede mejor ser entendida en función de la tensión de humedad en el suelo, y que ésta puede correlacionar altamente con clima y fenología por dicha razón el experimento fué programado y operado para:

- Evaluar el efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre la evapotranspiración, desarrollo, rendimiento y calidad del trigo cv. Nadadores.
- Medir el efecto de la disponibilidad de agua en el suelo sobre el aprovechamiento de los fertilizantes por la planta.
- Determinar lámina y frecuencia de riegos para el cultivo del trigo que mínimice la pérdida de agua por evapotranspiración y maximice rendimiento y calidad de grano.
- Estimar los factores (k) de desarrollo y los coeficientes (Cet) de evapotranspiración para trigo que eleven el nivel de predicción de los modelos causales racionales comunmente utilizados para calcular el uso consuntivo a partir de datos climatológicos.
- Ajustar un calendario de riegos, elaborado en base

al inciso (c), al sistema de distribución de agua regional (denominado "dulas") donde el agua se entrega por turno al usuario cada 15, 17 ó 30 días independientemente de los requerimientos de irrigación del cultivo.

REVISION DE LITERATURA

Respuesta del Trigo a la Irrigación Aplicada en Diferentes Etapas Fenológicas.

Tomar y Sing (18) probaron en trigo durante 1964-6 de 0-4 irrigaciones y varias combinaciones de 0-70 kgN, 0-15 kg P y 0-30 kg K/ha, obteniendo los más altos rendimientos de grano con 4 riegos aplicados en amacollamiento, prefloración, estado lechoso y estado masoso en plantas fertilizadas con 75 kg N + 15 kg P + 30 kg K/ha. Las dos primeras irrigaciones incrementaron fuertemente los rendimientos pero éstos no fueron incrementados significativamente por las dos últimas irrigaciones. Con los primeros 2 riegos, la aplicación de 70 kg N + 15 kg P/ha proporcionó los rendimientos más altos.

Patel, Singh y Prasad (13) trabajaron durante las estaciones de invierno 1967-8 con el trigo enano cv. Kalyan, encontrando que 6 irrigaciones aplicadas en las fases de iniciación de las raíces adventicias (21 días después de la siembra), final del amacollamiento (42 días) último nudo (60 días), floración (80 días), estado lechoso (95 días) y grano masoso (115 días) proporcionaban los más altos rendimientos promedio de grano de 5.75 ton/ha comparados contra 4.75-5.53 ton/ha obtenidos con 5 irrigaciones y 4.28-4.86 ton/ha cosechados con 4 irrigaciones. Las más severas reducciones en rendimiento se presentaron cuando la irrigación fué suspendida al final del amacollamiento y/o en estado masoso ocurriendo las menores reducciones cuando la irrigación fué suspendida al formarse el último nudo.

Ruziev (15) en pruebas de campo realizadas en la Provincia de Kashkadarya, Usbek, Rusia, encontró que el trigo irrigado maduraba de 5-16 días más tarde que cuando desarrollaba bajo condiciones de secano. Los rendimientos del trigo irrigado superaron a los cosechados en trigos de temporal por 30 - 111% en *Triticum aestivum* y por 46-132% m *T. durum*. Los cultivares de *Triticum aestivum* de mayor respuesta eran de México, Provincia de Krasnodar (caucaso), Tadzshik (Rusia) y Chile, y los *Triticum durum* eran de Azerbaidzhan (Rusia), Turquía, Irán y Estados Unidos.

Cheema, Chingra y Gill (2) en 1967-9 probaron en trigo cv. Kalyan Sona desarrollado en suelo franco arenoso la omisión del riego (castigo) en 1 ó 2 etapas consecutivas del ciclo vegetativo, suspendiéndolo ya sea en: iniciación de las raíces adventicias (CRI), final del amacollamiento (LT), tarde en el acañe, floración (F) o estado lechoso y masoso. El rendimiento de grano disminuyó en 27, 23 y 20% cuando la irrigación fué suspendida en CRI, LT y F respectivamente, pero suspendiendo 2 irrigaciones consecutivas en CRI y LT el rendimiento se redujo en 60%. La tensión de humedad en el suelo incrementó el contenido de proteína en el grano. En otro estudio, El Dababy et al (4) encontraron que el número de tallos y espigas/planta y el contenido de proteína cruda en el grano no fueron afectados por la frecuencia de riego.

Jana y Sen (8) en pruebas con trigo enano cv. Sonalika aplicaron de 1-4 riegos en las etapas de iniciación de raíces adventicias (CRI), amacollamiento, floración y estado masoso observando que las irrigaciones en CRI y amacollamiento eran las más importantes. Los rendimientos promedio de grano en 2 años con 2 riegos en CRI y amaco-

Artículo Científico División II

llamiento fueron de 3.01 ton/ha comparados con 4 irrigaciones y 2.29-2.58 ton también con 2 riegos pero uno fué dado en CRI ó en amacollamiento y el otro en cualquier otra etapa.

Saxena y Singh (16) observaron que los rendimientos de grano de 2 cultivares de trigo fueron más altos con una irrigación aplicada en (a) amacollamiento que cuando se aplicó en (b) floración ó (c) estado lechoso en 1972-3 y fueron similares en 1973-4 (año húmedo). Aunque los rendimientos fueron más altos con 3 irrigaciones aplicadas en (a), (b) y (c) ellos no fueron significativamente diferentes de aquellos obtenidos con 2 irrigaciones aplicadas en (a) y (b).

Efecto de la Tensión del Agua en la Planta.

Morgan (12) indicó que uno de los principales efectos de la tensión de agua sobre el rendimiento de grano en trigo es la reducción en el número de semillas cuajadas/espiguilla debido a un incremento en la esterilidad masculina.

Franck, Power y Willis (17) observaron en plantas desarrolladas a 10, 18 ó 27°C que el cierre del estoma ocurría a potenciales de agua en la hoja (LWP) de -13, -13 y -15 bares en amacollamiento y a -18, -17 y -26 bares en embuche respectivamente. El estoma se cerró progresivamente a LWP más bajos conforme la hoja bandera maduraba. Dougherty (3) encontró que el potencial hídrico en las espigas de trigo irrigado variaba de -2 a -14 bares y de -8 a -27 bares en las espigas de plantas no irrigadas.

Martin y Dougherty (9) midieron la fluctuación diurna del potencial hídrico en hojas y espigas de trigo cv. Arawa observando que los potenciales de agua (LWP) en la hoja bandera disminuyeron rápidamente en la mañana y después muy lentamente hasta el nivel de -20 a -22 bares al mediodía para recuperarse tarde al anochecer.

Wal. et al (19) desarrollaron plantas de trigo cv. Koli bri infectadas y no infectadas con *Puccinia recondita* (roya) bajo ambiente controlado en suelo seco (-1025 J/Kg), suelo semi-húmedo (-425 J/Kg) y suelo húmedo (-250 J/Kg) encontrando mayor precocidad, menor tasa de crecimiento, menos vigor en el amacollamiento y baja transpiración en las plantas cultivadas en suelo seco. Las plantas de suelo húmedo desarrollaron y transpiraron aproximadamente dos veces más rápido que aquellas de suelo seco. En suelo semi-húmedo las plantas infectadas crecieron y rindieron ligeramente menos en comparación con plantas tes tigo (no infectadas) mientras que en suelo seco ó húmedo el ataque de roya fué mucho más severo reduciendo el número de granos/espiga y ocasionando considerables pérdidas en rendimiento y materia seca.

Ferrera, et al (6) aplicaron el agua en trigo cv. Nadadores a tensiones de humedad en el suelo de 0.5, 1, 3 ó 9 atmósferas ó con suministro de riego convencional. Para asegurar la germinación 2 irrigaciones cada una de 20 mm de agua fueron hechas y posteriormente se aplicaban 30 mm de agua/riego cuando la humedad en el suelo alcanzaba los niveles predeterminados. Los rendimientos fueron más altos a 9 atmósferas de tensión. (3.27 ton de grano/ha) y a 3 atmósferas (2.95 ton/ha). Los rendimientos cosechados con el suministro de agua convencional y a 0.5 ó 1 atmósfera de tensión no mostraron diferencia significativa. Tensiones de agua más bajas prolongaron el ciclo de desarrollo, incrementaron el crecimiento vegetativo y el acame.

Uso Consuntivo del Trigo y Requerimientos de Irrigación.

Erie, Bucks y French (5) determinaron el uso consuntivo para 4 cultivares de trigo de alto rendimiento desde siembra hasta cosecha definiéndolo como la cantidad de agua utilizada en un área dada durante la transpiración, formación de tejidos y evapotranspiración del suelo adyacente. En Meza, Arizona, el uso consuntivo promedio fué de 25.8 pulgadas (655 mm) en 2 años resultando solamente 3 pulgadas (76 mm) más alto que aquel estimado previamente para los cultivares. La curva de uso consuntivo mostraba un pico máximo de 8.4 mm/día en floración y fué empleada exitosamente en Arizona para la calendarización del riego ajustado a las lluvias invernales, capacidad de retención de agua de los suelos y cualquier precipitación con probabilidad de ocurrir durante el desarrollo vegetativo.

Mihalyfalvy (10) observó en campo que el rendimiento de grano en trigo cv. Bezostaya 1 se incrementaba significativamente por la irrigación tanto en 1968 como en 1969, siendo más grande el efecto en el año seco 1968. Basado en los rendimientos y coeficientes de evapotranspiración el requerimiento de agua local del trigo de invierno se estimó en 380-400 mm cuando el suministro de nutrientes era adecuado y la precipitación normal. En el año seco con temperaturas por encima del promedio el requerimiento fué de 450-480 mm.

Musik citado por Quisenberry y Reitz (14) reportó que en el sureste de Alberta una aplicación de alrededor de 6 pulgadas (152 mm) de agua a menudo es suficiente para producir buen grano. En la estación experimental de Lethbridge, el trigo rindió ligeramente más después de ya sea 3 irrigaciones (quinta hoja, embuche y floración) ó 2 irrigaciones (quinta hoja y floración) que después de un solo riego aplicado en embuche.

Misra y Pant (11) condujeron en 1975-7 un experimento de campo sobre un suelo arenoso con el objeto de evaluar diferentes criterios para programar la irrigación en trigo seleccionando tratamientos calendarizados de acuerdo a etapas fenológicas, condiciones de humedad en el suelo, evaporación del tanque tipo A y potencial de agua en la hoja. Los rendimientos de grano y paja, espigas/m, espiguillas fértiles/espiga y número y peso de grano/ espiga fueron significativamente influenciados por los tratamientos. La irrigación basada en el potencial hídrico de la hoja fué tan buena como aquella basada en los estados fisiológicos ó humedad del suelo, y el uso del tanque tipo A no fué mejor que los otros métodos de calendarización.

MATERIALES Y METODOS

El 16 de Noviembre de 1982 fué sembrado trigo cv. Nadadores M-63 en un suelo franco arcilloso típico del norte de Coahuila calibrando la maquinaria para tirar una densidad de 130 kg de semilla/ha en seco. En el riego de germinación se aplicaron 104 mm de agua para elevar el contenido de humedad inicial del suelo (15.03% base peso) a capacidad de campo (29.37%) en la capa de 0-60 cm y activar la hidratación de la semilla y emergencia de las plántulas. Una población de 300 plántulas/m² emergió 7 días más tarde.

Tratamientos Probados y Diseño Experimental.

En un terreno de 90 x 112 m localizado dentro del Campo Experimental Zaragoza (SARH-INIA-CIAN) se probaron 7 tratamientos de irrigación en plantas de trigo con y sin fertilizante.

La aplicación de 1, 2 y 3 riegos de auxilio a frecuencias comunmente empleadas por los trigueros y el suministro

tro de irrigación cuando la humedad en el suelo se abatía a -3, -6 y -9 bares de tensión fueron estudiados bajo un diseño de bloques al azar (3 repeticiones) con arreglo en parcelas divididas donde la parcela mayor era fertilizante y la parcela pequeña irrigación, dichos tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de irrigación probados en trigo cv. Nadadores M-63 y criterios implicados durante su selección. SARH-INIA-CIAN-CAEZAR 1982-3.

Criterio de irrigación	Tratamiento (a)	Frecuencia (días después de la siembra).
Conocimiento empírico de los trigueros.	1 riego	0-54
	1 riego	0-76
	2 riegos	0-54-103
Tensión de humedad en el suelo.	3 riegos	0-54-86-130
	-3 bares	Muestreo gravimétrico
	-6 bares	
	-9 bares	

a Las plantas de trigo fertilizadas y no fertilizadas fueron sometidas a los mismos tratamientos.

Las unidades experimentales medían 8x13 m y aquellas fertilizadas recibieron la dosis 80-50-0 regionalmente recomendada para trigo, la cual fué preparada con nitrato de

amonio (33.5% N) y fosfato diamónico (fórmula 18-46-0) mezclados en la proporción 1.7: 1 aplicándolos simultáneamente a la siembra.

Días antes del establecimiento, muestras representativas del suelo fueron tomadas a la profundidad de 0-15, 15-30 30-60 y 60-90 cm del perfil y enviadas al Laboratorio de Suelos ITESM, Monterrey, N.L., donde después de saturadas fueron sometidas en ollas de presión a tensiones que variaban desde 0.1 a 15 bares y el porcentaje de humedad retenido determinado cuando las muestras alcanzaron el equilibrio dentro de los platos porosos, el juego de datos así obtenidos fué correlacionado para construir las curvas características de humedad esenciales durante el ensayo.

Datos Tomados y Metodología de Muestreo.

Desde emergencia de las plántulas hasta la madurez fisiológica fué llevado un registro secuencial del comportamiento fenológico del trigo, de su velocidad de desarrollo y del abatimiento de la humedad en el suelo explorado por sus raíces así como de los fenómenos meteorológicos (lluvia, evaporación y temperatura) ocurridos durante el período experimental. Los datos tomados se enlistan en Tabla 2 donde las metodologías empleadas durante su medición y observación son descritas brevemente.

Cuando la humedad en el suelo se abatía desde capacidad de campo (CC) hasta 21.19, 19.12 ó 18.00% (Pwi base peso) en la capa de 0-60 cm y desde CC hasta 21.36, 19-34 ó 18.24% a la profundidad de 0-90 cm, tensiones de -3,

Tabla 2. Mediciones y observaciones efectuadas en trigo cv. Nadadores M-63 para evaluar el efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre su desarrollo, rendimiento y calidad. SARH-INIA-CIAN-CAEZAR 1982-3.

Dato	Metodología	Frecuencia de Muestreo
Fenología	Apreciación visual	Semanal
Prof. de raíces	Sondeo del suelo	c/15 días
Altura de planta	Medición de 9 plantas/UE	Semanal
Materia verde	Corte y pesado de las plantas desarrolladas en 0.25 m ²	c/15 días
Materia seca	Secado de la materia verde en estufa a 65-70° C durante 24-72 horas	c/15 días
% de humedad	muestreo gravimétrico	De 3-5 días entre irrigaciones.
Rendimiento final	Cuando la madurez fisiológica fué alcanzada se cortaron 4 - submuestras de 1/4 M ² c/u hasta reunir 1 m ² por parcela experimental.	Ultima evaluación en campo 16-17 Mayo
Peso grano + paja		
Peso grano/PU		
Tamaño de espiga		
No. granos/espiga		
Peso 1000 granos		
% Proteína	Submuestra 125 gr de grano/tratamiento. Kjeldahl y reflectancia infra-roja	Después de la cosecha
Temperatura, lluvias y evaporación	Lecturas en termómetro de máx-mín., pluviómetro y tanque tipo A	Diariamente

UE: unidad experimental 8 x 13

PU: parcela útil.

-6 y -9 bares eran alcanzadas respectivamente en la matriz del suelo. Las láminas de agua requeridas para rellena el reservorio del suelo, cada vez que el potencial mátrico llegaba a -3, -6 ó -9 bares ó cuando el riego era requerido en los otros tratamientos; se aplicaban usando 4 sifones de 5 cm de diámetro por parcela experimental.

El trigo fué cosechado del 16-17 de Mayo evaluando su producción de grano y paja por parcela útil (constituída por 4 submuestras de 0.5 x 0.5 m), determinándose también: número de espigas/m², tamaño de espiga, peso de 1 000 granos y número y peso del grano/espiga.

Los rendimientos de grano se ajustaron a un 12% de humedad y submuestras de grano/tratamiento de 125 gr c/u fue

ron enviadas a los Laboratorios Centrales de Calidad del INIA en Chapingo, Edo. de México para su análisis de proteína cruda.

Sistematización y Procesamiento de Datos.

La secuencia de cálculos requeridos para optimizar el uso del agua de irrigación desde ambos puntos de vista, biológico y económico, es mostrada en diagrama de la Figura 1 construído con símbolos comunmente empleados en programación donde círculos y rectángulos con aristas redondeadas representan el comienzo y el fin del procesamiento ó de cada fase del mismo, los rectángulos un grupo de operaciones que reciben una entrada la procesan y brindan una única salida o resultado; los rombos repre-

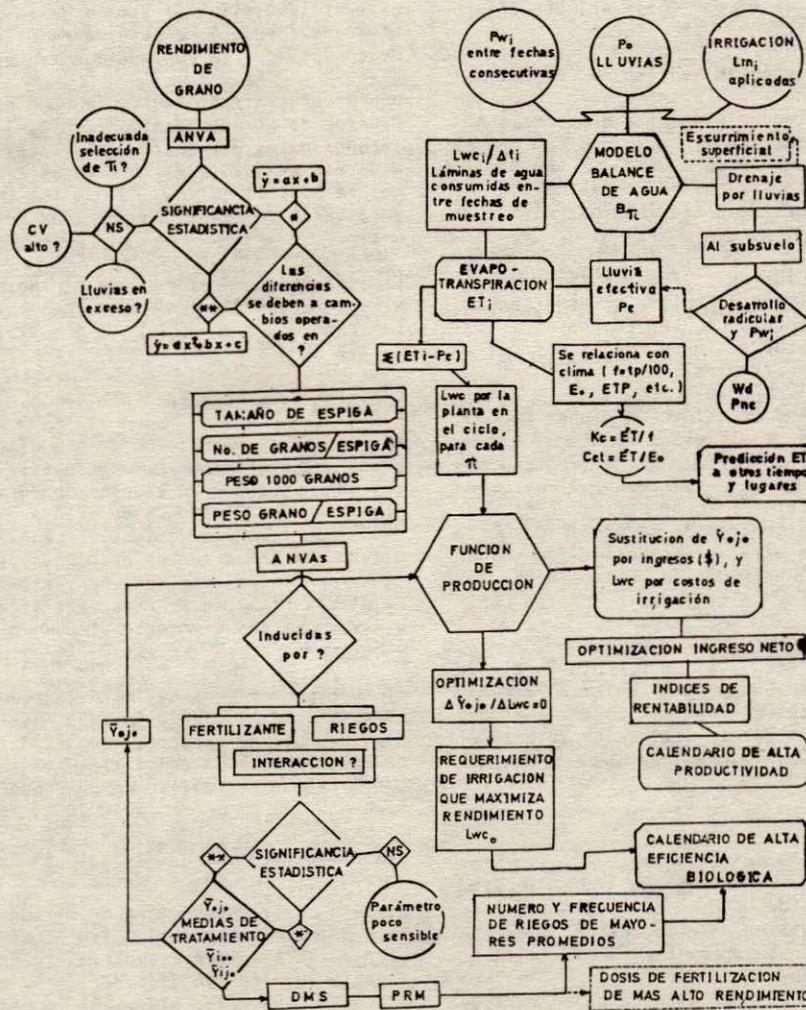


Figura 1.- Diagrama de flujo mostrando las fases del procesamiento de datos como una guía para optimizar el uso del agua de irrigación en trigo cv Nadadores M-63. SARH INIA CIAN CAEZAR

sentan una decisión que debe tomarse cuando una entrada puede producir una salida de dos posibles (como en el caso de la prueba F y la lluvia efectiva) y los exágonos son usados donde una ecuación-modelo requiere de dos ó tres entradas para producir una ó dos salidas no excluyentes como es el caso del balance del agua y la función de rendimiento.

La mitad izquierda del diagrama indica la serie de análisis de varianza (ANVAs) corridos en máquina CompuCorp 445 previamente programada con tarjetas magnéticas para recibir y procesar la información de campo concentrada en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas; iniciando con el ANVA de los rendimientos de grano cuyas diferencias fueron explicadas por cambios ocurridos en tamaño de espiga, No. de granos/espiga, peso de 1000 gramos y peso del grano/espiga.

La fertilización y la interacción riegos-fertilizante no alcanzaron significancia estadística por lo cual solamente las medias por tratamiento (Y.j.) para irrigación fueron comparadas mediante una prueba de rango múltiple (PRM Duncan) identificando así los niveles diferentes dentro de ese factor (número de riegos como variable discreta que maximiza rendimiento).

El mismo diagrama muestra que las medidas de tratamiento pueden fluir hacia dos procesos distintos que convergen en un mismo resultado (calendario de alta eficiencia biológica). El primero ya mencionado, hacia una PRM y el segundo hacia una función de producción donde las Y.j. fueron correlacionadas con láminas de agua consumidas (Lwc) por el cultivo durante el ciclo (Láminas como variable continua).

En si la salida de la función de producción (herramienta cuantitativa) fué más útil que la salida de PRM (herramienta cualitativa que solo dice cuales tratamientos son diferentes pero no tiene poder de predicción ni indica grado de asociación entre variables).

La función de producción fué transformada a una función de productividad donde los rendimientos de grano fueron sustituidos por el valor neto de la cosecha (ingreso neto por ventas) y láminas de agua aplicadas por costos de la irrigación esto con el propósito de optimizar el ingreso neto y obtener el calendario de mayor índice de rentabilidad acorde con la meta del productor de ganar más dinero por cada peso invertido, la cual no necesariamente puede ser cumplida por un calendario de alta eficiencia biológica.

La acumulación de materia seca y el incremento en altura de planta fueron ajustados a un modelo logístico y comparados gráficamente para mostrar los cambios en la dinámica de crecimiento inducidos por la irrigación durante el ciclo vegetativo del trigo (pasos no indicados en diagrama).

En la parte superior derecha del diagrama se muestran las entradas a un balance del agua (BTi) constituidas por los porcentajes de humedad del suelo (Pwi) tomados entre fechas consecutivas, las láminas de riego neta (Lrni) aplicadas y los datos pluviométricos (Po) los cuales fueron computarizados usando un programa HP-67 corrido por tratamiento para estimar el agua evapotranspirada (ETi) por el trigo entre fechas de muestreo, salida representada por el cambio de humedad en el suelo (Lwci) más la lluvia efectiva (Pe) ambos para un período finito de tiempo (Ati).

Al ajustar los valores (Eti) acumulados contra el tiempo (t) transcurrido se encontró que los mismos se ajustaban

al modelo de ecuación sigmoide por lo cual sus predicciones fueron involucradas en el cálculo de coeficiente de uso consuntivo (kc) sustituyendo temperatura media del aire ($t^{\circ}C$), % horas luz (p) y evapotranspiración mensual (eti) en el modelo original de Blaney y Criddle. También se estimaron los coeficientes de evapotranspiración (Cet) dividiendo (eti) entre la evapotranspiración libre del agua (E_o) medida en tanque tipo A, con el propósito de extrapolar resultados a otras áreas donde el clima y la retención de humedad de los suelos sean diferentes a las del sitio experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la Irrigación sobre los Parámetros del Rendimiento.

A la cosecha los parámetros biológicos medidos en trigo que resultaron fuertemente afectados por la irrigación fueron: rendimiento de grano, altura final, producción de paja, peso de 1000 granos, número y peso de grano/espiga los cuales mostraron diferencias altamente significativas ($p=0.01$). El tamaño de la espiga fué levemente afectado ($p=0.05$) no observando diferencias en el número de espigas/m²; lo cual se muestra en la Tabla 3.

Una prueba de rango múltiple Duncan indicó que los rendimientos de grano obtenidos con 2, 3, 4, 5 y 6 auxilios serán iguales entre si y diferentes del rendimiento obtenido con un solo auxilio. La aplicación de 4, 5 y 6 riegos de auxilio correspondió a los tratamientos de -9, -6 y -3 bares de tensión de humedad en el suelo respectivamente.

El incremento en el rendimiento obtenido entre 1 y 3 auxilios fué de 770-1,495 Kg-grano/ha más alto que el encontrado entre 2, 3, 4, 5 ó 6 auxilios del cual varió de 15-157 Kg-grano/ha.

Dinámica de Crecimiento del Trigo.

Las plántulas emergieron de 6-8 días después de la siembra y desarrollaron 25 cm de altura durante amacollamiento, para acelerar su elongación durante encañe y embuche alcanzando de 90-100 cm de altura al inicio de la floración (aparición de espigas). Las velocidades de crecimiento del trigo fueron de 0.28, 1.62 y 1.48 cm/día durante amacollamiento, encañe y embuche respectivamente. La altura final en plantas fertilizadas varió desde 113 a 127 cm al incrementarse el número de riegos desde 1 a 6.

El número de riegos estimuló la acumulación de materia seca (MS) en la planta la cual mostró cambios apreciables después de embuche, acumulando a madurez fisiológica desde 290 gr MS con 1 riego hasta 365 gr MS/0.25 m² con 6 riegos de auxilio lo cual puede observarse en la Figura 2.

Evapotranspiración del Trigo

La disponibilidad de agua en el suelo prolongó la duración del ciclo vegetativo (10-12 días) e incrementó la pérdida de agua por evapotranspiración (ET) observándose durante los 168-178 días del ciclo una ET estacional de 375, 438, 593, 616, 617 y 661 mm de agua en las plantas irrigadas con 1, 2, 3, 4, 5 y 6 auxilios respectivamente.

Cuando ninguna irrigación fué aplicada después de 1, 2 ó 3 riegos la succión del agua en el suelo disminuyó gradualmente desde -5 bares en encañe hasta -217, -124 y -79 bares en madurez fisiológica a pesar de esto el trigo fué capaz de producir espigas y llenar el grano.

Tabla 3.- Resumen de resultados obtenidos durante el análisis estadístico aplicado por parámetro en trigo. Ciclo otoño-invierno 1982-3.

Parámetro	Significancia			% A	CV B	Medias
	A	B	AB			
Rendimiento grano	NS	**	NS	8.5	7.5	4.3 ton/ha.
Producción de paja	NS	**	NS	26.1	11.8	9.3 ton/ha.
Altura final	NS	**	**	3.2	1.4	114.8 cm.
Peso 1 000 granos	NS	**	NS	9.5	5.8	30.1 gr.
Peso grano/espiga	*	**	NS	2.4	7.4	0.84 gr.
No. granos/espiga	NS	**	NS	30.0	9.0	45.5
Tamaño de espiga	NS	*	NS	13.3	5.1	9.9 cm
No. espigas/m ²	NS	NS	NS	9.5	8.4	512.3

Factor A: Fertilización cv.: Coeficiente de variación
 Factor B: Irrigación *, **: Significancia al 0.05 y 0.01 p
 AB: Interacción NS: No significancia.

-17-

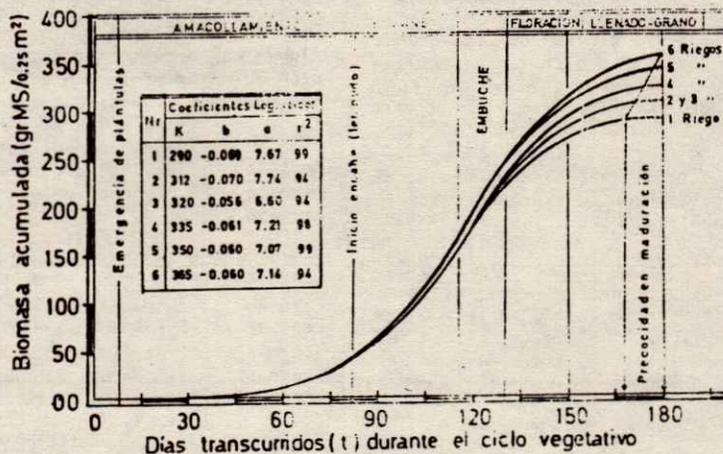


Figura 2.- Efecto del número de riegos (Nr) sobre la acumulación de materia seca en trigo cv Nadadores M-63.

El potencial general de evapotranspiración ejercido por la atmósfera no fué satisfecho con 1 y 2 riegos, por lo mismo la planta tuvo que desarrollar otros mecanismos como cierre del estoma (20) para regular su transpiración y adaptarse al "stress".

La deflexión en la curva de evapotranspiración (et) semanal sufrió un desfase ocurriendo al 1er. nudo en trigos irrigados con 1 y 2 auxilios; a mitad del acañe en trigos irrigados con 3 auxilios y al embuche cuando se aplicaron 4, 5 ó 6 riegos, lo cual se muestra en la Figura 3 donde se puede observar que la evapotranspiración pico fué de 43.3, 42.8, 40.4 y 47.8 mm/semana para 3, 4, 5 y 6 riegos, respectivamente; la cual disminuyó a 29.2 y 31.4 mm/semana en plantas con 1 y 2 riegos.

Función de Producción.

Los rendimientos de grano correlacionaron altamente (r = 0.86) con las láminas de irrigación consumidas (ET-Pe) ajustándose a un modelo de ecuación cuadrática, enunciada a continuación; cuyas predicciones indicaron que el óptimo rendimiento (4,755 Kg/ha) fué obtenido con 48.4 cm de agua (requerimiento óptimo biológico) aplicados en el riego de germinación más 3 auxilios a los 0-54-86 y 130 días después de la siembra.

$$Y.j. = -2.13 Xi^2 + 205.7 Xi - 220.3$$

donde:

-18-

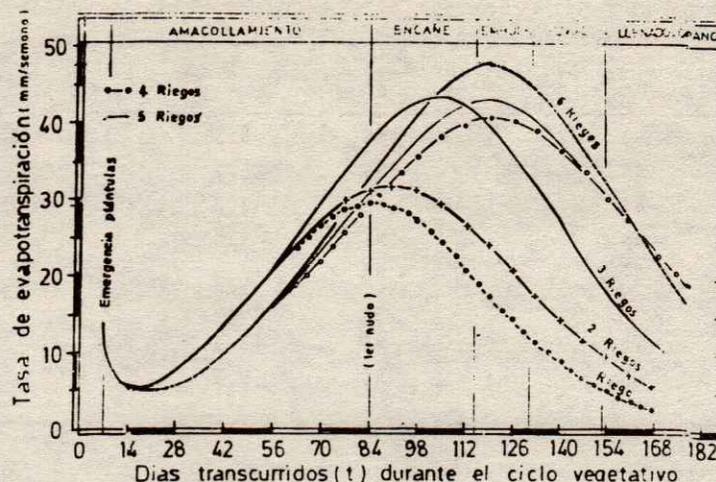


Figura 3.-Reducción y desfase de la tasa de evapotranspiración (et) pico al aplicar menos de tres riegos de auxilio en trigo cv Nadadores M-63. SARH-INIA-CIAN-CAEZAR 1982-3

Y.j. = rendimiento estimado de grano en trigo (Kg/ha)

Xi = tratamiento de irrigación (cm de agua).

Al disminuir Xi de 48.4 -20.0 cm, el peso de 1000 granos disminuyó parabólicamente desde 30.9 a 26.1 gr. Al incrementarse Xi de 48.4 -60 cm de agua, el peso de 1000 granos también disminuyó pero muy levemente de 30.9 a 30.3 gr.

Así mismo conforme Xi se incrementaba, el número de granos y peso del grano/espiga también se incrementaron siguiendo una tendencia parabólica.

Cuando las plantas no satisficieron su requerimiento óptimo de irrigación la relación grano/paja disminuyó desde 0.49 a 0.44 e igualmente ocurrió cuando se aplicó más agua de la requerida. La altura final de la planta se incrementó linealmente al aumentar Xi, y al parecer el tamaño de la espiga tendió a ser más pequeño al incrementarse la altura de la planta.

Calidad del Grano de Trigo.

La fertilización incrementó el contenido de proteína cruda (PC) en el grano desde 9.5-13.8% PC, mientras que la irrigación tendió a reducirlo desde 16.2 a 11.1% PC en plantas fertilizadas y desde 12.8 a 7.3% PC en plantas no fertilizadas.

Productividad de los Tratamientos.

Aunque los rendimientos de grano fueron optimizados con 3 irrigaciones, ellos no fueron significativamente diferentes de aquellos obtenidos con 2 irrigaciones (4,531 kg/ha) aplicadas en las fenofases de amacollamiento y encañe. El mismo calendario de 2 riegos de auxilio proporcionó los mayores índices de rentabilidad (3.32 y 2.24 \$ ganados/\$ invertido para manantiales y bombeo respectivamente) y la más alta relación de grano producido/m³ de agua aplicada (1.38 Kg-grano/m³).

La ET óptima fisiológica fué de 593 mm satisfechos con

468 mm de irrigación más de 125 mm de lluvia efectiva y la ET mínima permisible fué de 438 mm cubiertos con 299 mm de agua de riego más 139 mm de precipitación efectiva.

La parcela de la ET mínima permisible no cubierta por la lluvia es lo que constituye el requerimiento de irrigación de mayor productividad que en este estudio resultó ser de 299 mm consumidos entre irrigaciones y cosecha a razón de 44, 111 y 144 mm tomados del riego de germinación y los 2 auxilios aplicados en amacollamiento y encañe a los 0, 54 y 103 días después de la siembra respectivamente. En la práctica pueden manejarse láminas de 10 cm-agua/riego.

Coefficientes de Uso Consuntivo y de Evapotranspiración.

Para que la extrapolación de los resultados a otras áreas de la región con variaciones climáticas apreciables sea más efectiva, la evapotranspiración para el trigo puede ser estimada utilizando los coeficientes de uso consuntivo (kc) ó los de evapotranspiración (Cet) mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Coeficientes de uso consuntivo (kc) y de evapotranspiración (Cet) que pueden ser usados en el norte de Coahuila para predecir la evapotranspiración del trigo a partir de tados climáticos. SARH-INIA-CIAN-CAEZAR 1982-3.

Mes	Mínimo kc	Permisible Cet	Optimo kc	Fisiologico Cet
Nov.	0.67	0.98	0.56	0.82
Dic.	0.41	0.47	0.30	0.35
Ene.	1.01	1.29	0.80	1.02
Feb.	1.27	1.39	1.32	1.42
Mar.	0.90	0.81	1.45	1.04
Abr.	0.37	0.22	0.94	0.51
May.	0.10	0.06	0.40	0.25

Artículo Científico División II

Para calcular el uso consuntivo (uc), la temperatura media del aire ($t^{\circ}C$) mínimo de una serie de 10 años de datos, el fotoperíodo del área (p) y los coeficientes kc deben ser sustituidos en el modelo original del Blaney y Criddle ($uc = kc (8.128 + 0.457 T^{\circ}C) p$ en mm). Una estimación más rápida puede ser hecha multiplicando los coeficientes Cet por la evaporación libre del agua (E_o medida en tanque tipo A de acuerdo a la relación: $ET = E_o (Cet)$).

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados durante ésta investigación permite concluir lo siguiente:

- El número de riegos (1 a 6 auxilios) actuó como un factor que incrementó: acumulación de materia seca, altura de planta, evapotranspiración y duración del ciclo vegetativo.
- El trigo cv. Nadadores demostró que es capaz de producir espigas y llenar el grano aún en contra de tensiones menores de -15 bares durante embuche y floración.
- La fertilización no afectó significativamente el rendimiento de grano pero sí el contenido de proteína cruda.
- Las diferencias en rendimiento de grano inducidas por la irrigación fueron altamente significativas, y se debieron a cambios ocurridos en el

peso de 1 000 granos y en el número y peso del grano/espiga. A mayor número de riegos, el contenido de proteína cruda en el grano tendió a disminuir.

- Las más severas reducciones en rendimiento se presentaron cuando la irrigación fué suspendida al final del amacollamiento ocurriendo menores reducciones cuando la irrigación fué suspendida al formarse el último nudo; y es muy probable que las irrigaciones aplicadas al inicio de las raíces adventicias y amacollamiento sean las más importantes.
- Una función de producción indicó que el óptimo rendimiento (4,755 Kg/ha) fué obtenido al aplicar 484 mm de agua durante el ciclo en el riego de germinación + 3 auxilios.
- Un análisis de productividad indicó que el requerimiento de irrigación puede ser reducido a 299 mm cubiertos con un riego de germinación + 2 auxilios aplicados en las fenofases de amacollamiento y encañe a los 0, 54 y 103 días después de la siembra manejando láminas de 10 cm-agua/riego.
- Los calendarios de 2 y 3 riegos de auxilio basados en la experiencia de los trigueros calificaron como óptimo-económico y óptimo -fisiológico respectivamente lo cual indica que el conocimiento empírico de los productores es aceptable y tiene explicación científica.

BIBLIOGRAFIA

- Briones, S.G. y Cueto Wong, J.A. 1983. Sistema de producción del trigo en el norte de Coahuila. Trabajo presentado en Discusión CIAN de Proyectos de Investigación en Cereales de Invierno 1983-4 Campo Agrícola Experimental Zaragoza, Apdo. Postal 33. Zaragoza, Coah. México.
- Cheema, S.A., Dhinra, K.K. and Gill, G.S. 1974. Effect of missing irrigations at different stages of growth on dwarf wheat. Department of Agronomy Ludhiana, India. Field crop abstracts. Vol. 27 No. 11(5403) 550 p.
- Dougherty, C.T. 1975.- The relationship between solar radiation, soil water and water potencial of ears of wheat. Department of Plant Science, Lincoln College Canterbury, New Zealand. Field crop abstracts. Vol. 28 No. 9 (5312) 513 p.
- El Dababy, A.D., Sarh, G.A. Amerhom, G.W. and Salem M.S. 1981. The response of Mexican wheat to irrigations and nitrogen fertilizer. Fac. of Agric. Scie., Moshtohor Univ. Moshtohor Egypt. Field crop abstracts. Vol. 34 No. 2 (683) 108 p.
- Erie, L.J., Bucks, D.A. and French, O.F. 1974. - Consumptive use and irrigation management for high yielding wheats in Central Arizona. U.S. Water Conservations Laboratory, USDA Phoenix Arizona. Field crop abstracts. Vol. 27 No. 7 (3031) 315 p.
- Ferreira, P.A. et al. 1974. Effect of various soil water tensions on the production of wheat. Universidad Federal de Vicosa Minas Gerais, Brazil. Field crop abstracts. Vol. 27 No. 1 (83) 9 p.
- Franck, A.B. Power, J.F. and Willis W.D. 1974. Effect of temperature and plant water stress on photosynthesis diffusion resistance, and leaf water potential in spring wheat. Northern Great Plains Research Center Mandan, North Dakota, USA. Field crop abstracts. Vol. 27 No. 11 (5466) 556 p.
- Jana, P.K. and Sen H. 1981. Effect of diferent stages of irrigation on the growth and yield of wheat. Dept. of Agron. B.C. Krishi Wiswa Vidyalaya, Falyani 741 235, West Pengal, India. Field crop abstracts. Vol. 34. No. 2 (682) 108 p.
- Martin, R.J. and Dougherty, C.T. 1975.- Diurnal variation of water potential of wheat under contrasting weather conditions. Lincoln, Coll. Canterbury, New Sealand. Field crop abstracts. (7063) 672 p.
- Mihalyfavy, I. 1974. The water requeriment and water utilization of winter wheat as determined in field experiments. Karcag, Hungary. Field crop abstracts. Vol. 27 No. 10 (4886) 498 p.
- Misra, R.D. and Pant P.C. 1982. Criteria for scheduling the irrigation of wheat. Dept. of Agron. G.B. Part. Univ. of Agric. and Tech. Patnagav Nainital. UP India. Field crop abstracts Vol. 35 No. 1 (16) 2 p.
- Morgan, J.M. 1981. Possible rol of abscisic acid redu-

- cing seed set in water stressed wheat plants. *Australia* 2340. *Field crop abstracts*. Vol. 34 No. 1 (76) 43 p.
- Patel, C.S. Singh, V. and Prasad A. 1974. Critical stages of irrigation in dwarf wheat variety Kalyan Sona. *Utar Pradesh Institute of Agricultural Sciences Kanpur, India. Field crop abstracts*. Vol. 27 No. 1(13) 2 p.
- Quisenberry K.S., and Reitz L.P. 1967. Wheat and wheat improvement. Number 13 in the series *Agronomy*. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA. 154-159 pp.
- Ruzier, B.P. 1974. Wheat response to irrigation in Kashadarya Province Leningrad, USSR. *Field crop abstracts*. Vol. 27 No. 5 (2521) 250 p.
- Saxena, K.K. and Singh R.P. 1981. Effect of irrigation and fertility levels on wheat in Bundelkand region. C.S. Azad. Univ of Agric. and Tech. Kanpur 208 002, UP. India. *Field crop abstracts* Vol. 34 No.3(1577) 202 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1982. *Boletín mensual de información económica*. Delegación Benito Juárez 03810. México, D.F. Volumen IV. Número 3. 9 p.
- Tomar, S.P. and Singh, U.B. 1974. Effect of stage of irrigation, phosphorus and potash application on yield and NP intake of wheat. *Department of Agriculture. Kota. India. Field crop abstracts*. Vol. 27 No. 1 (12) 2 p.
- Wal, A.F. Van Der., Smeitink, H. and Maan, G.C. 1975. An ecophysiological approach to crop losses exemplified in the system wheat leaf rust and glume blotch. 3 Effects of soil water potential on development, growth, transpiration symptoms, and spore production of leaf rust-infected wheat Nageningen, Netherlands. *Field crop abstracts*. Vol. 28 No. 10 (6215) 594 p.
- Wright, S.T.C. and Hiron, R.W.P. 1975. The accumulation of abscisic acid in plants during wilting and other stress conditions. ARC. Plant Growth Substance & Systemic Fungicide Unit. Wye College. Ashford, Kent U.K. *Field crop abstracts*., Vo. 28 No. 1 (586) 56 p.

RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, LA EVAPOTRANSPIRACION Y PRODUCCION DE BIOMASA EN FRIJOL*

Palacios Vélez, E.*

RESUMEN

Las restricciones de humedad por falta de lluvia en la agricultura de temporal suele afectar considerablemente a los cultivos agrícolas. Para investigar el efecto de la variabilidad del régimen de humedad del suelo en la tasa de evapotranspiración y de crecimiento del frijol, se realizó un experimento de invernadero, cuyos tratamientos fueron regar a 5 diferentes niveles de humedad y medir en cada caso el consumo de agua, el índice de área foliar y la cantidad de biomasa producida.

Los resultados de este trabajo han permitido encontrar relaciones funcionales entre las tasas de evapotranspiración y las tasas de crecimiento con los contenidos de humedad mínimos del suelo, así como los potenciales mátricos equivalentes. Estos resultados permiten hacer inferencias respecto a los potenciales productivos en zonas temporales.

ABSTRACT

The lack of rain on rainfed agriculture is the main limiting factor to increase production. An experiment was carried out to determine the effect of soil moisture, evapotranspiration rate and beans growth. Five levels of soil moisture were tested in the greenhouse; the moisture consumption, water in the plant and production of biomass were measured.

The results of the experiment allows the determination of functional relationships of rates of evapotranspiration and growth with minimum soil moisture contents, as well as with matric potentials.

The results may be used to make inferences for productive potentials of rainfed areas.

A. RELACION TRANSPIRACION-RENDIMIENTO

Desde principios de este siglo, Briggs y Shantz (citados por R.J. Hanks y R.W. Hill, 1980) consideraron una relación lineal directa entre la transpiración y el rendimiento en biomasa de las plantas, basadas en que el intercambio gaseoso, ya sea vapor de agua en el caso de la transpiración o anhídrido carbónico en el caso de la fotosíntesis, se realiza a través de los estomas.

Sin embargo, R.O. Slatywe (1967) considera que esta relación no es tan simple y que son muchos los procesos involucrados algunos de los cuales no se han comprendido cabalmente. Este autor señala que son dos los efectos directos sobre el proceso fotosintético que puede esperarse como consecuencia de un déficit de agua, por una parte el cierre parcial de los estomas que produce una reducción de la tasa de intercambio de anhídrido carbónico lo cual conduce a una disminución de dicho proceso, por otra también este déficit afecta los aspectos bioquímicos

del mencionado proceso fotosintético. Adicionalmente, el autor indica que el déficit de humedad tiene un efecto en la respiración que reduce la tasa neta de asimilación.

No obstante, De Wit, basado en los trabajos originales de los mencionados Brigg y Shantz deduce una relación lineal entre la transpiración y la cantidad de biomasa producida por un cultivo, esta deducción es citada por R.A. Feddes *et al* (1978) y en términos muy generales se presenta a continuación.

Las funciones que permiten calcular la tasa de transpiración y de fotosíntesis por unidad de área foliar en base al gradiente de presión de vapor y al gradiente de bióxido de carbono son:

$$t = c \frac{\Delta e}{r_a + r_s}; (\text{Kg m}^{-2} \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Doctor en Ciencias. Profesor Investigador Titular del Colegio de Postgraduados.

$$q = \frac{\Delta CO_2}{r'_a + r'_s + r'_m} ; (\text{Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \quad (2)$$

donde:

t - transpiración de la planta en Kg de agua por metro cuadrado de área foliar y por segundo;

q - materia fotosintetizada en Kg por metro cuadrado de área foliar y por segundo;

Δe - gradiente de la presión de vapor entre las hojas y el aire adyacente;

ΔCO_2 - gradiente de la concentración de bióxido de carbono entre las hojas y el aire;

r'_a , r'_s y r'_m - resistencias a la difusión de la capa frontera laminar (a), de los estomas (s) y del mofilo (m). Existe una relación entre las resistencias a la difusión de vapor (r) y las resistencias a la difusión de CO_2 (r') de acuerdo a sus respectivos coeficientes de difusión (D), es decir: $r'/r = D_{CO_2}/D_{H_2O}$;

C - valor casi constante que permite hacer la conversión entre concentración de vapor y presión del mismo, tomando en cuenta la densidad del vapor, la presión atmosférica y otros factores de menor importancia.

Dividiendo (2) entre (1) se tiene:

$$\frac{q}{t} = \left[\frac{\Delta CO_2 (r'_a + r'_s)}{C(r'_a + r'_s + r'_m)} \right] \frac{1}{\Delta e} \quad (3)$$

bajo el supuesto de que la cantidad de CO_2 en el aire circunvecino a la planta varía relativamente poco, puede considerarse, sin mucho error que la cantidad dentro del paréntesis rectangular es una constante a la que puede asignarse el valor de A, luego:

$$q = A \frac{t}{\Delta e} \quad (4)$$

Esto significa que la cantidad de materia sintetizada por unidad de área foliar y de tiempo, es aproximadamente proporcional a la tasa de transpiración e inversamente proporcional al gradiente de vapor.

Por otra parte, considerando que hay una cierta tasa de transpiración máxima a la cual se supone corresponde una máxima cantidad de biomasa sintetizada se tiene la relación:

$$q_p = A_p \frac{t_p}{\Delta e} \quad (5)$$

donde el subíndice (p) indica el valor máximo potencial, por tanto, dividiendo (4) en (5) se tiene:

$$\frac{q}{q_p} = \frac{A}{A_p} \frac{t}{t_p} = B \frac{t}{t_p} \quad (6)$$

Considerando toda el área foliar de una planta en un período de tiempo, se tiene la producción total de biomasa que puede expresarse como materia seca (M_s) expresada en función de la transpiración también acumulada (T) en dicho tiempo, esto es:

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = B \frac{T}{T_p} \quad (7)$$

Despejando la materia seca queda finalmente:

$$M_s = B \frac{M_{s_p}}{T_p} T \quad (8)$$

Como la transpiración potencial acumulada de una planta es una función directa de la demanda evapotranspirativa por los factores del clima, puede expresarse como una función de un estimador de dicha demanda, como puede ser la evaporación medida en la superficie del agua de mane_ ra que:

$$T_p = k E_v \quad (9)$$

Substituyendo (9) en (8) y agrupando constantes en una sola queda:

$$M_s = b \frac{T}{E_v} \quad (10)$$

La ecuación (10) es la función que reporta De Wit, según la cual la materia seca obtenida de un cultivo es directamente proporcional a la transpiración e inversamente proporcional a la evaporación de la superficie libre del agua.

B. RELACION EVAPOTRANSPIRACION-RENDIMIENTO

A. Norero (1974) parte de la función (7) suponiendo que $B=1$ y hace un ajuste para calcular la materia seca producida como una función de la evapotranspiración, considerando que:

$$T = ET - E \quad (11)$$

donde E es la evaporación de la superficie del suelo que al substituir en (7) da:

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = \frac{T}{T_p} = \frac{ET - E}{ET_p - E_p} = \frac{ET}{ET_p - E_p} - \frac{E}{ET_p - E_p}$$

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = \frac{ET}{ET_p - E_p} - \frac{E}{ET_p - E_p} \quad (12)$$

El mismo autor considera que en condiciones potenciales de evaporación, o sea sin ninguna restricción del agua, la fracción de la evapotranspiración que contribuye a la evaporación del agua del suelo, depende de la cantidad de radiación neta que alcanza la superficie del suelo. Esta radiación depende de la magnitud, densidad y disposición del follaje, es decir es función de un coeficiente de extinción de radiación (K) y del índice de área foliar (F), según la siguiente función:

$$E_p = e^{-KF} \cdot ET_p \quad (13)$$

al substituir en (12) se tiene:

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = \frac{1}{1 - e^{-KF}} \frac{ET}{ET_p} - \frac{1}{1 - e^{-KF}} \frac{E}{ET_p} \quad (14)$$

para el caso en que $M_s = M_{s_p}$ y $ET = ET_p$

$$1 = \frac{1}{1 - e^{-KF}} - \frac{1}{1 - e^{-KF}} \cdot \frac{E}{ET_p} ; \quad (15)$$

$$\text{Si } c = \frac{1}{1 - e^{-KF}} - 1 \quad (16)$$

Artículo Científico División II

$$\text{de (15 se deduce que } C = (C + 1) \frac{E}{ET_p} \quad (17)$$

Substituyendo en (14) finalmente queda:

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = (C+1) \frac{ET}{ET_p} - C \quad (18)$$

Según esta relación la producción relativa de materia seca es función lineal de la evapotranspiración relativa, con una ordenada al origen negativa, lo cual es explicable ya que cuando no hay biomasa, existe una evapotranspiración del suelo.

Finalmente el mencionado autor, Noreno (1976), hace una corrección a esta función, indicando que la evaporatividad atmosférica ocasiona una distorsión respecto a la línea recta, la nueva función propuesta es:

$$\frac{M_s}{M_{s_p}} = \left[(C+1) \frac{ET}{ET_p} - C \right]^b \quad (19)$$

donde el exponente depende de la intensidad de la demanda evapotranspirativa de la atmósfera y se expresa por la función (20).

$$b = 0.25 + ET_p \quad (20)$$

donde ET_p está expresada en cm/día

Con objeto de evitar confusiones debe aclararse que ET_p se refiere a la máxima evapotranspiración que un cultivo y no a la evapotranspiración potencial por lo que se expresará como ET_x , entonces las funciones (18), (19) y (20) deben expresarse como:

$$\frac{M_s}{M_x} = (C+1) \frac{ET}{ET_x} - C \quad (18)$$

$$\frac{M_s}{M_x} = \left[(C+1) \frac{ET}{ET_x} - C \right]^b \quad (19)$$

$$b = 0.35 + ET_x \quad (20)$$

C. RELACION ENTRE RENDIMIENTO EN FRUTO Y EVAPOTRANSPIRACION

Hasta ahora se ha relacionado el rendimiento en biomasa, expresado como materia seca, con la transpiración y la evapotranspiración y en general se concluye que el máximo rendimiento corresponde a la máxima evapotranspiración; sin embargo, la parte de la planta que generalmente interesa, tratándose de cultivos no forrajeros, es el fruto o bien una parte específica como puede ser el tallo en el caso de la caña de azúcar. En estos casos, por lo común el máximo rendimiento no coincide con la máxima evapotranspiración.

La relación entre el rendimiento en fruto y la cantidad de agua evapotranspirada por un cultivo no es simple como en el caso de la biomasa, los déficits de agua en diferentes etapas del desarrollo del cultivo influyen en forma diferente en el rendimiento. Así, dos cultivos que tengan déficits similares pero en diferentes etapas, y en consecuencia una cantidad total de agua evapotranspirada similar, pueden ocasionar efectos diferentes en

el rendimiento, si en un caso ocurrió este déficit durante la etapa vegetativa y en otro durante la etapa reproductiva.

No obstante, para estimaciones gruesas de potenciales productivos en función del régimen de humedad del suelo, es común usar funciones del trigo (8), (18) ó (19).

Basados principalmente en los trabajos realizados por Stewart y asociados (Stewart y Hagan, 1973; Stewart, Misra, Pruitt, 1975) de la Universidad de California en Davis, J. Doorenbos y A.H. Kassam de la FAO (1979), proponen una metodología general para calcular el rendimiento de los cultivos en base al déficit evapotranspirativo según la siguiente fórmula empírica:

$$1 - \frac{Y}{Y_x} = ky \left(1 - \frac{ET}{ET_x} \right) \quad (21)$$

donde: Y - rendimiento del cultivo;
 Y_x - rendimiento máximo;
 ET - evapotranspiración total real;
 ET_x - evapotranspiración máxima;
 ky - factor del efecto sobre el rendimiento

Sin embargo, observese que esta fórmula es prácticamente igual que la (18) obtenida por Noreno (1974), ya que al desarrollar (21) se tiene:

$$\frac{Y}{Y_x} = (1-ky) + ky \frac{ET}{ET_x} \quad (22)$$

de donde se infiere que $ky = C+1$

Posteriormente Stewart y asociados, así como ya lo había hecho M.E. Jensen anteriormente, según lo reportan R.J. Hanks y R.W. Hill (1980), consideraron el efecto diferencial del déficit por etapas, de manera que el rendimiento relativo de un cultivo será función de los déficits estacionales, esto es:

$$\frac{Y}{Y_x} = 1 - B_1 D_1 - B_2 D_2 \dots - B_n D_n \quad (23)$$

donde B_i es el factor de ponderación del efecto del déficit en la etapa i y D_i es el déficit evapotranspirativo en la misma etapa, es decir:

$$D_i = 1 - \frac{ET_i}{ET_x} \quad (24)$$

D. EVIDENCIA EXPERIMENTAL

Con el fin de probar estas diferentes teorías, en el Centro de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados de Chapingo, se han llevado a cabo varios experimentos principalmente con cultivos básicos como son el maíz, el frijol y el trigo, algunos de los resultados obtenidos se reportan a continuación.

En un experimento con el cultivo del frijol llevado a cabo en invernadero, se consideraron 5 tratamientos de humedad, desde uno al que nunca le faltó agua, hasta uno seco en que se permitió que la humedad aprovechable residual bajara hasta un 10%, equivalente a un potencial mátrico de -10.5 bars.

Al relacionar las cantidades relativas de materia seca cosechada con la evapotranspiración relativa, se encon-

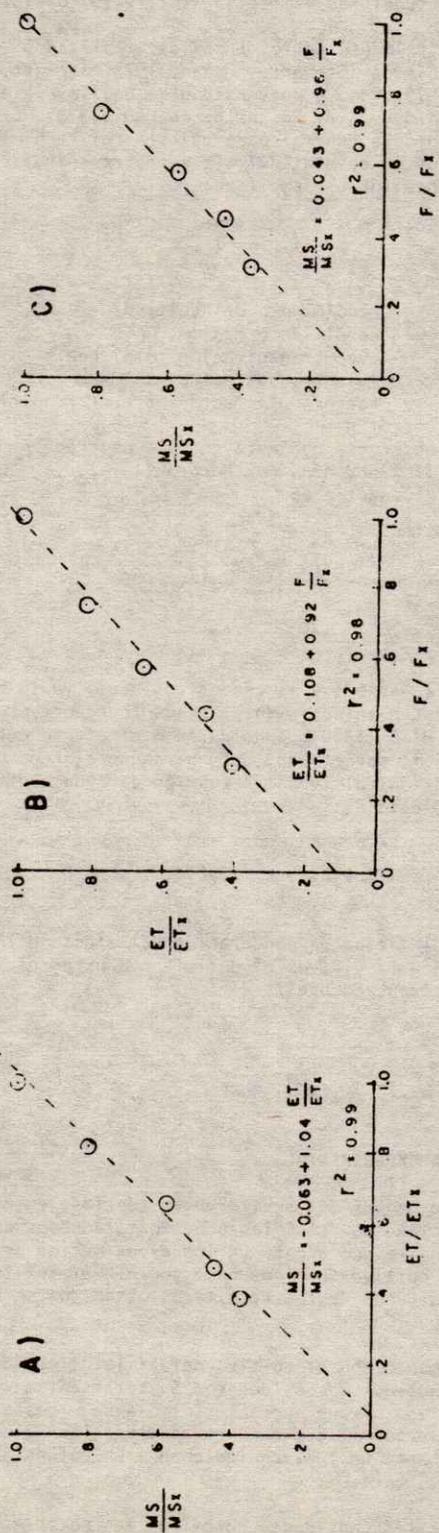


Fig. 1. A) Relación relativa materia seca-*evapotranspiración*, B) *Evapotranspiración* relativa-índice relativo área foliar y C) Materia seca relativa-índice relativo de área foliar.

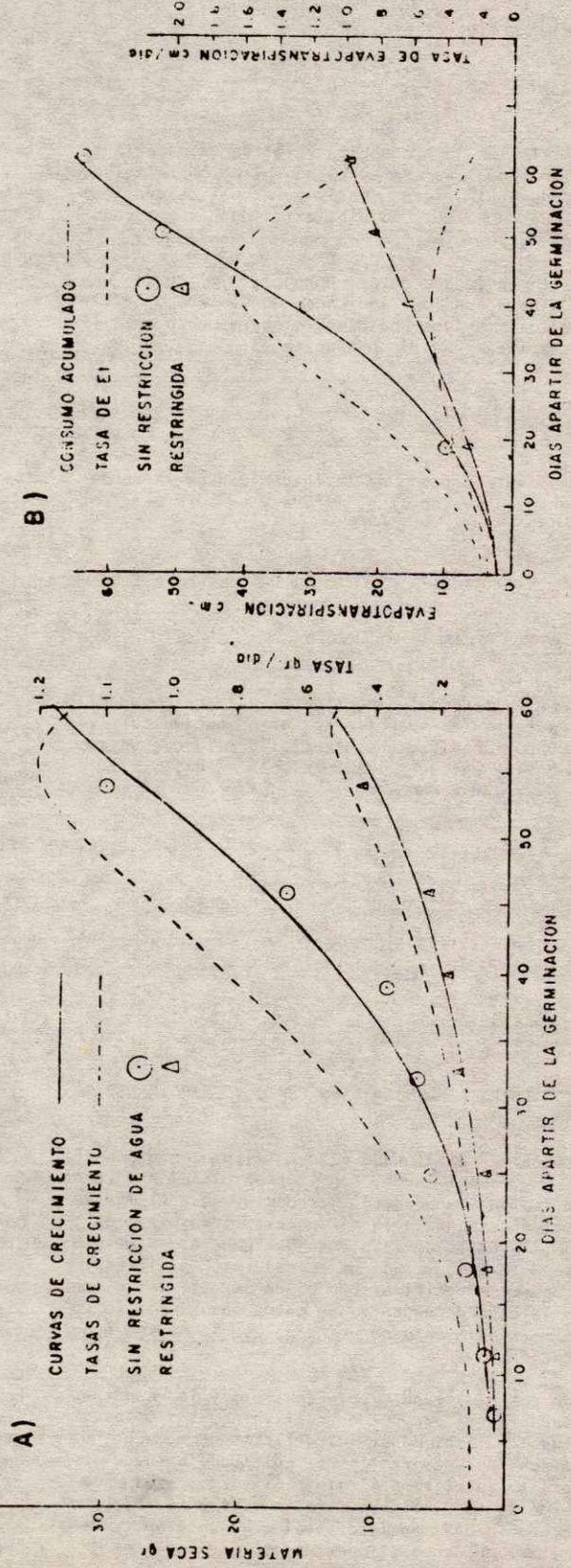


Fig. 2. A) Curvas y tasas de crecimiento y B) Curvas y tasas de *evapotranspiración*.

Artículo Científico División II

tro la ecuación:

$$\frac{M_s}{M_{s_x}} = -0.06 + 1.04 \frac{ET}{ET_x}; r^2 = 0.988 \quad (25)$$

Como puede observarse esta relación es del mismo tipo que la función (18) y (22). En la figura 1(A) se muestra la gráfica relativa a esta relación. Aquí se observa que hay un error en la estimación de C, error experimental, sin embargo podría suponerse que C = 0.05.

Es indudable que el área foliar de las plantas influye directamente en la cantidad de agua evapotranspirada, por lo que debe haber una relación directa entre estas. Usando información del mismo experimento se relacionaron la cantidad de agua evapotranspirada relativa a la máxima con el índice de área foliar también relativo al máximo y se obtuvo la siguiente función lineal:

$$\frac{ET}{ET_x} = 0.108 + 0.919 \frac{F}{F_x}; r^2 = 0.98 \quad (26)$$

Recuerdese que el índice de área foliar es la relación entre el área de las hojas (por un lado) entre el área de suelo que cubren las plantas. Notese que la ordenada al origen de la función (26) es positiva, lo que indica que cuando el índice de área foliar relativo vale 0, hay evapotranspiración, lo cual es de esperarse ya que es la evaporación del suelo desnudo. En la figura 1 (B) se muestra la gráfica respectiva.

También es de esperarse una relación directa entre la cantidad relativa de materia seca obtenida y el índice de área foliar relativo, la función lineal que se obtuvo es:

$$\frac{M_s}{M_{s_x}} = 0.043 + 0.961 \frac{F}{F_x}; r^2 = 0.986 \quad (27)$$

La ordenada al origen es positiva y es el peso relativo de la semilla de la planta antes de brotar. En la figura 1 (C) se muestra la gráfica que le corresponde.

Es de interés observar el efecto en el crecimiento de los cultivos al reducir la cantidad de agua que evapotranspiran.

Bajo el supuesto de que tanto el proceso evapotranspirativo como el de crecimiento de la planta pueden ajustarse a una función tipo logístico, es posible ajustar los datos obtenidos durante el desarrollo del cultivo, correspondientes a láminas de agua evapotranspiradas y peso en gramos de la biomasa a este tipo de modelo.

La función logística se obtiene de la siguiente hipótesis de crecimiento

$$\frac{dw}{dt} = kW (A-w) \quad (28)$$

esta es la tasa de crecimiento instantáneo que al integrar en el tiempo da la relación directa entre la variable dependiente W y el tiempo t;

$$W = 1 / \left[1/A + \frac{A-W_0}{A W_0} \exp(-kAt) \right] \quad (29)$$

donde:

W - variable dependiente

t - tiempo (v.g. días)

A - valor máximo que puede llegar a tener la variable W

W₀ - valor inicial de la variable W

k - factor de proporcionalidad.

Así, para el tratamiento testigo, es decir cuando no sufre ningún déficit el cultivo del frijol, las funciones obtenidas para la evapotranspiración acumulada y la materia seca generada son:

$$ET = 1 / \left[0.01266 + 0.491 \exp(-0.0834t) \right] \quad (30)$$

la tasa de evapotranspiración vale:

$$Et = \frac{dET}{dt} = 0.00106 ET (79 - ET); \text{ así como: } (31)$$

$$M_s = 1 / \left[0.0185 + 2.076 \exp(-0.0879t) \right] \quad (32)$$

y la tasa de crecimiento instantáneo:

$$\frac{dM_s}{dt} = 0.001628 M_s (54 - M_s), \quad (33)$$

cuyas gráficas se muestran en las figuras 2(A) y (B).

De las funciones (31) y (33) puede deducirse la tasa máxima de evapotranspiración y de crecimiento, mediante la derivación e igualar con cero. La segunda condición de máximo también se cumple ya que las segundas derivadas de estas funciones son negativas.

Con objeto de observar el efecto de los diferentes tratamientos de humedad en las tasas máximas de evapotranspiración y de crecimiento pueden compararse con los contenidos mínimos de humedad, los déficits evapotranspirativos y los potenciales correspondientes, como se muestra en el cuadro No. 1.

Como se observa en la figura 3(A) y (B) la relación entre el contenido de humedad mínimo aprovechable en el suelo y las tasas máximas de evapotranspiración y crecimiento es de tipo potencial. Se hace notar que en ambos casos el exponente es cercano a 0.5, es decir que las tasas máximas de crecimiento y evapotranspiración varían aproximadamente con la raíz cuadrada del contenido mínimo de humedad relativa aprovechable al que llegue el suelo.

La relación entre las tasas y el déficit evapotranspirativo es lineal como se nota en las figuras 4(A) y (B). Finalmente la relación entre las mencionadas tasas y el potencial de la humedad del suelo es del tipo exponencial negativo, considerando dicho potencial como tensión positiva, (en realidad este potencial lleva signo negativo). En las figuras 5(A) y (B) se muestra esta relación.

Como un indicador adicional del crecimiento de la planta se midió el índice de área foliar y se ajustó a una función cúbica incompleta sin el término en primer grado, respecto al tiempo. Con base en estas funciones se obtuvo el índice de área foliar máximo (IAFm), el cual lógicamente está directamente relacionado con la tasa máxima de crecimiento según la siguiente función potencial:

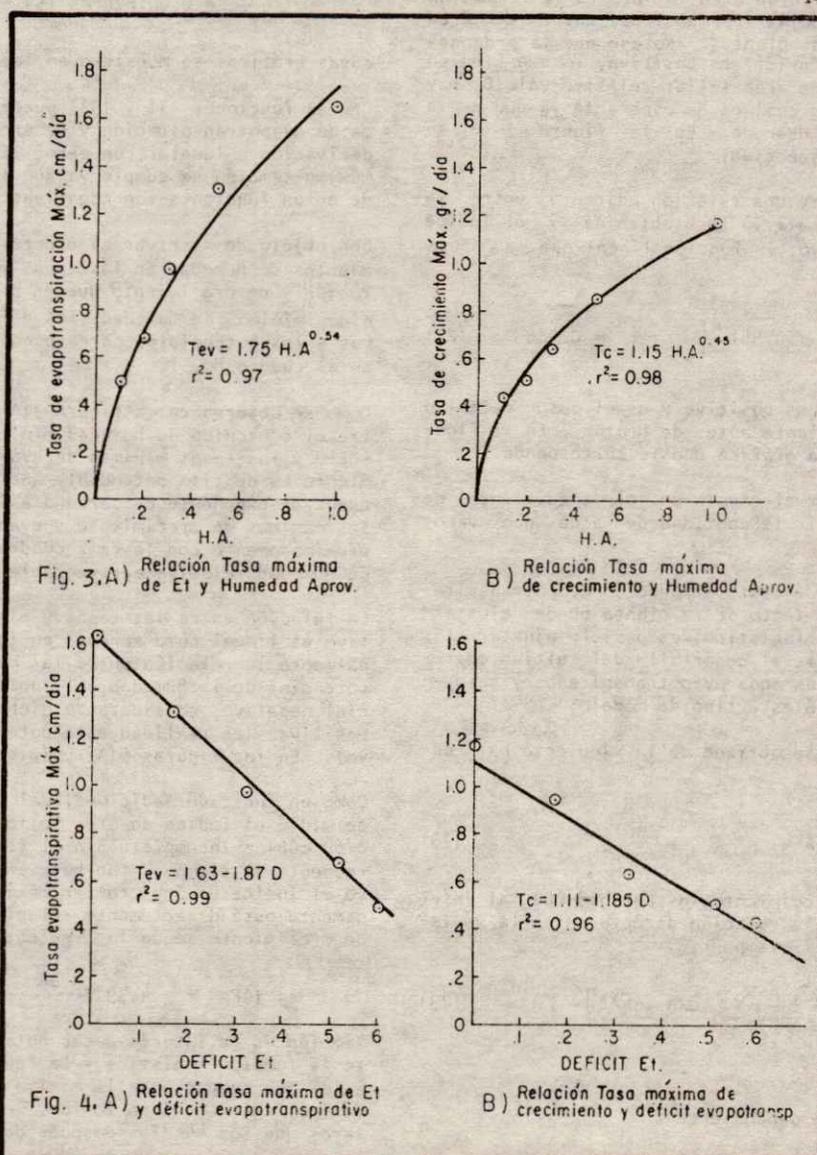
$$IAFm = 4.39Tc^{0.86}; r^2 = 0.98$$

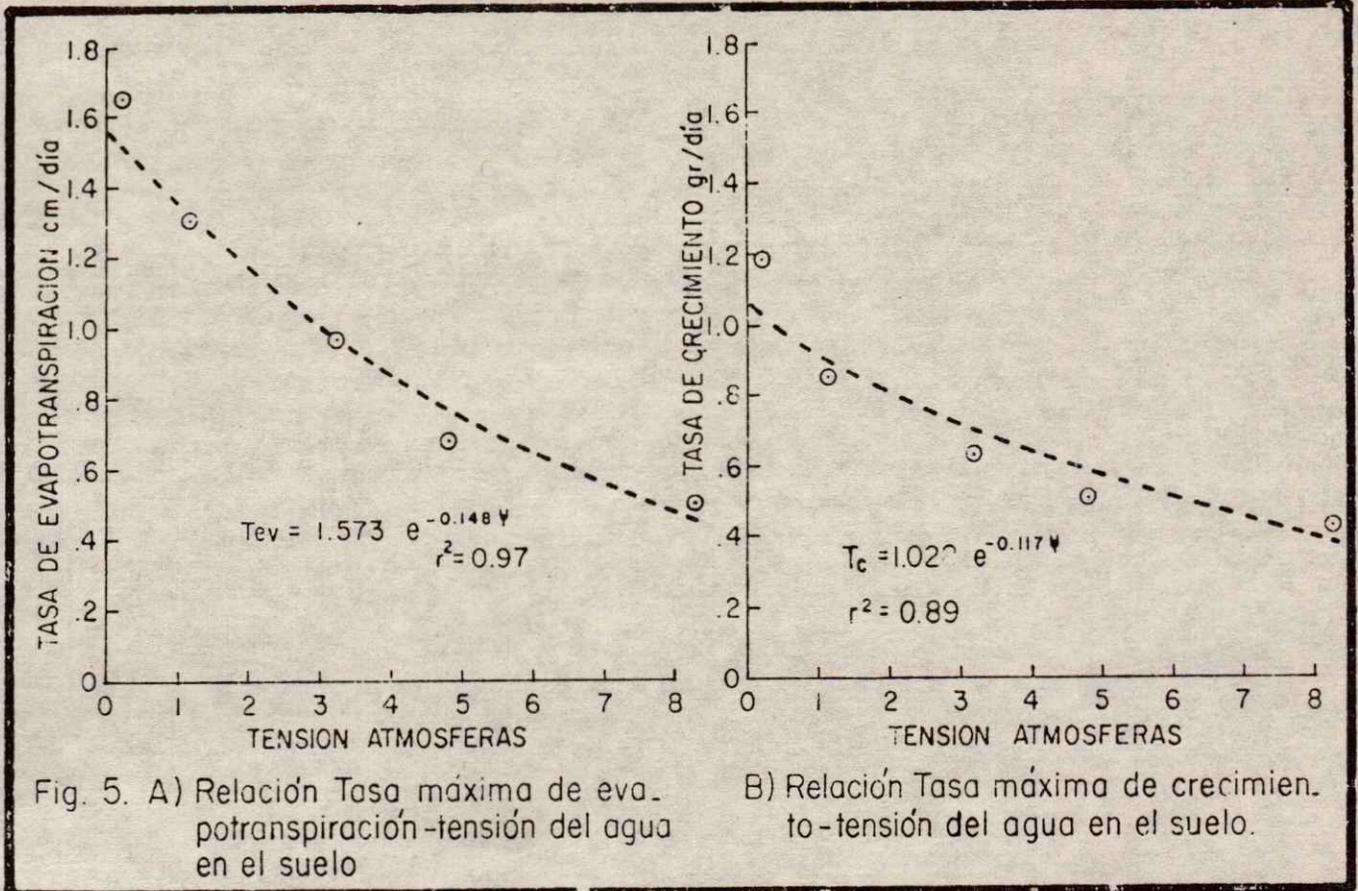
También es de interés hacer notar que al estimar mediante la función logística y la función cúbica los tiempos a los que se presenta la máxima evapotranspiración y el máximo índice de área foliar, se encuentran valores similares que son 44 días después de la germinación para el

Cuadro 1. Comparación entre tratamientos y tasas máximas de evapotranspiración y crecimiento.

TRATAMIENTOS			TASAS MAXIMAS		
Hum. Apr. H.A.	Déficit D=1-ET/ETx	Potencial :Atmósferas	Crecimiento Tev: gr/día	Evapotranspiración Tc: cm/día	IAF Máx.
1.00	0.000	0.200	1.185	1.649	4.80
0.50	0.165	1.150	0.858	1.310	4.08
0.30	0.336	3.170	0.640	0.970	3.10
0.20	0.522	4.760	0.510	0.680	2.50
0.10	0.603	8.270	0.440	0.500	2.05

14





tratamiento sin restricción de humedad, tiempo que coincide con la parte central de la etapa reproductiva, es decir 6 días después de iniciada la floración aproximadamente al 62% del desarrollo vegetativo. Para el tratamiento más seco, la evapotranspiración y el índice de área foliar máximos se presentan a los 40 días; según parece las etapas de desarrollo tienden a alterarse; sin embargo, es de hacerse notar que la tasa máxima de crecimiento se presenta en todos los tratamientos a los 54 días después de la germinación y una semana antes de la total maduración fisiológica, es decir al 90% de su duración total.

E. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resumiendo sobre toda esta evidencia experimental, se puede decir que al producirse una tensión (stress) en la planta, debido al déficit de agua en el suelo, hay una

reducción en las tasas de evapotranspiración y de crecimiento, proporcionales a dicho déficit y cuya consecuencia es una reducción en la producción de biomasa. Aparentemente las fórmulas propuestas por los diferentes investigadores como Noreno y el equipo de la Universidad de California, son congruentes con los datos experimentales.

Puede estimarse la producción de biomasa en función de la evapotranspiración relativa con las fórmulas referidas, sin embargo la estimación de la producción en grano no es tan fácil, no obstante hay una relación proporcional, pero no lineal entre la producción de biomasa y fruto que puede ser indicativa.

Es recomendable continuar las investigaciones que permitan encontrar modelos para estimar el rendimiento en fruto como función de los déficits evapotranspirativos parciales.

LITERATURA CITADA

- Doorenbos J., A.H. Kassam. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO, Roma.
- Feddes R.A., P.J. Kowalik, H. Zaradny. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Center for Agricultural Publishing documentation, Wageningen.
- Hanks R.J., R.W. Hill. 1980. Modeling crop response to irrigation in relation to soil climate and salinity. International Irrigation Information Center. Bet Dagan Israel.
- Noreno A. 1974. Fórmula para estimar la influencia de la humedad del suelo en la producción de los cultivos. CIDIAT. V Jornadas Venezolanas de riego, Mérida, Venezuela.
- Slatyer R.O. 1967. Plant water relationships. Academic Press. London, New York.
- Stewart J.I., Hagan, R.M. 1973. "Functions to predict effect of crop water deficits". Journal of Irr. and Drain. Div. ASCE 99(LR4); 421-439.
- Stewart J.I., Misra R.D., Pruitt W.O. 1975. "Irrigation of corn and grain sorghum with a deficient water supply". Trans. ASCE 18(2): 270-280.

DOSIS OPTIMA DE FERTILIZACION EN SANDIA (*Citrullus lanatus*) EN SAN JOSE DE CHILA, MUNICIPIO DE APATZINGAN, MICHOACAN*

Espinoza Valdovinos, E.*
Gómez Tagle, A.**

RESUMEN

Se realizó un estudio con ocho dosis de fertilización en San José de Chila al Suroeste de la Ciudad de Apatzingán, con la finalidad de obtener la dosis óptima de fertilización para sandía, debido a que en esta área se siembran 150 ha con una producción de 8 a 11 ton/ha. Este es el único cultivo que se siembra durante toda la temporada de secas. Se pretende llegar a recomendaciones con las cuales el agricultor obtenga el mayor rendimiento posible e incremente la superficie sembrada, logrando mejorar sus condiciones de vida.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con ocho repeticiones y ocho tratamientos; 00-00-00; 80-40-00; 80-60-40; 100-40-00; 100-40-40; 100-60-40 y 120-40-00, los cuales fueron seleccionados con base en análisis previos del suelo y comparados con las áreas productoras de sandía en el país.

Se pesaron y midieron (largo y ancho) los frutos de cada tratamiento y una vez realizados los análisis de varianza, los resultados reflejaron fielmente la diferencia entre las diferentes dosis de fertilización; habiéndose obtenido la mayor producción con el tratamiento 80-60-40; y un rendimiento equivalente a 25,876 kg/ha.

ABSTRACT

A trial on fertilizers application to watermelon was carried out at San José de Chila, to determine the optimum rate of application. Eight fertilizer treatments were tested: 0-0-0; 80-40-0; 80-40-40; 80-60-40; 100-40-00; 100-40-40; 100-60-40 and 120-40-00, using eight replications on a randomized complete blocks experimental design. Fruit size and weight were measured at the plot level. The analysis of variance showed that the highest fresh yield was 25,875 kg/ha was associated to treatment 80-60-40 ($N - P_{205} - K_20$)

INTRODUCCION

La sandía es un cultivo hortícola muy importante a nivel nacional, el cual año con año se incrementa en superficie y en producción nacional, desafortunadamente en nuestro estado a pesar de que tuvo el primer lugar en superficie y producción (CONAFRUT, 1970) no se cuenta con un conocimiento científico y práctico de este cultivo, de ahí la razón por la que cada año disminuye la superficie sembrada y la producción obtenida. Esto es consecuencia de falta de información experimental, si bien es cierto que existe algo de información es de otros estados y la poca que existe no se puede aplicar a todas las condiciones de cultivo, porque no son las mismas.

Uno de los principales problemas que existen es que los agricultores no tienen determinado un método y una dosis de fertilización, lo cual es esencial para obtener una buena producción, esto repercute en pérdidas para el agricultor debido a gastos innecesarios por exceso de fer-

tilizante y que en lugar de beneficiar al cultivo muchas veces lo perjudica.

En la actualidad se siembran aproximadamente 1,300 hectáreas de este cultivo en el Valle de Apatzingán lo que permite la utilización de la fuerza de trabajo de un gran número de jornales durante su desarrollo. El cultivo de la sandía es una fuente de trabajo para una gran cantidad de campesinos durante la mayor parte de la temporada de secas.

En San José de Chila, Municipio de Apatzingán, Mich. la sandía es el único cultivo y fuente de trabajo para todos los habitantes durante los meses de noviembre a abril por lo que es de suma importancia buscar la mayor redituabilidad del cultivo, que aproximadamente son 150 hectáreas y así los agricultores se interesan en aumentar la superficie sembrada y producción obtenida y no disminuya como está sucediendo actualmente.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

* Fac. de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

** CIFO-INIF-SARH

Artículos Científicos División III

Con el presente trabajo se pretende obtener información, experimental para dar alternativas a una mejor fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio incrementando cuantitativamente rendimiento y calidad del fruto y una vez hecho ésto y estableciendo una experimentación amplia se estará en posibilidades de determinar la dosis óptima económica de fertilizantes para dicha región, con lo cual se pueden evitar pérdidas y gastos innecesarios, tanto de fertilizante como de fuerza de trabajo, que incrementan el costo del cultivo y que en ocasiones llegan a afectarlo provocando pérdidas considerables. Esto trae como consecuencia que la producción por hectárea sea aproximadamente de 8 a 12 toneladas lo cual se está muy por debajo de lo que se puede obtener.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar una dosis óptima de fertilización en sandía, con la cual se obtenga un mayor rendimiento por hectárea.
- 2.- Demostrar a los campesinos que el método de fertilización utilizado es el más adecuado para obtener una mayor producción.

ANTECEDENTES

La sandía es una planta originaria de Africa Tropical, su cultivo es propio de zonas cálidas (Leñano, 1980).

La superficie total mundial dedicada al cultivo de la sandía es de 1'827,000 hectáreas, destacando en primer lugar la U.R.S.S. con cerca de 500,000 hectáreas y una producción aproximada de 4'000,000 de toneladas, lo cual le convierte en el primer país productor del mundo en cuanto a rendimiento por hectárea, Japón produce cerca de 33 toneladas y Egipto 25 toneladas razón por la cual estos países son los que presentan los más altos rendimientos unitarios.

La producción mexicana se encuentra en el lugar 13 entre los países productores (Reche, 1980), con una superficie cultivable que se ha estabilizado en los últimos años en 25,000 hectáreas, calculándose que para 1980 ésta aumente a 27,000 hectáreas.

Los estados productores son: Oaxaca que se mantiene en el primer lugar con 6,300; en segundo lugar Veracruz y Jalisco con 3,400 y 3,100 hectáreas sembradas respectivamente.

Siendo la variedad Peacock Improved la más importante, de todas las que se utilizan, debido a la gran demanda y aceptación comercial.

En el año de 1973 las mayores ventas de sandía al exterior estaban comprendidas por el volumen aportado por los estados de Jalisco, Tamaulipas, Sonora y Sinaloa que contribuyeron con el 78% del total de éstas, en la actualidad los estados de Sinaloa, Jalisco y Veracruz exportan el 84% del volumen total que asciende a 79,000 toneladas (Hurtado, 1980).

En 1976 la superficie cultivada a nivel nacional con sandía fue de 21,000 hectáreas con un valor de la cosecha de \$288.6 millones de pesos, con lo cual ocupó el cuarto lugar dentro de los cultivos hortícolas más importantes. Un gran porcentaje de esta producción se destina a la exportación, lo cual hace de este cultivo una actividad muy redituable. Los estados más productores son Oaxaca, Veracruz, Jalisco y Sinaloa (Hurtado, 1977).

En el año de 1970 Michoacán ocupó el primer lugar en producción nacional de sandía con una superficie de 3,000 hectáreas; que equivalen a un 16.66% del terreno destinado a este cultivo, además ocupaba también el primer lugar en la producción nacional de sandía con un 11.85% de la producción total (CONAFRUT, 1972).

GENERALIDADES SOBRE EL AREA DE ESTUDIO

1.- Localización del área

El poblado de Chila Mpio. de Apatzingán, está localizado al suroeste de la Ciudad de Apatzingán, Mich., y se encuentra situado a los 18°56'00" de Latitud Norte y 102°37'00" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 390 m.s.n.m. (García, 1980-1981).

2.- Clima

El clima es BS₂ (h') w (w)(i)g, corresponde al semiárido con régimen de lluvias en verano, una estación más seca en invierno y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales. La precipitación promedio es de 910 mm anuales, registrándose la mayor precipitación en julio y agosto; la temperatura media anual es de 27.1°C siendo los meses más cálidos, abril, mayo y junio y los más fríos diciembre y enero (García, 1980-1981).

3.- Suelo

Los Vertisoles se desarrollan en zonas en las que la precipitación anual promedio va de 254 a 1000 mm y las altitudes son de 90 a 2250 m.s.n.m. (Boul, Hole, McCracken, 1981).

El suelo que predomina en la región es el vertisol, el cual debido a su alto contenido de arcilla se expande y contrae. Se presentan en todos los trópicos y subtropicos de climas subhúmedos con una larga estación seca, el porcentaje de arcilla en este tipo de suelo es mayor de 30% en todos los horizontes a profundidades de 50 cm. Las grietas durante el clima seco son numerosas y profundas; a 50 cm de profundidad las grietas de diagnóstico en épocas secas son de 1 cm ó más de ancho. El suelo contiene poca materia orgánica no importando el color oscuro. Este suelo contiene bastante Potasio disponible pero tiene poco Nitrógeno y Fósforo disponible. Tiene como característica que cuando está húmedo es muy pegajoso (Donahue, Miller, Shiclona, 1981).

Las condiciones que dan lugar al desarrollo de los vertisoles son materiales con grandes cantidades de arcilla Montmorillonita (de expansión) y un clima con una estación húmeda y otra seca. La vegetación típica, en las áreas naturales es el pasto o plantas herbáceas anuales, aunque algunos vertisoles soportan plantas leñosas tolerantes a la sequía.

El alto contenido de arcilla de expansión hace el suelo muy pegajoso cuando está húmedo y muy duro cuando está seco.

Los vertisoles están ampliamente distribuidos en el mundo entre los 45° de Latitud Norte y Sur (Millar, Turk, Foth, 1981).

MATERIALES Y METODOS

1.- Tratamientos realizados.

Las dosis de fertilización que se probaron fueron se leccionadas con base en un previo análisis de suelo de la región en estudio y comparando con los diferentes sitios donde se ha realizado investigación experimental sobre este cultivo, con lo que se determinaron los siguientes tratamientos:

TRATAMIENTOS

	N	P	K
A	00	00	00
B	80	40	00
C	80	40	40
D	80	60	40
E	100	40	00
F	100	40	40
G	100	60	40
H	120	40	00

Utilizando Sulfato de Amonio como fuente de Nitrógeno con 20.5% de Nitrógeno; Superfosfato de Calcio simple para obtener Fósforo con 20% de Fósforo y Sulfato de Potasio con 50% de Potasio.

2.- Diseño Experimental

Bloques al azar con ocho tratamientos y ocho repeticiones con una superficie de lote de 6,129 m²; 180 m de longitud por 56.75 m de ancho. Un sublote de 3,982 m²; 80 m de longitud por 45.25 m de ancho y una parcela útil de 55 m²; 11 m de largo por 5 de ancho y a la cual se le eliminó 0.5 m de cada orilla.

3.- Manejo del experimento

3.1 Fecha de siembra

Se sembró en la segunda quincena de diciembre.

3.2 Preparación del terreno

Se limpió y quemó el residuo del maíz enseguida se hizo un barbecho a una profundidad de 30-40 cm, después se cruzó y enseguida se rastreó, posteriormente se niveló y melgó.

3.3 Fertilización.

Se utilizó la fórmula correspondiente a cada tratamiento. Esto se hizo a unos 15 cm de profundidad de donde quedó la semilla.

Se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el Fósforo y el Potasio al momento de la siembra. El resto del Nitrógeno se aplicó a 15-20 cm de distancia de la planta y 10 cm de profundidad, antes de dar el segundo riego.

3.4 Siembra

Se sembró a una profundidad máxima de 5 cm a doble hilera utilizando el método de Tresbolillos a una distancia de 1 m depositando 4 semillas por golpe. La densidad de siembra fue de 550 a 650 g de semilla por ha., de la variedad Peacock Improved.

3.5 Riegos

Se hizo un riego por transporo después de la siembra, el segundo después de los 40 días y posteriormente se regó de acuerdo a las necesidades

del cultivo y condiciones climatológicas que se presentaron.

3.6 Labores de cultivo

Se realizó un aclareo dejando dos plantas por mata; esto fue después de los 20 días cuando las plantas tenían las tres primeras hojas verdaderas, antes de cada riego se dió un paso de cultivadora, se hicieron seis acomodos de guía, se realizaron cuatro labores de cultivo de malezas; fueron superficiales para no dañar las raíces.

3.7 Plagas y Enfermedades

Para las posibles plagas del suelo se aplicó Volatón P-S al 2.5 % en dosis de 25 kg por hectárea; se aplicó mezclado con el fertilizante, el ataque de plagas fue controlado oportunamente con Tamarón 600 C.E. al 50%, Lannate P-S al 90% Dipterex al 80% P.S. y Paratión Metílico al 3% y para evitar las posibles enfermedades se aplicó Manzate D-80% P.H. y Daconil; en cuanto se presentaron las condiciones favorables para el desarrollo de éstas.

3.8 Cosecha

Se llevó a cabo cuando se observó que los frutos presentaron la coloración verde oscuro y al pegarle se escuchaba un sonido hueco y además el zarcillo del pedúnculo del fruto estaba seco.

RESULTADOS

Con base en las variables tomadas durante el desarrollo fenológico del cultivo se hicieron los análisis estadísticos correspondientes; ANDEVAS y pruebas de comparación múltiple de Duncan. De lo cual se observó que fue acertada la toma de peso, largo y ancho del fruto, pues nos refleja fielmente el efecto de las diferentes dosis de fertilización.

Tomando en cuenta los rendimientos por tratamiento se llevó a cabo el siguiente análisis:

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tab.	
					0.05	0.01
Bloques	7	5713.15	816.164	1.64364	2.205	3.03
Tratamientos	7	48685.6	6955.08	14.0065	2.205	3.03**
Error	49	24331.5	496.56			
T o t a l	63	78730.2				

CV = 23.58% ** Altamente significativo al 5% y 1%.

Con base en la prueba de F; se encuentra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Con la base en la prueba de Duncan observamos:

Artículos Científicos División III

Aplicación de la prueba de Duncan al 5% de error

Tratamiento N-P-K	Largo del Fruto en cm	*
D 80-60-40	28,875	a
C 80-40-40	25,075	a b
B 80-40-00	23,083	a b c
F 100-40-40	22,285	a b c d
G 100-60-40	21,135	b c d e
E 100-20-00	29,538	c d e f
H 120-40-00	16,158	f
A 00-00-00	10,701	g

* Valores unidos con la misma letra son estadísticamente iguales

En este cuadro de acuerdo con la prueba de Duncan el nivel de 5% se definen estadísticamente ocho grupos, cuyos valores unidos con la misma letra son iguales.

El primero de estos grupos está formado por cuatro tratamientos, cuyo rendimiento promedio es alrededor de 24,079 kg (de 22,285 a 25,875 kg/ha en los extremos respectivamente) y dentro del cual figuran los tratamientos que corresponden a las fórmulas: 100-40-40; 80-40-00; 80-40-40 y 80-60-40.

Los grupos segundo, tercero y cuarto abarcan parte del primero, en los cuales el rendimiento es superior a los 19,538 kg/ha; las fórmulas correspondientes son: 100-40-00; 100-60-40; 100-40-40; 80-40-00 y 80-40-40. Los grupos quinto y sexto (100-60-00 y 100-40-00) reúnen rendimientos que van de los 19,538 a los 21,135 kg/ha y el séptimo grupo (00-00-00) cuenta con un rendimiento de 10,701 kg/ha.

En el siguiente cuadro se aprecian los resultados obtenidos del análisis estadístico del largo del fruto de sandía.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tab.	
					0.05	0.01
Bloques	7	21.7563	3.10805	1.06688	2.205	3.03
Tratamientos	7	1299.02	185.574	63.701	2.205	3.03**
Error	49	142.747	2.9132			
Total	63	1463.52				

CV = 14.64 % ** Altamente significativo.

En la prueba de F, se observa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

En la prueba de Duncan vemos que:

Tratamiento N-P-K	Largo del Fruto en cm	*
D 80-60-40	37.7575	a
B 80-40-00	37.28	a b
C 80-40-40	37.125	a b
F 100-40-40	33.6875	c

G 100-60-40	31.9575	c d
E 100-40-00	30.7225	d
H 120-40-00	28.315	e
A 00-00-00	24.2375	g

* Valores unidos con la misma letra son estadísticamente iguales.

De acuerdo con Duncan encontramos seis grupos, en los que los valores unidos con la misma letra son iguales.

El primero de estos grupos está formado por tres tratamientos cuyo largo promedio es de 37.38 cm y dentro de los cuales figuran los tratamientos; 80-60-40; 80-40-00 y 80-40-40.

Al segundo grupo lo abarca el primero, el tercer grupo abarca dos tratamientos (100-40-40; 100-60-40) cuyo largo promedio es 33.68 y 31.95, respectivamente.

El cuarto grupo está formado por dos tratamientos (100-40-00 y 100-60-40), abarca parte del tercero, con un promedio de largo de 31.34 cm.

El quinto grupo (120-40-00) con un largo de 28.31 cm y el sexto (00-00-00) con 24.23 cm son los inferiores.

Con los promedios del ancho se realizó el análisis que se presenta a continuación.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tab.	
					0.05	0.01
Bloques	7	4.54199	.648856	1.09866	2.205	3.03
Tratamientos	7	264.115	27.7307	63.8867	2.205	3.03**
Error	49	28.9388	.590589			
Total	63	297.596				

CV = 10.02% ** Altamente significativo.

De lo anterior se deduce que hay diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Utilizando la prueba de Duncan se observa lo siguiente.

Tratamientos N-P-K	Ancho del Fruto en cm.	*
D 80-60-40	23.625	a
C 80-40-40	23.455	a b
B 80-40-00	23.2	a b
F 100-40-40	22.235	c
G 100-60-40	21.3	d
E 100-40-00	20.9775	d
H 120-40-00	19.9163	e
A 00-00-00	17.2075	g

* Valores unidos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Se forman seis grupos estadístico, cuyos valores unidos con la misma letra son iguales.

El primer grupo está formado por tres tratamientos. (80-600-40; 80-40-40; 80-40-00) cuyo ancho promedio es de 23.42 cm y dentro del cual se incluye el segundo grupo.

El tercer grupo lo forma el tratamiento 100-40-40 con un ancho de 22.23 cm. El cuarto grupo está formado por dos tratamientos (100-60-40 y 100-40-00) que tienen un ancho de 21.3 y 20.97 cm, respectivamente. El último grupo, el quinto está integrado por dos tratamientos (120-40-00 y 00-00-00) con un ancho de 19.91 y 17.20, respectivamente.

DISCUSION

Se obtuvieron resultados acordes con lo esperado, tomando en cuenta las diferentes dosis de fertilización. Con respecto a rendimiento de los tratamientos, el valor de F calculada comparando con los valores de F tabulada al 5% y 1% de los análisis de varianza indican que hubo diferencias altamente significativas en peso largo y ancho del fruto, por lo tanto en estas zonas se observa una clara respuesta a la fertilización.

La prueba de Duncan nos forma siete grupos para el peso, seis para el largo y seis para el ancho; del fruto, con lo cual podemos formar en total tres grupos.

	Peso kg/ha	Largo cm	Ancho cm
Primer Grupo	25,075 a 25,875	37 a 37	23 a 23
Segundo Grupo	29,538 a 23,083	30 a 33	20 a 22
Tercer Grupo	10,158 a 16,158	24 a 28	17 19

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- 1.- La mejor dosis de fertilización para la región de San José de Chila Mpio. de Apatzingán, Mich. es el tratamiento 80-60-40.
- 2.- Se observó que el método de fertilización es el más adecuado de los que utilizan los agricultores de dicha región.
- 3.- Con el uso adecuado de los fertilizantes, la sandía constituye un cultivo altamente remunerativo.
- 4.- El cultivo tiene una respuesta favorable a la aplicación de Potasio.

- 5.- El uso inadecuado a los pesticidas ha dado resistencia a plagas como el pulgón (*Aphis gossypii*).
- 6.- Para obtener una buena producción es determinante aplicar correctamente los riegos.
- 7.- La fertilización foliar (AUSA -fol) y el Ergostim (Acido Giberelico), tiene una respuesta favorable en el cultivo.
- 8.- Las labores culturales deben ser llevadas correctamente y en el momento adecuado durante todo el cultivo.

RECOMENDACIONES

- 1.- Es conveniente continuar estudios de fertilización con métodos de tres o más fertilizaciones ya que el cultivo responde favorablemente a éstos según observaciones personales y de acuerdo a lo que cita Reche (1981).
- 2.- Es necesario iniciar en la región la producción de semilla para siembra, con la finalidad de evitar los inconvenientes involucrados en su importación (disponibilidad inoportuna).
- 3.- Motivar a los agricultores en la siembra de la sandía como un cultivo redituable y mejorador del nivel de vida de éstos.
- 4.- Buscar una adecuada rotación de cultivos para evitar el empobrecimiento de los suelos y que éste se infeste de plagas y patógenos.
- 5.- Sembrar del 10. al 30 de diciembre ya que es cuando el cultivo queda más protegido de los factores climáticos y se obtiene un buen precio del producto.
- 6.- Incrementar las siembras de sandía para abastecer el mercado nacional o extranjero donde ésta se consume.
- 7.- Es de vital importancia regar por la noche y dar pasos de cultivadora antes de cada riego así como aplicar correctamente los pesticidas, hormonas y fertilizantes foliares. Pues el manejo del cultivo se refleja en la producción.
- 8.- Que el INIA proyecte investigaciones en este cultivo, pues su alto costo de producción, redituabilidad obtenida y condiciones en que se cultiva ameritan de una investigación más profunda.
- 9.- Seleccionar las condiciones Fisiográficas donde se siembre este cultivo, ya que se pudo observar que existe protección por barreras naturales (cerros, árboles) contra condiciones climáticas desfavorables al cultivo.
- 10.- Que la SARH o el INIA den capacitación técnica a los agricultores sobre este cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Boul W.S., Hole D.F., McCracken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Editorial Trillas, México.
- 2.- CONAFRUT, Depto. de Desarrollo Comercial Frutícola. Secc. de Comercialización. 1972.

Artículos Científicos División III

- 3.- _____, 1972. Depto. de Desarrollo Comercial Frutícola. Secc. de Comercialización.
- 4.- Donahue L.R., Miller W.R., Shicluna D.J., 1977. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Pretice Hall Internacional, Colombia 1977.
- 5.- García de M.E. 1980. Apuntes de Climatología, 3a. Edición UNAM, México.
- 6.- García de M.E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, 3a. Edición UNAM, México.
- 7.- Hurtado H.H. 1980. Principales Cultivos del CAECJAL durante los últimos 20 años del INIA; SARH; INIA; CIAPAC, Campo Agrícola Experimental Costa de Jalisco.
- 8.- Leñano F. 1980. Hortalizas de Fruto Corno, Dónde, Cuándo, manual de cultivo moderno, Editorial de Vecchi, S.A. Barcelona.
- 9.- Millar E.C., Turk M.L., Foth D.H. 1981. Fundamentos de la Ciencia del Suelo, Traducido del inglés por Nava D.J., 5a. impresión, Editorial C.E. C.S.A., México.

DETERMINACION DE LA ECUACION DE RESPUESTA (N, P, K) DE LA PALMA AFRICANA EN LA COSTA DE CHIAPAS⁺

Cruz Medina, Roberto*
Ramírez Z., Rosalío**

RESUMEN

La Palma africana *Elaeis guineensis* (Jack) es una oleaginosa que fue introducida a la costa de Chiapas en 1950. En la actualidad hay 1220 ha sembradas con esa especie en el estado de Chiapas. No se habían realizado estudios sobre su fertilización en México, si bien el cultivo era fertilizado con una recomendación general que consiste en aplicar 500 g de urea y 500 g de una mezcla de K y Mg por árbol y año, en dos ocasiones. Los rendimientos de aceite han sido de 1.8 ton/ha. En 1980 se inició un experimento sobre fertilización con N, P y K en una plantación de 6 años, de la variedad Tenera, arreglada en el sistema de tres bolillo, con 9 m de separación. Se usó la matriz experimental Plan Puebla I con los espacios de exploración 0 a 210 kg de N por ha, 0 a 90 Kg de P₂O₅ por ha y 0 a 270 kg de K₂O por ha. Se determinó el número y peso de racimos por palma y corte, y el área foliar. Hasta 1982 se habían realizado 46 cortes que permitieron estudiar la respuesta durante dos años. La ecuación de regresión final fue:

$$Y = -9.985 + 3.447 AF + 0.133 P - 0.00169 P^2$$

Y = rendimiento de racimos por ha y año

AF = área foliar

P = dosis de fertilizante fosfórico

La ecuación de regresión explica el 68 por ciento de la suma de cuadrados asociados con los tratamientos. Los rendimientos predichos varían entre 13 y 27 ton de racimos por ha y año.

ABSTRACT

African palm, *Elaeis guineensis* (Jack) is an oil crop introduced to the coast of Chiapas in 1950. The fertilizer application to this crop is 500 g of urea plus 500 g of a mixture of K and Mg fertilizers per tree and year, split into two occasions. Oil yields are about 1.8 ton per ha and year. No experiments on fertilizer application to this crop had been conducted in Mexico, till 1980 when a N, P, K fertilizer experiment was initiated, on a 6 years oil plantation. Nitrogen rates varied from 0 to 210 kg per ha, P₂O₅ varied from 0 to 90 Kg per ha and K₂O varied from 0 to 270 kg per ha. The number and fresh weight of fruits per tree at harvest and the foliar area were measured in 46 harvests done in 1981 and 1982. The final regression equation was:

$$Y = -9.985 + 3.447 AF + 0.133 P - 0.00169 P^2$$

Y = yield of fresh fruits per ha per year

AF = foliar area

P = rate of P fertilizer

This equation explains about 68 percent of the yield variation associated with treatments. Predicted yields varied from 13 to 27 ton per ha per year.

INTRODUCCION

La palma africana *Elaeis guineensis* (Jack), es una especie tropical cultivada con una alta producción de aceite por unidad de superficie, los principales centros productores de aceite de palma se localizan en África, Asia y

América en donde la tecnología moderna permite obtener hasta 5 ton/ha de aceite.

En México la primera plantación con fines comerciales fue establecida en la Costa de Chiapas en 1950, posteriormente se efectuaron otras plantaciones en la Cuenca del Pa-

+ Ponencia presentada en XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

* Maestro en Ciencias. Investigador en Estadística. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

** Ingeniero Agrónomo. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Artículos Científicos División III

paloapan, el Palmar y la Chontalpa, las dos primeras en el estado de Veracruz y la tercera en el estado de Tabasco.

En la Costa de Chiapas la palma africana ocupa una superficie de 1 220 ha de las cuales 800 ha constituyen la única plantación en explotación en el país y se localiza en el municipio de Villa Comaltitlán, la superficie restante está distribuida en los municipios de Acapetahua, Mapastepec y Villa Comaltitlán y corresponden a tres intentos de CONAFRUT para establecer una superficie de 3000ha en 1974. Actualmente CONAFRUT cuenta con 357 000 plantas en vivero en el Municipio de Acapetahua.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Es bien conocida ya la reutilización económica de la aplicación de fertilizantes, los resultados experimentales en el caso de la palma africana indican que esta especie extrae grandes cantidades de nutrientes y que por lo tanto para mantener una producción alta se requiere la aplicación de fertilizantes.

La dosis de fertilización para un palmeral depende fundamentalmente de la fertilidad del suelo, del estado del cultivo, del manejo agronómico y del objetivo (Máxima producción o Máxima ganancia económica con o sin restricciones de capital).

La experiencia ha demostrado que la forma más confiable para la determinación de una dosis de fertilización es mediante el establecimiento de experimentos. En México no se han realizado estudios de fertilización en palma africana debido a la reducida superficie en explotación sin embargo durante varios años se fertilizó con 500 gr. de Urea y 500 gr. de un fertilizante compuesto a base de K y Mg por árbol por año en dos aplicaciones, una al inicio del temporal y la otra al finalizar las lluvias, esta práctica forma parte de la tecnología utilizada que permite obtener un promedio de 1.8 ton/ha de aceite, promedio bajo en comparación al obtenido en otras regiones productoras; dentro de los factores que limitan la producción pueden mencionarse por orden de importancia:

- Distribución irregular de la precipitación.
- Desconocimiento de la fertilización adecuada.
- Fuerte infestación del picudo negro *Rhyncophorus palmarium*.
- Programación inadecuada de la cosecha.
- Malezas.

El desconocimiento de la dosis adecuada de fertilización y el interés de algunas instituciones por incrementar la superficie de esta Oleaginosa motivaron este trabajo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se inició en Agosto de 1980, en la Finca "La Lima", Municipio de Villa Comaltitlán, Chis., con la variedad tenera de 6 años de edad, distribuida a 9 x 9 m de tresbolillo.

La parcela total está constituida por 16 palmas que ocupan una superficie de 1 118.88 m². La parcela útil la integran las 4 palmas centrales con una superficie de 279.72 m².

El diseño de tratamiento lo constituye una matriz Plan Puebla I para tres factores (N, P, K) con 4 tratamientos

adicionales para detectar la respuesta a Ca y Mg (Apéndice I).

APENDICE 1. Tratamientos estudiados en el experimento de fertilización en Palma Africana.

Tratamiento	Kg / ha				
	N	P	K	Ca	Mg
1	70	30	90		
2	70	30	180		
3	70	60	90		
4	70	60	180		
5	140	30	90		
6	140	30	180		
7	140	60	90		
8	140	60	180		
9	0	30	90		
10	210	60	180		
11	70	0	90		
12	140	90	180		
13	70	30	0		
14	140	60	270		
15	0	0	0		
16	140	60	90	1430	0
17	140	60	90	0	86
18	140	60	90	1430	86

Los factores y niveles de la matriz Plan Puebla I son:

Nitrógeno: 0,70,140,210 kg/ha

Fósforo : 0,30, 60, 90 kg/ha

Potasio : 0,90,180,270 kg/ha

Las fuentes utilizadas son: Urea 46% N, Superfosfato triple de calcio 46% P₂O₅ y cloruro de potasio 60% K₂O.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con 4 repeticiones. Es necesario aclarar que el bloque fue en gran medida geométrico ya que hay gran variación dentro de bloques (la superficie total del experimento es de 8 ha).

La aplicación de fertilizantes se efectúa en dos épocas: la primera al inicio del temporal (mayo, 50% N y 100% de P₂O₅ y K₂O), la segunda en el mes de agosto (50% del N restante y el Ca y Mg).

Las variables medidas en el experimento son:

Número y peso de racimos /palma /corte.

Diámetro y altura de las palmas.

Area Foliar relativa.

Número de hojas emitidas y relación de sexos.

DISCUSION Y RESULTADOS

En el período que lleva el experimento se han efectuado 46 cortes; 21 en 1981 y 25 en 1982, los registros de rendimiento se llevan por palma y corte, pero la discusión de resultados se desarrollará con el rendimiento /parcela/año.

Los datos por corte se utilizarán para relacionar el rendimiento con la precipitación cuando se disponga de un mayor número de observaciones.

Como primer paso se hicieron análisis de varianza por año; en estos análisis no se detectó diferencias signifi-

cativas entre tratamientos (Apéndice 2). En este cuadro puede observarse que el diseño experimental utilizado explicó solamente el 45% de la variación experimental, esto refleja la gran variación dentro de bloques. Puede observarse también que el coeficiente de variación fue de 29 y 28% en 1981 y 1982 respectivamente; estos valores aunque frecuentes en experimentos con frutales no dejan de ser altos e indican gran variación no controlada en el experimento.

APÉNDICE 2. Análisis de varianza de la producción anual.
Año 1981

F. V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	P(F Fc)
Bloques	3	349,928	116,642	4.64	0.0062
Tratamientos	17	701,800	41,282	1.64	0.0874
Error	51	1'282,027	25,137		
T o t a l	71	2,333,757			

$$R^2 = 0.4507$$

$$CV = 29.32\%$$

$$\bar{X} = 17.09 \text{ Ton/ha}$$

Año 1982

F. V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	P(F Fc)
Bloques	3	1'001,701	333.900	8.83	0.0001
Tratamientos	17	567,227	33,366	0.88	0.5969
Error	51	1'929,063	37,824		
T o t a l	71	3'497,992			

$$R^2 = 0.4485$$

$$CV = 28.16\%$$

$$\bar{X} = 21.84 \text{ Ton/ha}$$

Con el propósito de reducir la variación no controlada se analizaron 3 covariables (Apéndice 3), con la información proporcionada por estos análisis se seleccionó como covariable el área foliar ya que es la que explica la mayor suma de cuadrados.

APÉNDICE 3. Análisis para la elección de la covariable.

Año 1981

F. V.	G.L.	S.C.
Bloques	3	421,596
Tratamientos	13	470,075
Error	39	981,010
T o t a l	55	1'872,681

COVARIABLES (UNA A LA VEZ)

COVARIABLE	G.L.	S.C.	S.C.E.	C.V.
Area foliar	1	271.180	709.830	26.54
Altura	1	222.245	758.765	27.45
Diámetro	1	117.143	863.867	29.28

Año 1982

F.V.	G.L.	S.C.
Bloques	3	1 310.652
Tratamientos	13	458.711
Error	39	1 421,781
T o t a l	55	3 191.144

COVARIABLES (UNA A LA VEZ)

COVARIABLE	G.L.	S.C.	S.C.E.	C.V.
Area foliar	1	603.855	817.926	21.74
Altura	1	498.306	923.475	23.10
Diámetro	1	282.096	1 139.685	25.66

El área foliar es una medida de la infraestructura del árbol para producir y aunque es afectada por los tratamientos de fertilización a largo plazo, se consideró que en los dos años del experimento aún no ha sido afectada.

En el Apéndice 4 se presentan los rendimientos y áreas foliares promedio por tratamiento. Obsérvese la relación directa entre rendimiento y área foliar nótese asimismo que el tratamiento sin fertilizante no es de los más bajos y que el orden sufrió pocas alteraciones; esto es hay consistencia en el rendimiento de los tratamientos y un análisis conjunto tendrá mayor precisión para detectar diferencias si las hay.

En el Apéndice 5 se presentan los análisis conjuntos para las variables rendimiento y área foliar. Con respecto a la variable rendimiento el análisis conjunto detecta diferencias entre tratamientos, pero como se observó en el Apéndice 4, debido a la estrecha relación entre rendimiento y área foliar, es necesario efectuar un análisis

APÉNDICE 4. Rendimiento y Area Foliar del Experimento en Palma Africana.

Trat.	1981		Trat.	1982	
	Rend. Ton/ha	Area Foliar m ²		Rend. Ton/ha	Area Foliar m ²
18	21.90	8.78	18	25.86	9.06
16	21.23	8.47	6	24.98	8.69
6	20.71	8.29	5	24.96	8.53
17	19.97	8.44	9	24.33	8.95
8	19.81	8.30	15 T	23.91	8.08
13	19.78	7.99	16	23.48	8.75
9	18.03	8.25	4	23.12	7.77
5	17.93	8.04	2	22.60	8.18
4	17.88	7.81	1	22.47	7.85
15 T	16.71	7.67	13	22.12	8.32
14	16.69	7.61	3	21.81	7.79
1	15.60	7.29	8	21.79	8.42
7	15.35	7.13	17	21.15	8.30
2	14.85	8.45	14	20.28	7.59
3	14.59	7.71	7	20.04	7.42
12	13.63	7.36	11	18.65	7.83
10	13.35	6.67	12	16.09	8.27
11	9.73	7.81	10	15.45	7.23

Tratamiento	P R O M E D I O	
	Rend. ton/ha	Area Foliar m ²
18	23.88	8.92
6	22.85	8.49
16	22.35	8.61
5	21.44	8.29
9	21.18	8.60
13	20.95	8.15
8	20.80	8.36
17	20.56	8.37
4	20.50	7.79
15	20.31	7.88
1	19.03	7.57
2	18.73	8.32
14	18.48	7.60
3	18.20	8.75
7	17.69	7.28
12	14.87	7.82
10	14.40	6.95
11	14.19	7.82

APENDICE 5. Análisis Conjunto

RENDIMIENTO

F. V.	G.L.	S.C.	CM.	Fc	Fo.05
Años	1	809.716	809.716	3.59	5.99
Rep. (años)	6	1 351.628	225.271		
Trat.	17	1 073.399	63.141	2.01	1.76
Trat.*Años	17	195.626	11.507	<1	
Error (B)	102	3 211.084	31.481		
T o t a l	143	6 641.453			

$R = 0.5165$

$CV = 28.82\%$

$\bar{X} = 19.46 \text{ ton/ha}$

Area Foliar

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Fo.05
Años	1	2.750	2.750	<1	
Rep. (Años)	6	35.676	5.946		
Trat.	17	35.380	2.081	1.242	1.76
Trat. * Años	17	3,208	0.180	<1	
Error (B)	102	170.890	1.675		
T o t a l	143	247.904			

$R^2 = 0.310$

$CV = 16.11\%$

$\bar{X} = 8.032 \text{ M}^2$

de covarianza (análisis justificado debido a que el área foliar aún no ha sido afectada por los tratamientos de fertilización).

El análisis de covarianza se presenta en el Apéndice 6; en el análisis conjunto se pueden efectuar dos correc-

ciones por varianza, una en el factor años y otra en tratamientos y tratamientos * año, pero como el interés principal es determinar la influencia de la covariable en los tratamientos y es de poca relevancia las diferencias entre años se corregirán sólo las sumas de cuadrados de tratamientos y tratamientos * años.

APENDICE 6. Análisis de Covarianza y Medias Ajustadas

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Fo.05
Años	1	809.716	809.716	3.59	5.99
Rep. (Años)	6	1 351.628	225.271		
Trat. Corregidos	17	538.400	31.671	1.40	1.76
Trat.*Años Corre.	17	225.611	13.271	<1	
Area Foliar	1	925.372	925.372	40.89	3.96
Error	101	2 285.712	22.631		
T o t a l	143	6 641.454			

$R^2 = 0.6558$

$CV = 24.44\%$

$\bar{X} = 19.46 \text{ ton/ha}$

MEDIAS AJUSTADAS POR LA COVARIABLE

Trat.	Rend. ton/ha	Trat.	Rend. ton/ha
11	14.68	8	20.03
12	15.36	1	20.10
10	16.91	15 T	20.67
2	18.07	13	20.67
3	18.85	5	20.85
7	19.45	16	21.00
14	19.49	4	21.06
17	19.77	6	21.79
9	19.86	18	21.81

En el Apéndice 6 se observa que no hay diferencia entre tratamientos ajustados y que las diferencias detectadas en los tratamientos no ajustados se debían a las diferencias en área foliar. Como la significancia a algún elemento puede diluirse en el análisis de varianza se corrieron varios modelos para explicar la suma de cuadrados de tratamientos no explicada por el área foliar. En el Apéndice 7 se muestran algunos de los modelos probados; se incluyeron interacciones del área foliar con N, P y K a fin de establecer dosificaciones en función del área foliar, pero las sumas de cuadrados de estas interacciones fueron pequeñas.

El modelo seleccionado se presenta en el Apéndice 7 es interesante anotar que este modelo es muy parecido al de terminado con las medias ajustadas por la covariable (aunque para determinarlo se supuso que la varianza era igual para todas y como se sabe depende de la covariable área foliar).

Con este modelo se determina que:

Dosis Óptima Fisiológica (DOF): 39 Kg P₂O₅/ha.

El rendimiento estimado con la dosis óptima fisiológica depende del área foliar y se presenta en el Apéndice 7.

La dosis óptima económica (DOE) depende de la relación

precio del insumo (P_{2O_5})/precio del producto. A continuación se presentan las DOE para algunas relaciones.

APENDICE 7. Modelos de Regresión Estudiados.

$$Y = B_0 + B_1 AF + B_2 N + B_3 P + B_4 N^2 + B_5 P^2 + B_6 NP$$

$$Y = B_0 + B_1 AF + B_2 N + B_3 P + B_4 N^2 + B_5 P^2$$

$$Y = B_0 + B_1 AF + B_2 P + B_3 P^2$$

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Fo.05
Area Foliar	1	383.698			
P, P ²	2	162.692	81.346	3.59	3.11
Falta ajuste	11	257.673	23.425	1.04	1.90
Error	101	2 285.712	22.631		

MODELO DETERMINADO.

$$Y = -9.985 + 3.447 AF + 0.133 P - 0.00169 P^2$$

$$R^2 = 0.679 \text{ (En relación a la S.C. tratamientos)}$$

Area Foliar M	Rend. ton/ha
6	13.31
7	16.76
8	20.21
9	23.65
10	27.10

RELACION Precio Kg P ₂ O ₅ / precio Ton. Fruto	DOE Kg/ha
.1	10
.08	16
.06	22
.04	28
.02	33
.01	36
< .01	39

La relación para la obtención del cuadro anterior es:

$$DOE = \frac{0.133 - K}{2(.00169)}$$

$$K = \frac{\text{Precio kg } P_{2O_5}}{\text{Precio ton Copra}}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La magnitud del CV obtenido en este trabajo aunque frecuente en experimentos con frutales indica que el bloque geométrico no controla en forma adecuada la variación experimental y que es necesario utilizar características morfológicas de las plantas para reducir el error experimental (como sucede en experimentos con animales).

Es conveniente también proporcionar dosis en función de esas características; en este trabajo se trató de determinar las dosis de fertilización en función del área foliar pero el modelo no fue adecuado en parte debido a la gran variación experimental. En experimentos con palma africana, se recomienda utilizar el área foliar para bloquear la variación experimental y en otros frutales utilizar la covariable que explique mayor variación.

BIBLIOGRAFIA

- Draper Norman, Smith H. 1981. Applied Regression John Wiley and Sons.
- Steel Robert G.D., Torrie James. H. 1960 Principles and procedures of statistics. McGraw Hill.
- Lockwood G. 1979. Improving precision of cocoa progeny trials using calibrator Trees. Expl. Agric. Vol. 15, pp. 209-215 G.B.
- SAR-INIA. Informe de Avance de Investigación CAECOCHI 1981. CIAPAS.

MINIMIZACION DEL DOWNY MILDEW EN EL CULTIVO DEL SORGO MEDIANTE BARBECHOS PROFUNDOS*

Hernández Martínez, Miguel*

RESUMEN

El Downy Mildew se encuentra disminuyendo los rendimientos de 2 a 3 ton/ha en el área del Bajío bajo riego y temporal. Los factores que han contribuido al establecimiento y dispersión de la enfermedad son: uso de híbridos susceptibles, condiciones climáticas favorables, el monocultivo y la rotación trigo-sorgo o cebada-sorgo; esto ha ocasionado un incremento en la fuente de inóculo, es decir, de oosporas en el suelo por tal motivo se procedió a evaluar la práctica del barbecho profundo 0-30 cm, en comparación con el usado por el agricultor 0-15 cm, con el objeto de minimizar la incidencia del patógeno. Lo anterior se realizó en los municipios de Pastor Ortiz y Angamacutiro, Mich., en lotes comerciales que presentaron un 40% de infección sistémica en el ciclo anterior.

Se tomaron datos de número de oosporas por gramo de suelo antes y después de los barbechos, así como el % de infección sistemática que presentó el híbrido RB-2020 usado por el agricultor, realizándose lo anterior durante dos ciclos (81-82). Se encontró que el barbecho profundo (0-30) minimiza la incidencia de la enfermedad de 15 a 41 oosporas por gramo de suelo al disminuir el número de oosporas en la profundidad de 0.15 que es donde se produce la infección sistémica, esto representó reducción en un 10% de infección sistémica en el híbrido.

ABSTRACT

Downy Mildew causes sorghum yield losses of 2 to 3 ton per ha in the Bajío region of Mexico, both for irrigated and unirrigated fields. Susceptible genetic materials, the monoculture or double cropping: wheat-sorghum and barley-sorghum are factors in the dispersion of the plant disease. It was decided to evaluate the effect of 30 cm deep plowing as compared to the 15 cm deep plowing on the incidence of downy mildew on sorghum. Two commercial fields of Michoacan state that had over 40 percent incidence of downy mildew in the previous year were selected for the study. Soil samples were collected in order to estimate of number of oospores per gram of soil before and after plowing and also the proportion of plants of the commercial sorghum hybrid RB-2020. This was repeated in 1981 and 1982. Plowing to 30 cm depth reduced the incidence of downy mildew by 10 percent as compared to plowing 15 cm deep

INTRODUCCION

En el Bajío Michoacano se siembran aproximadamente 90,000 hectáreas de sorgo para grano bajo riego y temporal, viéndose disminuido el rendimiento por hectáreas de 2 a 3 toneladas por el ataque del Downy Mildew ocasionada por el hongo Peronosclerospora sorghi C.G. Shaw.

Esta enfermedad se ha diseminado en el área con un promedio de 30% de infección sistémica en cultivares comerciales. Los factores que han facilitado la dispersión de la enfermedad en el área son: que año con año se establecen híbridos comerciales susceptibles, existen condiciones climáticas favorables y la rotación trigo-sorgo o cebada-sorgo, además el monocultivo; esto ha ocasionado un incremento en la fuente de inóculo, es decir de oosporas

en el suelo, provocando una perpetuación de la enfermedad la cual amenaza con dispararse a El Bajío de Guanajuato, el cual se encuentra contiguo geográficamente.

Por tal motivo, se procedió a evaluar la práctica del barbecho profundo 0-30 cm, en comparación con el usado por el agricultor 0-15 cm, con el objeto de minimizar la incidencia del patógeno en el cultivo del sorgo.

REVISION DE LITERATURA

El Downy Mildew del sorgo fue reportado por primera vez en los Estados Unidos en un lote experimental de College Station, Chillicothe, Texas en 1961 y en el Sur de Texas en Beeville, en 1962 (3,6). En México esta enfermedad

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

* Ingeniero Agrónomo. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

fue observada en 1964 por Fredericksen en Matamoros, Tamaulipas, según lo indica Girón (2) y también fue observado en La Barca, Jalisco por Covarrubias (1); en El Bajío Michoacano la enfermedad fue observada en 1977 por Martínez (comunicación personal), y en 1979 la enfermedad se encontró en el Bajío Michoacano en los municipios de Puruándiro, Angamacutiro, La Piedad, Pastor Ortiz, Mich. Narro (4,5), encontrándose infecciones sistémicas entre un 20 y 30%. Actualmente se están desarrollando trabajos en El Bajío Michoacano sobre control químico de la enfermedad, disminución del rendimiento y obtención de híbridos resistentes.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluó la práctica del barbecho 0-30 cm, en comparación con el usado por el agricultor de 0-15 cm, a 0-20 cm, en dos localidades que son: Colonia Balbuena, Municipio de Pastor Ortiz, Michoacán y El Maluco, Municipio de Angamacutiro, Mich., usando para los barbechos de comparación lotes comerciales que presentaron un 40% de infección sistémica en el ciclo anterior, escogiendo una superficie de 0.25 ha por tratamiento, es decir 25 surcos de 120 metros de longitud por barbecho en cada localidad, el híbrido utilizado por el agricultor fue el RB-2020, el cual presentó en el ciclo anterior a la prueba un 40% de infección sistémica, clasificándose como susceptible a la enfermedad de acuerdo a la escala de Fredericksen (3).

Se tomaron muestras de tierra en un total de 10 muestras por tratamiento antes y después de los barbechos con el objeto de realizar 10 lecturas por muestra del número de oosporas por gramo de suelo, ésto se analizó mediante un diseño de parcelas apareadas. Además se hicieron conteos de plantas enfermas y plantas totales a los veinte días de nacida la planta con el objeto de obtener el % de infección sistémica.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el ciclo 81, al realizar la toma de muestras antes del barbecho que realiza el agricultor y el de 0-30 cm, se encontró que el número de oosporas por gramo de suelo es taba regularmente uniforme, es decir 15 oosporas por gramo.

Al realizar el barbecho profundo y su preparación de terreno, se muestreó y se encontró que un incremento de 15 a 30 oosporas por gramo en la profundidad de 20-30cm, no en cambio en el barbecho que realiza el agricultor, es de hacer notar que para el barbecho profundo fue necesario realizar 2 barbechos. La enfermedad en el cultivo comenzó a manifestarse a los 15 días de nacida la planta, observándose una coloración blanquizca por la esporulación del hongo durante los siguientes días, Cuadro 1.

Después el material afectado presentó en las hojas un rizado clorótico, etapa en la cual se obtuvo el % de infección sistémica presentando una reducción de un 7% de la infección en el lote que se dio un barbecho profundo en comparación con el barbecho normal que presentó un 30%, Cuadro 2.

En el ciclo 82, se volvió a repetir lo anterior, encontrándose después de realizar el barbecho profundo un incremento de oosporas de 30 a 41 oosporas por gramo de suelo en la profundidad de 20-30 cm, no en cambio en el otro barbecho el cual se incrementó en un 8% la infección sistémica en el híbrido; en cambio el híbrido con barbecho profundo disminuyó un 10% la infección sistémica.

Cuadro 1. Número de Oosporas por Gramo en la Profundidad 20-30 Ciclo 81-82.

No. de Muestreo	B.N. 81	Número de Oosporas por Gramo		
		B.P. 81	B.N. 82	B.N. 82
1	5.04	25.78	18.27	35.38
2	18.51	33.95	13.68	27.98
3	13.27	29.03	17.21	44.67
4	17.81	31.82	18.62	47.73
5	10.12	35.14	12.17	49.58
6	20.01	27.00	17.81	50.01
7	13.12	23.49	17.07	40.91
8	14.42	32.26	15.98	36.12
9	20.73	29.67	19.29	45.33
10	18.56	31.84	18.17	39.78
\bar{X} OOSPORAS	15.15	29.99	16.82	41.74
%	100.00	197.95	100.00	248.15

B.N. Barbecho normal, B.P. Barbecho profundo.

Cuadro 2. Comparación de Infección Sistémica. Ciclo 81-82.

Tratamientos	\bar{X} Oosporas/G	% Infecc. Sistémica
B. Normal 81	15.15	30
B. Profundo 81	29.99	24
B. Normal 82	16.82	38
B. Profundo 82	41.74	20

Al realizar el análisis de número de oosporas por gramo de suelo mediante parcelas apareadas, se encontró significancia entre los barbechos, siendo el barbecho profundo el que presentó mayor número de oosporas por gramo de suelo en la profundidad de 20-30 cm, lo que ocasionó una menor infección sistémica ya que la infección que ocasiona el hongo lo realiza en la profundidad de 0 a 15 cm, siendo esta profundidad el área de infección, por lo que al profundizar las oosporas disminuimos el número de oosporas en el área de infección, al mezclar esporas nuevas con viejas. El tiempo de vida de la oospora es de 7 años, lo cual ocasiona que no se debe atacar solamente con barbechos profundos la enfermedad sino aunado a un control químico, al uso de híbridos resistentes, es decir, un control integrado ya que al usar solamente barbechos profundos llegaría probablemente a un equilibrio, es decir, en donde el barbecho profundo ni beneficie ni perjudique, ésto por la viabilidad de las oosporas.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones en que se realizó el presente trabajo y bajo las condiciones en que se presentó la enfermedad, se derivan las siguientes conclusiones:

1. El barbecho profundo minimiza la incidencia de la enfermedad de 15 a 41 oosporas por gramo de suelo al profundizar y mezclar las oosporas viejas con las nuevas.
2. El barbecho profundo representa una disminución de un 10% de infección sistémica en el híbrido el cual se caracteriza como susceptible a la enfermedad.

3. Al realizar barbechos profundos durante 3 ó 4 ciclos, es posible disminuir más la incidencia de la enferme-

dad pero debe estar aunado a un control integrado, ya que las oosporas pueden estar vigentes hasta 7 años.

BIBLIOGRAFIA

1. Covarrubias. 1974 (Comunicación Personal)
2. Fredericksen, R.A. Bockholt, A.J. Rosenow, D.T. and Reyes L. 1970. Problems and Progress of Sorghum, Downy Mildew in the United State. Indian Phytopathology 23: 321-338.
3. Fredericksen, R.A., J. Amador, B.L. Jones and L.Reyes (1969). Distribution Symptoms and Economic Loss of Downy Mildew Caused by *Sclerospora sorghi* (Kuek), Weston Uppal a Sorghum in Texas. Plant Dis. Repr. 53: 995-998.
4. Hernández, M.M. et al. Campo Agrícola Experimental Ba. jfo. 1979. Marco de Referencia y Enfoques de la Investigación del Cultivo del Sorgo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
5. Narro, S.J. and Hernández, M.M. 1981. Occurrence of Downy Mildew at El Bajío, State of Michoacan Mexico. Twelfth Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference.
6. Reyes, L.D.T. Tosenow, R.W. Berry and M.C. Futrell . (1964). Downy Mildew and Head smut diseases of sorghum in Texas Plant Dis. Repr. 48: 249-253.

RESPUESTA DEL CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L) A LA FERTILIZACION NITROGENADA, FOSFORICA Y LA DENSIDAD DE POBLACION EN LOS VALLES CENTRALES, OAXACA*

Castañeda Hidalgo, E.*
Vargas Salas, V. M.*
Castañeda Palomera, A.**

RESUMEN

En el año de 1980 este trabajo se realizó en la comunidad de Rancho Quemado, Municipio de Cuilapan de Guerrero, Oax. Esta comunidad se encuentra en la zona cacahuatera de los Valles Centrales de Oaxaca, donde predominan los suelos de lomerío con poca profundidad que, según los productores, son los suelos de la región más apropiados para la siembra de este cultivo.

Los objetivos del trabajo fueron: 1) Determinar el efecto que tienen la fertilización nitrogenada y fosfórica, y la densidad de población sobre el cultivo de cacahuete y 2) Generar la primera aproximación de fertilización y densidad de población en el cacahuete.

Para lograr los objetivos anteriores se estableció un experimento que se planteó tomándose en cuenta la tecnología tradicional de la región. La matriz experimental utilizada fue la Plan Puebla I para tres factores (Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población); el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones.

De acuerdo a la información obtenida, se observó que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos. Al efectuarse un nuevo análisis en el que se desglosaron los factores de estudio, se encontró significancia al efecto lineal del nitrógeno y a la densidad de población. La recomendación obtenida del presente trabajo es la 30-40-65,000 (kg de nitrógeno/ha, kg de fósforo/ha y densidad de plantas/ha respectivamente).

ABSTRACT

A rainfed field experiment on peanut crop was conducted in the summer of 1980 in Cuilapan de Guerrero, Oaxaca in order to study the effect on yield of N and P fertilizer and population density. Four rates of N fertilizer, from 20 to 60 kg per ha, four rates of P₂O₅, from 30 to 60 kg/per ha and four population densities, 60 to 75 thousand plants per ha were included, according to a Plan Puebla I experimental matrix. The experimental design was a complete randomized blocks replicated four times. Average treatment yields varied from 1.39 ton per ha in the check to 2.60 ton per ha associated with treatment 60-50-70 thousand, (N-P₂O₅ - Population density). The recommend treatment was 30-40-50 thousand.

INTRODUCCION

En la región de los Valles Centrales de Oaxaca, uno de los principales problemas que se presentan en la agricultura de temporal es la precipitación pluvial, la cual año con año se presenta en forma muy irregular y además escasa. Esto ha tenido como resultado la búsqueda de nuevos cultivos y de sistemas de cultivo en los que se reduzcan los riesgos de pérdida ocasionados por factores climáticos, principalmente la humedad.

Actualmente el cultivo de cacahuete en la región está tomando gran importancia por ser un cultivo de rotación

más resistente a la sequía, con una mayor producción por unidad de superficie y con mayor valor en el mercado que el maíz. La superficie calculada para este cultivo es de 2,965 ha, correspondientes al 2.05% de la superficie total cultivada; siendo las zonas de Zaachila y Cuilapan de Guerrero las más productoras.

El cacahuete se utiliza principalmente para la comercialización y para el consumo humano en forma directa y el follaje seco es utilizado en ocasiones como forraje para el ganado.

Este cultivo se practica principalmente en los terrenos

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D.F. 1982.

* Ingeniero Agrónomo. Técnico del Distrito Agropecuario de Temporal No. 1, Oaxaca, Oax.

** Maestro en Ciencias. Investigador del CEICADAR, Colegio de Postgraduados.

de lomerío de poca profundidad y buen drenaje y en suelos de planicie de color café rojizo de textura media en sistemas de unicultivo simple y con maíz intercalado en hileras,

En vista de que en la región de los Valles Centrales a la fecha no se ha generado información que complementa la tecnología tradicional en este cultivo, se pensó realizar el presente trabajo con los siguientes objetivos: 1). Determinar el efecto que tiene la fertilización nitrogenada y fosfórica y la densidad de población sobre el cultivo de cacahuete (*Arachis hypogaea*, L.), y 2). Generar la primera aproximación tecnológica de fertilización y/o densidad de población.

REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Esta revisión bibliográfica para su mejor comprensión y manejo se ha fraccionado en los siguientes tres puntos:

1.- Generalidades del cultivo de cacahuete.

El cultivo de cacahuete (*Arachis hypogaea*, L.) tiene gran variación en cuanto a producción por unidad de superficie, dependiendo del tipo de terreno, forma de cultivo, variedad etc., y a las condiciones de como se presente - el temporal (Soto, 1945).

Jacob y Uexkull, citados por Bretón (1972), encontraron que para obtener una cosecha de cacahuete de 1 500 kg/ha se requiere de las siguientes cantidades de nutrientes - en kg/ha. N-105, P₂O₅ - 15, K₂O - 42, Ca O - 27, MgO - 18.

El cultivo de cacahuete, además de ser más resistente a la sequía y tener un mejor precio en el mercado que el maíz, tiene bastante adaptación a climas variados, siempre y cuando el suelo reúna las condiciones favorables para su desarrollo (Diakite, 1978).

Este mismo autor menciona, que se logran buenas cosechas en regiones donde se dan los 600 m m. de precipitación, pero los mejores resultados se obtienen en lugares con precipitación pluvial de 1 000 a 200 mm. anuales.

En cuanto a clima y suelo que se requieren para este cultivo, Ochse et al (1972), menciona que el cacahuete progresa bien en un clima cálido, puesto que es susceptible a las heladas; y a diferencia de otras leguminosas, el cacahuete es muy particular en los que respecta a sus requerimientos de suelo. Este debe ser de estructura suelta, fértil, bien drenado, con alto contenido de calcio, (PH superior a 7.0), así como el fósforo y potasio.

2.- Fertilización del cultivo de cacahuete

La práctica de fertilización del cacahuete es poco corriente en el mundo, aproximadamente un 20% reciben abono mineral en forma directa. Debido a las características de su sistema radicular, de obtener en medios muy pobres los elementos minerales que necesita, el cacahuete, en sistemas de cultivo evolucionados entra en rotación con otras plantas fuertemente cultivadas, se contenta con los efectos residuales; cuando el cacahuete entra en sistemas de cultivo menos complejos y evolucionados, no puede contentarse con efectos residuales que son a menudo inexistentes y debe ser objeto de una fertilización a veces reducida a uno ó dos elementos esenciales (Guillier y Silvestre, 1970).

El cacahuete puede hacer uso del nitrógeno atmosférico ya que es una leguminosa y bajo ciertas circunstancias pueden producirse considerables aumentos en el rendimiento

por medio de la aplicación de sulfato de amonio. El ácido fosfórico fomenta la formación de los frutos y reduce la proporción de vainas vanas, no obstante que en la mayoría de los suelos la extracción de este nutriente es baja, resulta ser el fertilizante de mayor significado. El ácido fosfórico y la potasa son requeridos en la primera fase de su desarrollo, en tanto que, durante la formación del fruto el calcio en las capas superiores del suelo es de primordial importancia. (Jacob y Uexkull, citados por Bretón, 1972).

Las respuestas del cacahuete a la potasa son raras, salvo algunas excepciones y la aplicación de potasio (K) en forma de cloruro de potasio ó sulfato potásico tiene a menudo un efecto depresivo. Algunos investigadores han demostrado que la acción del K está ligada a un nivel bueno de calcio y que este desempeño, a veces el papel de factor limitativo (Guillier y Silvestre, citados por Radhenes, 1973).

Estos mismos autores mencionan que el calcio (Ca) es un elemento esencial para la formación de los granos y debe ser suministrado a las plantas en cantidades importantes entre el trigésimo y centésimo día y ello es más imperativo cuando mayor sea los granos de la variedad de cacahuete utilizada.

Itie, C., G. menciona que el exceso de nitrógeno (N), provocaría una vegetación excesiva, con una gran proporción de vainas vacías y una cosecha reducida de buen cacahuete. La aplicación de abonos completos ó de los que contienen solamente ácido fosfórico y potasa no es de recomendarse en el cultivo de cacahuete porque su empleo reduce con frecuencia la germinación. El cacahuete responde mejor al abonado indirecto aplicado a otras plantas que a la fertilización directa.

3.- Algunos trabajos relacionados con la fertilización y densidad de población del cacahuete.

El cultivo de cacahuete en condiciones de temporal requiere de una densidad de población de 110,000 plantas/ha., con una fertilización de 60 kg. de P₂O₅., aplicados a la siembra, (INIA, 1982).

García (1977), menciona que el sistema de cultivo de cacahuete solo y utilizando una densidad de población media (91,000 - 100,000 plantas/ha.) y realizando la siembra en fechas tempranas permite elevar los rendimientos.

El INIA (1982) menciona que para el cultivo de cacahuete en la región de Rosario Izapa, Chis., se debe utilizar una densidad de siembra de 20-35 kg/ha., de semilla sin cáscara, sembrada en surcos de 30 cm. de ancho y 20 cm. entre matas, utilizando una planta por mata; y la fórmula de fertilización de 40-40-00 kg/ha., de nitrógeno, fósforo y potasio al momento de la siembra sin que haga contacto con la semilla.

La distancia en que se siembran las plantas de cacahuete son variables dependiendo esta variación de acuerdo a la variedad de que se trate y la fertilidad del suelo (Soto 1945).

MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con los objetivos mencionados anteriormente se estableció un experimento en la comunidad de Rancho Quemado, Cuilapan de Gro., Oax. El sitio donde se estableció el experimento fué un terreno de ladera, de poca profundidad y de color café claro, identificados como el agrosistema II del plan Valles Centrales, Oax.

La variedad de semilla que se probó fue el criollo "Morado", el cual es muy común en la zona y fue proporcionada por el agricultor.

La preparación del terreno la realizó el agricultor cooperante en la forma tradicional, siendo esta un barbecho con tractor y 2 "rayas" con yunta.

Los factores en estudio fueron, la fertilización nitrogenada, fosfórica y la densidad de población con niveles de 20-60, 30-60 y 60-75, (kg/ha. de N, kg/ha. de P_2O_5 y miles de plantas por ha., respectivamente).

Para la obtención de los tratamientos se utilizó una matriz experimental Plan Puebla I para tres factores (N.P.D.). El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

El tamaño de la unidad experimental fue de 4 surcos de 0.60 mts. de ancho y 5 mts. de largo, siendo la parcela útil los dos surcos centrales.

Las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron: para el nitrógeno, la urea (46% N) y para el fósforo fue el superfosfato de calcio triple (46% P_2O_5) que se encuentran fácilmente en la región; la aplicación del fertilizante se hizo en forma fraccionada, un medio de nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto de nitrógeno a la primera labor.

Se realizaron dos labores de cultivo, la primera con yunta a los 30 días después de la siembra, realizando un aclareo, dejando únicamente dos plantas por matero; la segunda labor se realizó con pala a los 25 días aproximadamente después de la primera, esto con el fin de aflojar el terreno y permitir un mejor desarrollo de los "clavos".

Las plagas que más daño causaron fueron, la gallina ciega (*Phyllophaga* s.p.), gusano de alambre (*Melanotus* s.p.) diabrotica (*Diabrotica* s.p.) y chapulines (*Melanoplus* s.p.); para el control de las plagas del suelo se utilizó Volatón 2.5% a razón de 25 kg/ha., y E-605, Folimat 1,000 - E para las plagas del follaje a razón de 0.75 - 1.0 lts./ha.

La cosecha del experimento se realizó a los 175 días después de la siembra. Una vez cosechado, se realizaron análisis de varianza y análisis económico; para estimar las dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población, se empleo el método de Evaluación Económica, modificado por Laird (1976). Este método es una combinación del método de Perrin et al (1976) y el gráfico. Laird propone usar toda la metodología del análisis económico marginal de Perrin et al para todos los tratamientos del experimento, con la finalidad de encontrar el que tenga la mayor Tasa de Retorno Marginal (TRM).

El tratamiento seleccionado servirá para escoger la curva donde se determinarán Dosis Óptimas Económicas (DOE). Después estas se comparan con las Tasas de Retorno Mínimo Esperadas (TRME), las cuales son fijadas por el investigador, de acuerdo a las condiciones económicas de la región bajo estudio. En este caso se escogió una tasa de retorno para capital ilimitado del 60% y un 130% para capital limitado.

De esta manera el tratamiento seleccionado para capital ilimitado será aquel cuya tasa marginal sobrepase el valor de 60%, y el seleccionado para capital limitado deberá sobrepasar el valor de 130%.

Para la interpretación gráfica se calcularon las relaciones costo del insumo/valor del producto para ambas tasas de retorno marginal de los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población, en los cuadros 7 y 8 se presentan los costos de los insumos y valor del producto y las relaciones costo insumo/valor del producto para ambas tasas de retorno al capital.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1, se presentan los rendimientos totales y medios por tratamientos ajustados por el factor 0.8 del experimento de cacahuate.

Al realizar el análisis de varianza se encontró que existe diferencia significativa al 0.01% entre tratamientos, no habiendo diferencia significativa entre repeticiones, como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Rendimientos total y medio por tratamiento ajustado por el factor 0.8 del experimento de cacahuate.

Número	TRATAMIENTOS			RENDIMIENTOS	
	Kg / ha N	Kg / ha P_2O_5	Miles de pts / ha.	Ton / ha Total	Ton / ha Medio
1	40	40	65	8.148	2.037
2	40	40	70	9.881	2.470
3	40	50	65	7.591	1.897
4	40	50	70	9.989	2.497
5	50	40	65	6.065	1.516
6	50	60	70	8.781	2.195
7	50	50	65	7.028	1.757
8	50	50	70	7.496	1.874
9	30	40	65	7.364	1.841
10	60	50	70	10.393	2.598
11	40	30	65	6.560	1.640

Número	TRATAMIENTOS			RENDIMIENTOS	
	kg / ha N	kg / ha P ₂ O ₅	Miles de pts / ha	ton / ha Total	ton / ha Medio
12	50	60	70	8.028	2.007
13	40	40	60	5.710	1.427
14	50	50	75	7.838	1.959
15	0	0	65	5.562	1.390

Factor 0.8: Se escogió este factor en forma arbitraria, para realizar el ajuste de los rendimientos experimentales; ya que se dá un mejor manejo a nivel experimental.

Cuadro 2. Análisis de varianza del rendimiento de grano en ton/ha. del experimento de cacahuete.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	F Calculada	F 0.05	Tablas 0.01
Tratamientos	14	7.952	0.568	2.641 **	1.99	2.64
Repeticiones	3	1.719	0.573	2.665 N _s	2.83	4.29
Error	42	9.064	0.215			
Total	59	18.735				

** Significativo al 0.01% N_s - No significativo C.V. = 22.7%.

Se realizó un segundo análisis de los primeros ocho tratamientos del cubo, los cuales corresponden al arreglo factorial 2³, en que se encontró diferencia significativa al 0.05% entre repeticiones y al efecto lineal del nitrógeno y densidad de población, como se observa en el Cuadro 3.

El análisis económico al calcular los beneficios netos, se observó que el tratamiento 60-50-70 (Nitrógeno (N), Fósforo (P) y densidad de población (D), respectivamente) presenta los mayores beneficios netos, ver Cuadro 4.

Al realizar el análisis de dominación los tratamientos seleccionados fueron 7, como se observa en el Cuadro 5, mismos que sometieron al análisis marginal en donde se observa que el tratamiento 40-30-65 (N-P-D, respectivamente), presenta una tasa de retorno al capital de 221.3%, aceptable para cualquier criterio que se tome, 60% para capital ilimitado y 130 para capital limitado. Se observó que al disminuir en 10 unidades de nitrógeno y aumentar el fósforo en 10 unidades manteniendo constante la densidad de población en 65 000 plantas/ha, se encuentra la mayor tasa de retorno al capital, ver Cuadro 6.

Cuadro 3. Análisis de varianza del factorial 2³ del experimento de cacahuete.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	F Calculada	F 0.05	Tablas 0.01
Repeticiones	3	2.766	0.922	4.134 *	3.07	4.87
Tratamientos	7	3.280	0.468	2.101 N _s	2.49	3.64
Factor N	1	1.217	1.217	5.459 * _s	4.32	8.02
Factor P	1	0.019	0.019	0.008 N _s	4.32	8.02
Factor D	1	1.673	1.673	7.502 * _s	4.32	8.02
Int. NP	1	0.00	0.00	0.00 N _s	4.32	8.02
Int. ND	1	0.027	0.027	0.123 N _s	4.32	8.02
Int. PD	1	0.077	0.077	0.349 N _s	4.32	8.02
Int. NPD	1	0.267	0.267	1.197 N _s	4.32	8.02
Error	21	4.697	0.223			
Total	31	10.743				

* Significativo al 0.05% N_s = No significativo C.V. = 23.2%

Cuadro 4. Cálculo de los beneficios netos por tratamientos para el experimento del cacahuate.

No. de Tratamiento	Rend. Ajustado (Kg/ha)	Beneficio Bruto (\$12.00 Kg)	Costos		Variables		Aplic. Fertilizante	Total Costos Variables	Beneficio Neto
			N (\$8.36 Kg)	P ₂ O ₅ (\$9.71 Kg)	P ₂ O ₅	Semilla (\$15.62 millar)			
1	2037	24,444.00	342.40	388.40	1,015.30	300.00	2,046.10	22,397.90	
2	2470	29,640.00	342.40	388.40	1,093.40	300.00	2,124.20	27,515.80	
3	1897	22,764.00	342.40	485.50	1,015.30	300.00	2,143.20	20,620.80	
4	2497	29,964.00	342.40	485.50	1,093.40	300.00	2,221.30	27,742.70	
5	1516	18,192.00	428.00	388.44	1,015.30	300.00	2,151.70	16,060.30	
6	2195	26,340.00	428.00	388.44	1,093.40	300.00	2,209.80	24,123.20	
7	1757	21,084.00	428.00	485.50	1,025.00	300.00	2,228.80	18,800.55	
8	1874	22,488.00	428.00	485.50	1,093.40	300.00	2,306.90	20,181.10	
9	1841	22,092.00	256.00	388.40	1,015.30	300.00	1,960.50	20,131.50	
10	2958	31,136.00	503.60	485.50	1,093.40	300.00	2,392.50	28,783.50	
11	1640	19,680.00	342.00	291.30	1,015.30	300.00	1,949.00	17,731.00	
12	2007	24,084.00	428.00	582.60	1,093.40	300.00	2,404.00	21,680.00	
13	1427	17,124.00	342.40	388.40	937.20	300.00	1,968.00	15,156.60	
14	1959	23,508.00	428.00	485.50	1,175.50	300.00	2,385.00	21,123.00	
15	1390	16,680.00	0.00	0.00	1,015.30	0.00	1,015.30	15,664.30	

Cuadro 5. Análisis de dominancia de los tratamientos del experimento de cacahuate.

Beneficio Neto	Kg / ha N	Tratamientos		Miles de ptas / ha	Costos Variables
		Kg / ha P ₂ O ₅	Kg / ha N		
28,783.50	50	50	70	2,392.50 *	
27,742.70	40	50	70	2,221.30 *	
27,515.80	40	40	70	2,124.20 *	
24,130.30	50	40	70	2,209.80	
22,397.90	40	40	65	2,046.10 *	
21,680.00	50	60	70	2,404.00	
21,123.00	50	50	75	2,385.00	
20,620.80	40	50	65	2,143.20	
20,181.10	50	50	70	2,306.90	
20,131.50	30	40	65	1,960.50 *	
18,855.20	50	50	65	2,228.80	
17,731.00	40	30	65	1,949.00 *	
16,060.30	50	40	65	2,131.70	
15,664.70	0	0	65	1,015.30 *	
15,156.60	40	40	60	1,968.00	

* Tratamientos seleccionados.

Cuadro 6. Análisis marginal de los tratamientos del experimento de cacahuete.

Beneficio Neto	Kg/ha N	Tratamientos		Costos Variables	Incremento marginal en costos variables	Incremento marginal en beneficio neto	Tasa marginal de retorno al capital.
		kg/ha	Miles de ptas/ha				
28,783.50	60	50	70	2,392.50	171.20	1,040.80	607.90%
27,742.70	40	50	70	2,221.30	97.10	226.90	233.6 %
27,515.80	40	40	70	2,124.20	78.10	5,117.80	6,553.0 %
22,397.80	40	40	65	2,046.10	85.60	2,266.40	2,647.6 %
20,131.50	30	40	65	1,960.50	11.50	2,400.50	20,873.9 %
17,731.00	40	30	65	1,949.00	933.70	2,067.00	221.3 %
15,664.70	0	0	65	1,015.30			

* Tratamiento óptimo económico.

Cuadro 7. Costo de los insumos y valor del producto para el experimento de cacahuete.

Insumo o Producto	Unidad	Valor \$	Símbolo
Nitrógeno	Kg. de N	13.56	n
Fósforo	Kg. de P ₂ O ₅	14.71	p
Densidad de Población	Miles plantas	15.62	d
Grano	Kg.	8.60	c

Al graficar los rendimientos medios del experimento en la respuesta al nitrógeno, figura 1a, se observa un efecto positivo de su nivel más bajo a su segundo nivel, tratamientos 9/1 y un efecto negativo de su segundo a tercer nivel en los tratamientos 1/5, 2/6, 3/7. En el caso de la respuesta al fósforo, figura 1b, se observan efectos positivos de su nivel más bajo a su segundo nivel en el tratamiento 13/1 y tienden a mantenerse constante el rendimiento a la aplicación de dosis más altas de fósforo. En el caso de la densidad de población, figura 1c, se observa que al ir aumentando la densidad de población se incrementa los rendimientos en los tratamientos 13/1/2, 3/4 y 5/6.

Cuadro 8. Relaciones costo del insumo-valor del producto para dos tasas de retorno al capital.

- Relaciones costo valor para una tasa de retorno al capital de 60%.
 $\text{Costo de N} = C_n = 13.56 \times 1.60 = 21.69$
 $\text{Costo de P} = C_p = 14.71 \times 1.60 = 23.53$
 $\text{Costo de mil plantas de cacahuete} - C_{dc} = 15.62 \times 1.60 = 17.22$
 $\text{Valor de cacahuete} = C_c$
 $C_n/C_c = 21.69/8.60 = 2.52$
 $C_p/C_c = 23.53/8.60 = 2.73$
 $C_{dc}/C_c = 17.22/8.60 = 1.99$
- Relaciones costo-valor para una tasa de retorno al capital de 130%.
 $\text{Costo de N} = C_n = 13.56 \times 2.30 = 31.18$
 $\text{Costo de P} = C_p = 14.71 \times 2.30 = 33.83$
 $\text{Costo de mil plantas de cacahuete} - C_{dc} = 15.62 \times 2.30 = 35.92$
 $\text{Valor de cacahuete} = C_d$
 $C_n/C_c = 31.18/8.60 = 3.63$
 $C_{dc}/C_c = 35.92/8.60 = 4.17$

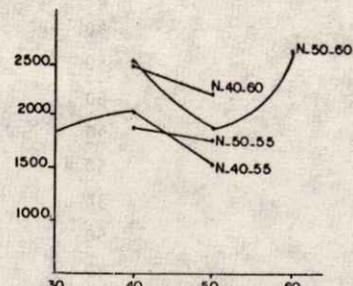


FIG. 1a RESPUESTA AL FACTOR NITROGENO

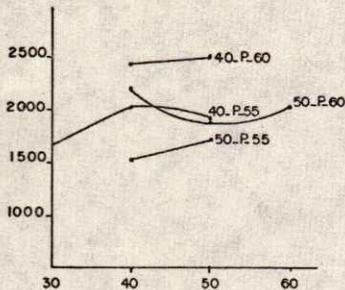


FIG. 1b RESPUESTA AL FACTOR FOSFORO

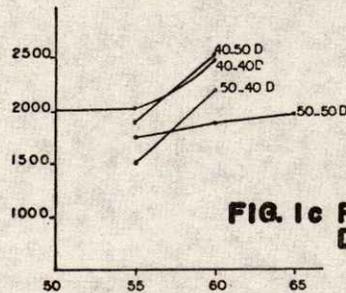


FIG. 1c RESPUESTA A LA DENSIDAD DE POBLACION

15

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos del experimento, se concluye que, para los suelos de ladera de color café claro y con poca profundidad para el cultivo de cacahuate,

se recomienda aplicar 30 kg/ha. de nitrógeno fraccionados en dos aplicaciones equitativas una al momento de la siembra acompañada de 40 kg/ha de P_2O_5 y el resto de nitrógeno en la primera labor y utilizar una densidad de población de 65 000 plantas/ha.

BIBLIOGRAFIA

- Bretón, V.V.A. 1972. Determinación de la mejor fecha de siembra del cacahuate (*Arachis hypogaea*, L.) en el Municipio del General Escobedo, N.L. Tesis Profesional E.S.A. M.N.L.
- Diakite, L. 1978. Evaluación del área de influencia del Plan Chiautla, Edo de Puebla. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- García, M.A. 1977. Informe de resultados de la estimación de rendimientos del cacahuate, en la región 71-P.I.D.E.R. Chiautla.
- Guillier, P. y Silvestre P. 1970. El cacahuate ó maní. Editorial Blume, primera edición 1970. España.
- I.N.I.A., 1976. Area de influencia del campo agrícola - experimental "Rosario Izapa", Chis. Guía para la asistencia técnica agrícola.
- I.N.I.A., 1982. Area de influencia del campo agrícola - experimental "Tecamachalco", Pue. Guía para la asistencia técnica agrícola.
- Itie, C.G. Cultivo de cacahuate. SAG. Dirección General de Agricultura, Boletín 301.
- Laird, R.J. 1976. Análisis económico de experimentos. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, México. (Mimeografiado).
- Ochse, J.J., Soule Jr M.J., Dijkman, M.J., Wehlburg C. 1972. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales, volumen II. Editorial LIMUSA-WILEY, primera reimpression 1982, México.
- Perrin, R.K., D.L. Winkelman, E.R. Moscardi y J.R. Anderson. 1976. Formulación de recomendaciones, a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de Evaluación Económico. Folleto de información Núm. 27 CIMMYT, México, D.F.
- Radhames, S.M. 1973. Influencia de 15 tratamientos fertilizantes en el cultivo de cacahuate (*Arachis hypogaea*, L.), bajo condiciones de temporal en el Valle de Huitzuco Guerrero. Tesis profesional E.S.A. Iguala, Gro.
- S.A.R.H., 1982. Programación, Presupuestación y Evaluación 1982 del Distrito Agropecuario de Temporal No. 1, Valles Centrales, Oax.
- Soto, B.I. 1945. El cultivo de cacahuate. Tesis profesional E.S.A. "Hermanos Escobar".

COMPARACION DE TRES ENFOQUES PARA GENERAR TECNOLOGIA*

Castañeda Palomero, A.*
Turrent Fernández, A.**
Zárate de Lara, G.**
Volke Haller, V.**
Peña Olvera, B.**

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la zona norte del Distrito de Tlaxiaco del Plan Mixteca Alta, región que se encuentra en la parte noroccidental del estado de Oaxaca. Este Plan inició actividades en 1975, como parte de los programas de desarrollo agrícola enmarcados dentro del modelo del Plan Puebla. Los objetivos fueron: 1) Evaluar tres de los enfoques utilizados para obtener recomendaciones de prácticas de producción. Los enfoques fueron: ecuaciones empíricas generalizadas, método CP y agrupación indiscriminada, y 2) mejorar la tecnología de producción agrícola que involucre dosis de nitrógeno, fósforo y densidad de población en el cultivo único de maíz en hileras. Para lograr los objetivos de este trabajo, se utilizó la información de 49 experimentos de campo, establecidos durante los años de 1975 a 1978, dentro del área de estudio.

En estos experimentos se estudió la respuesta del maíz de temporal y humedad residual a los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población. De los 49 sitios, se seleccionaron 10 para efectuar la evaluación de tal manera que fueron 39 ensayos utilizados para desarrollar los enfoques metodológicos. La novedad del presente trabajo, es la utilización de la Regresión Ridge para la selección de variables que integrarán las ecuaciones empíricas generalizadas y que tienen problemas de multicolinealidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que de los tres métodos evaluados el que tiene mayor precisión en las recomendaciones es el método CP, lo siguen las ecuaciones empíricas generalizadas y el más impreciso fue la agrupación indiscriminada. Considerando los resultados de la evaluación, se sugiere que en el Plan Mixteca Alta se utilice el enfoque de agrosistemas.

ABSTRACT

Fortynine maize field experiments were conducted in the Plan Mixteca Alta between 1975 and 1978 with the objective of designing production technology for maize that involved nitrogen and phosphorus fertilizer and population density. Three methods for designing technology were compared (1) and empirical yield equation, (2) the CP stratification method, (3) the nondiscriminatory grouping. The Ridge regression technique was used as an independent variable selection procedure for the empirical yield equation. Thirtynine field experiments were used for technology design according to the three methods while the remaining 10 were used for the evaluation of precision of the recommended technology. Precision was defined as the standard deviation of discrepancies between the recommended and the optimum observed treatment in the 10 selected sites. The CP method was the most precise method for designing production technology, followed by the empirical yield equation. Standard deviation of discrepancies for nitrogen were +27.8, +32.1 and +46.7 Kg per ha for the CP method, the empirical yield equation and the nondiscriminatory grouping.

INTRODUCCION

Las regiones donde se practica la agricultura de temporal se distribuyen en toda la República Mexicana. Una de estas regiones es el área de influencia del Plan Mixteca Alta de donde se obtuvo la información para realizar el presente trabajo. Este Plan fue iniciado en 1975 como parte de los programas de desarrollo enmarcado dentro del modelo del Plan Puebla.

Los agricultores del Plan Mixteca Alta presentan restricciones de tierra y capital, y un uso ineficiente de insumos tecnológicos originando que sus niveles de rendimiento por unidad de superficie sean bajos. Para incrementar la productividad de estos pequeños productores, una alternativa prometedora es el uso de tecnologías mejoradas de producción.

Al generar mejores técnicas hay que considerar que la

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

* Maestro en Ciencias. Investigador Docente, Colegio de Postgraduados.

** Doctor en Ciencias. Profesor Investigador Titular, Colegio de Postgraduados.

factibilidad de la aceptación de las recomendaciones por parte de los agricultores está estrechamente relacionada con el grado de precisión de las mismas. Lo anterior sugiere, que en el proceso de generación de tecnología de producción agrícola para los campesinos, se deben de tomar en cuenta los recursos que disponen y sus metas de producción, de tal forma que esta tecnología sea de precisión aceptable y adecuada a los sistemas de producción locales.

Con la idea de que existe diferencia entre algunos enfoques metodológicos, en términos de su precisión para generar tecnología, los objetivos del presente trabajo son:

1. Evaluar la capacidad de diagnóstico de tres enfoques metodológicos para generar tecnología, que involucre, dosis de fertilizantes y densidad de población en el cultivo único de maíz en hileras, y
2. Mejorar la tecnología de producción de este sistema de cultivo. Los enfoques evaluados fueron: a) Agrupación Indiscriminada, b) Agrupación por Agrosistemas utilizando el método CP y c) Ecuaciones Empíricas Generalizadas. En este último enfoque se pretende continuar con los estudios de Estrella (1973), Villalpando (1975), Cortés (1975), Zárate (1976) y Volke (1977) entre otros, sobre procedimientos en la selección de variables independientes con problemas de multicolinealidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Agrupación Indiscriminada (AI)

Sobre este procedimiento Turrent (1976) menciona que los resultados de los experimentos sobre espacio (distribución geográfica) y sobre tiempo (ciclos agrícolas) de una región agrícola, se agrupan de una sola manera, sin intentar estratificar por condiciones de producción. A partir de este único grupo, se integra una sola tecnología de producción para la región, que puede ser el promedio de las tecnologías óptimas de los experimentos individuales, o la moda o alguna solución de tipo conservador.

A este enfoque, Laird (1977) lo identifica como recomendaciones generales, que consiste básicamente en realizar ensayos de campo en sitios dentro de cada región de interés, y definir recomendaciones generales basadas en la respuesta media de los cultivos que se atienden en los sitios experimentales.

Agrupación por agrosistemas (AA)

Para mejorar la tecnología de producción en una área dada habría que enfrentarse al problema del entendimiento de la variabilidad ecológica local. En México existe una corriente encabezada por Laird, (Arvizu y Laird, (1958) y Turrent (1978) con la idea de que es posible zonificar en áreas relativamente homogéneas toda la variación del ambiente regional, desarrollando el enfoque de agrosistema.

El concepto de agrosistema se deriva de las ideas y trabajos previos de Hans Jenny citado por Turrent (1978), así como de los dos autores anteriormente nombrados. En 1941 Jenny describió el fenómeno de la producción de un cultivo como a un sistema en el que operaba la ley natural: Rendimiento = $f(\text{clima, planta, suelo y manejo})$. Definiendo al sistema de producción como un cultivo en el que los factores clima y manejo eran prácticamente constantes.

A partir de esta definición, fueron apareciendo otras con pequeñas modificaciones hasta obtener la más reciente: "Un agrosistema de una región agrícola, es una parte del universo de producción de un cultivo, en el que los factores de diagnóstico fluctúan dentro de un ámbito establecido por conveniencia", (Turrent, 1979).

Un caso típico en el uso de agrosistemas es el Plan Puebla, CIMMYT (1969) que, inició su investigación agrónoma en 1967, obteniendo en el primer año una recomendación general para toda el área que fluctuaba de acuerdo a las condiciones económicas del campesino. A partir de 1968 se reconocieron dos sistemas de producción en base a diferencias de génesis y morfología del suelo y para 1972 ya tenían identificados 16 agrosistemas, (CIMMYT, 1974).

Investigadores como Villalpando (1975), Cortés (1975) y Zárate (1976) entre otros, trabajaron en su tesis de maestría en ciencias con el concepto de sistemas de producción, diseñándolos con criterio agrónomo. Recientemente Turrent (1979) desarrolló el método CP, que es un procedimiento para diseñar agrosistemas, que se caracteriza por su fácil manejo y no necesita de instalaciones de cómputo electrónico.

Ruíz (1979) realizó un trabajo en la región de los Valles Centrales de Oaxaca empleando el método CP para diagnóstico de agrosistemas. Al relacionar el rendimiento y las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de población con los factores de sitios, encontró que el factor sequía y pendiente del terreno son responsables del rendimiento. El factor sequía afectó a las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo, en tanto que la densidad de población óptima económica no se vio afectada por ninguno de los factores considerados; concluyendo que la sequía y pendiente del terreno, son factores de diagnóstico en la definición de agrosistemas.

Ecuaciones Empíricas Generalizadas (EEG)

Según Laird (1977), este es el enfoque para estimar recomendaciones más nuevo (actualmente está a nivel de investigación), más experimental y, en opinión de algunos investigadores agrónomos, más prometedor, y es reconocido también con el nombre de Funciones Generalizadas de Producción.

Turrent (1976) menciona que el procedimiento de las ecuaciones empíricas generalizadas, consiste en combinar la información total que viene de los métodos de campo y la laboratorio, en una expresión matemática que describa de manera aproximada la respuesta del cultivar a los factores modificables e inmodificables pertinentes en la región. Cortés (1975) y Zárate (1976) trabajando respectivamente en la Sierra Tarasca, Mich., y el Istmo de Tehuantepec, Oax., han contribuido con sus investigación en mejorar las metodologías para obtener ecuaciones empíricas generalizadas. El primer autor hizo comparaciones de procedimientos de regresión; el segundo demostró que eliminando variables que presentan problemas de intercorrelación (reducir la multicolinealidad), las ecuaciones empíricas generalizadas aumentaron su precisión en cuanto a la recomendación de fertilizantes.

Selección de variables con problemas de multicolinealidad.

Uno de los principales problemas metodológicos a los que se enfrenta el enfoque de las EEG es la selección de variables con problemas de multicolinealidad. Con el propósito de encontrar nuevos y mejores caminos en la selección de variables con problemas de multicolinealidad. Con el propósito de encontrar nuevos y mejores caminos en la selección de variables en el presente trabajo se

Artículos Científicos División III

están empleando métodos alternos para su selección. A continuación se presentan algunos aspectos teóricos sobre estos métodos alternos.

Es importante conocer cuando la multicolinealidad está presente y estar consciente de sus posibles consecuencias. Se recomienda que el investigador se muestre extremadamente cauteloso en todas o algunas, conclusiones basadas en los análisis de regresión con presencia de multicolinealidad.

El problema de la multicolinealidad ha motivado que algunos autores propongan estimadores alternos al de mínimos cuadrados, que compensen de alguna forma la correlación existente entre las columnas de X. Entre estos estimadores tenemos el de Hoerl y Kennard (1970) los cuales sugieren estimar a β usando:

$$b(k) = [(X'X + KI)]^{-1} X'Y$$

donde K es una constante mayor que cero. Este estimador se conoce como la Regresión Ridge. Hoerl y Kennard (1970) mostraron que siempre existe $K > 0$ tal, que la varianza de b_i es mayor que la varianza de $b_i(k)$ más su sesgo al cuadrado.

La regresión Ridge tiene dos aspectos fundamentales: (a) La gráfica de Ridge. Si se construye una gráfica de los $b_i(k)$ para cada valor de K, ésta sirve para mostrar las complejas interrelaciones entre los vectores de predicción ortogonales y su efecto en la estimación de β ; y b) La determinación de un valor de K que produzca un estimador estable de β . La gráfica de Ridge proporciona criterios para seleccionar variables.

Finalmente se puede decir, que una de las formas prácticas de detectar presencia de multicolinealidad es observando las raíces características de $X'X$. Al respecto Chatterjee y Price (1974) mencionan que valores menores de 0.01 indican que existe multicolinealidad entre variables. Otro criterio consiste en sumar las recíprocas de las raíces características y observar si el valor de la misma es mayor que cinco veces el número de las variables si éste último ocurre tendremos presente multicolinealidad.

Trabajos seleccionados con la comparación de los enfoques metodológicos para generar tecnología.

Sobre evaluaciones de economía y precisión de cuatro métodos de diagnóstico, Villalpando (1975) presenta un orden correspondiente a los métodos con menor costo y mayor precisión: Agrupación por Agrosistemas, Agrupación Indiscriminada, Ecuaciones empíricas Generalizadas y Método de Fertilidad.

Zárate (1976) en el Sur del Istmo de Tehuantepec, Oax. al evaluar cuatro métodos de diagnóstico, establece que el método que resultó con la mayor precisión para obtener recomendaciones fue el de las Ecuaciones Empíricas Generalizadas, siguiéndole en orden descendente los métodos: Agrupación por Agrosistemas, Agrupación Indiscriminada y finalmente el de Fertilidad. Respecto al costo y operabilidad cita que Agrupación Indiscriminada y Agrupación por Agrosistemas son los más baratos y sencillos.

Volke (1977) en el Plan Puebla, encontró que el modelo de agrosistemas dió mayor precisión en las óptimas económicas que el modelo de una recomendación promedio para la región.

MATERIALES Y METODOS

Establecimiento y conducción de experimentos

Para lograr los objetivos del presente trabajo, se tomó la información de 49 experimentos de maíz de temporal y humedad residual, en los cuales se estudió la respuesta del cultivo a los factores de parcela (fertilización nitrogenada y fosfórica, y densidad de plantas), en función de los factores de sitio (suelo, clima y manejo).

Los ensayos forman parte de un grupo de experimentos establecidos en el Plan Mixteca Alta, Oaxaca durante los años de 1975 a 1978.

La matriz experimental utilizada fue la Plan Puebla I y la distribución de los tratamientos en el terreno se hizo de acuerdo al diseño experimental de bloques al azar con 3 a 6 repeticiones. Previo al establecimiento de los experimentos se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm.

Factores considerados en el presente estudio.

Los factores a estudiar se clasificaron en factores de parcela y factores de sitio, dependiendo si estaban medidos a nivel de parcela o del sitio experimental. La lista de factores se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores de Parcela y de Sitio Utilizados

FACTORES	Continuación Factores
a. <u>DE PARCELA</u>	Arcilla Color de suelo
Nitrógeno Fósforo Densidad de Población	b.3 <u>DE SUPERFICIE</u> Pendiente del sitio Forma de la pendiente Drenaje superficial Altura sobre el nivel del mar
b. <u>DE SITIO</u>	b.4 <u>DE CLIMA</u> Índice de sequía
b.1 <u>QUÍMICOS DEL SUELO</u>	b.5 <u>DE MANEJO</u> Régimen de humedad Fecha de siembra Fecha de segunda fertilización Fecha del 75% de espigas Fecha del 75% de jilotes Daño por pudrición
Nitrógeno total Fósforo asimilable Potasio intercambiable Magnesio intercambiable Capacidad de intercambio catiónico Materia orgánica pH Conductividad eléctrica	
b.2 <u>FÍSICOS DEL SUELO</u>	
Profundidad del suelo Densidad aparente Arena Limo	

Procesamiento estadístico.

Se practicó un análisis de varianza al rendimiento comercial con el fin de estimar la varianza del error y para obtener los promedios de rendimiento por tratamiento. Los análisis de regresión se efectuaron en base a las técnicas de Regresión Progresiva Modificada (RPM) o "Stepwise" y Regresión no-lineal (Draper y Smith, 1966).

Análisis económico

El criterio económico utilizado para obtener la optimización de los insumos variables fue el de capital ilimitado (maximización de la utilidad para unidad de superficie).

Para optimizar los insumos (Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Densidad de Población (D)) se utilizó el procedimiento de cálculo de Martínez Garza (1971) aplicado a cada una de las ecuaciones de regresión, obteniendo las Dosis Óptimas Económicas (DOE) de cada uno de los 49 experimentos. A estas fórmulas de producción se les dominó "DOE observadas".

Los enfoques metodológicos

De los 49 experimentos originales, se seleccionaron 10 de ellos para efectuar la evaluación de los tres enfoques, metodológicos de tal manera que sólo participaron 39 experimentos en el cálculo de los enfoques metodológicos estudiados.

Agrupación indiscriminada

El procedimiento de este enfoque consistió únicamente en promediar los DOE de N, P y D de los 39 sitios experimentales; identificándoseles como "DOE calculadas" por este enfoque.

Agrupación por Agrosistemas

El método CP para definir agrosistemas consiste en asociar la variación de dosis óptimas económicas, rendimientos testigos, máximos, medios, potenciales, etc. con la variación de aquellos factores (climáticos, propiedades del suelo, manejo del terreno, etc.) medidos a nivel de sitio experimental, con procedimientos que permiten hacer pruebas de hipótesis para rechazar o no la asociación.

Los parámetros agronómicos utilizados en este estudio fueron: DOE de N, P y D, y rendimiento medio (RM). Se consideró conveniente no seguir describiendo la metodología del CP en vista de que Turrent (1979) la desarrolla amplia y claramente.

Ecuaciones empíricas generalizadas.

Para el cálculo de la EEG se emplearon los siguientes tres procedimientos metodológicos: 1) el método de tres etapas modificado por Zárate (1976), 2) el método anterior hasta la segunda etapa, y en la tercera se empleó el trazo Ridge para la selección de variables, y 3) cálculo de una EEG en base a los factores de parcela únicamente. Tomando en cuenta que el procedimiento de tres etapas modificado por Zárate (1976), lo detalla ampliamente este autor, se pensó en no escribir su metodología para dejar espacio a la explicación de la selección de variables usando la técnica ridge.

A continuación se describen los pasos necesarios para explicar la metodología.

- Obtención de $X'X$ en forma de matriz de correlaciones
- Cálculo de las raíces características de la matriz de correlaciones para detectar multicolinealidad.

Se procede a obtener la descomposición singular de $X'X$ de tal forma que: $X'X = V\Lambda V'$ donde V_1, V_2, \dots, V_m contiene los vectores característicos y $\Lambda =$ diagonal ($\lambda_1 > \lambda_2 > \dots, \lambda_m > 0$) contiene las raíces características de $X'X$. Se observa que las raíces características y se determina si está presente o no la multicolinealidad de

acuerdo al criterio de Chatterjee y Price (1974) mencionada en la Revisión Bibliográfica. Una vez detectada la multicolinealidad se selecciona el nuevo grupo de variables.

- Obtención del estimador Ridge para valores de K (0,1)

Los estimadores en términos matriciales están dados por:

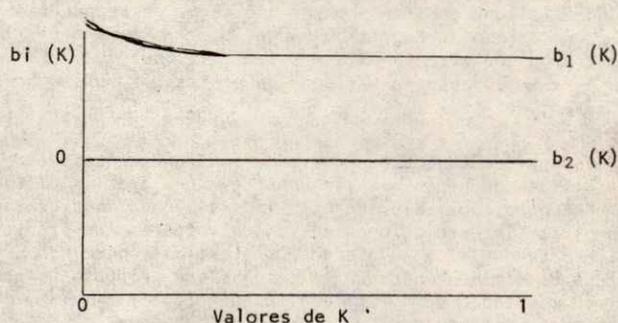
$$\underline{b}(K) = [\underline{X}'X + K\underline{I}]^{-1} \underline{X}'\underline{Y}$$

donde \underline{Y} es un vector de observaciones (en este caso rendimiento de maíz) el cual se estandarizó.

- Selección de variables usando el trazo ridge.

La gráfica se construye colocando en el eje de las abscisas los valores de $b_i(K)$ que varían entre cero y uno, y en el de las ordenadas los valores de $b_i(K)$.

La regla de decisión que se seguirá para eliminar una variable, se ilustra en la siguiente gráfica



La regla es, si un $b_i(K)$ tiende a cero cuando K aumenta de tamaño, la correspondiente variable se elimina. Así por ejemplo, en la anterior gráfica el coeficiente $b_2(K)$ tiende a cero cuando K aumenta y por lo tanto la variable X_2 debe ser eliminada. Sin embargo, dado que $b_1(K)$ no tiende a cero cuando K aumenta, X_1 no deberá ser eliminada.

- Selección del valor de K .

Se busca aquel valor de K para el cual los valores de todos los $b_i(K)$ de las variables seleccionadas no muestran cambios bruscos, es decir, cuando el trazo ridge se empieza a estabilizar se observa que valor tiene K y ese será el seleccionado. En caso de que los $b_i(K)$ se comporten estables en toda la escala del parámetro K , el valor considerado para éste será de cero.

- Cálculo de las EEG con regresión ridge.

Con el nuevo grupo de variables y el valor de K seleccionado se estiman los EEG. Los estimadores ridge se calculan de la misma forma que en el paso (c), con la diferencia de que en éste se utilizaron los valores originales de las variables seleccionadas y el valor de K seleccionado, quedando

$$\underline{b}(K) = [\underline{X}'X + K\underline{I}]^{-1} \underline{X}'\underline{Y}$$

Cuando el parámetro K tiene valor de cero, los estimadores de regresión ridge son iguales a los mínimos cuadrados, cuyos términos matriciales son: $\underline{b} = [\underline{X}'\underline{X}]^{-1} \underline{X}'\underline{Y}$

Evaluación de los tres enfoques metodológicos.

Con la idea de que la evaluación de los tres enfoques me

Artículos Científicos División III

todológicos tuviera más crédito, ésta se hizo sobre los 10 experimentos que no intervinieron en estos enfoques. Los parámetros agronómicos utilizados como criterio de evaluación son: DOE de fertilizantes nitrogenados, fósforo rico y de densidad de población.

A las DOE de nitrógeno, fósforo y densidad de población obtenidas por un enfoque metodológico dado para cada uno de los 10 experimentos, se denominó "DOE calculadas" y fueron comparadas con las DOE observadas de esos mismos experimentos. El mejor método para generar tecnología sería aquel que condujera a la menor discrepancia entre los parámetros calculados y los observados.

DISCUSION

Resultados del Método de Agrupación Indiscriminada.

Se promediaron los DOE de N, P y D de los 39 experimentos obteniéndose así la DOE calculada por este método. Esta DOE fue de 77-10-47,000(kg de N, P y plantas/ha respectivamente).

Resultados de la Agrupación por Agrosistemas.

Los factores de sitio que se asociaron con los parámetros agronómicos, fueron: régimen de humedad, profundidad del suelo, color del suelo, materia orgánica, arcilla y potasio intercambiable. Considerando estos factores de sitio, se obtuvieron las DOE calculadas para los 10 experimentos.

Los Resultados de las Ecuaciones Emféricas Generalizadas.

Se generan 8 EEG con las siguientes características:

- EEG # 1 Sin corrección por intercorrelación.
- EEG # 2 Eliminación de variables con $r > 0.80$ de intercorrelación.
- EEG # 3 Eliminación de variables con $r > 0.60$ de intercorrelación.
- EEG # 4 Eliminación de variables con $r > 0.40$ de intercorrelación.
- EEG # 5 Selección de variables empleando la técnica ridge (con 19 variables)
- EEG # 6 Selección de variables empleando la técnica ridge (con 18 variables).
- EEG # 7 Selección de variables empleando la técnica ridge (con 21 variables).
- EEG # 8 Obtenida con las variables de parcela, sin considerar las de sitio.

A las 7 primeras EEG se les sustituyeron los factores de sitio por sus valores correspondientes a cada uno de los 10 experimentos, obteniéndose varias ecuaciones cuyas incógnitas serían los factores de parcela. A estas ecuaciones de regresión y a la EEG # 8 se les aplicó el método de Martínez Garza para obtener las DOE calculadas de i -avo sitio experimental y la j -ava EEG.

Discusión de la Evaluación de los tres enfoques.

Se calcularon los valores medios (MD) de las desviaciones y la desviación standar (DED) de las discrepancias entre las DOE calculadas y las DOE observadas para cada uno de los 10 experimentos y en los tres enfoques.

Con las MD y la DED se procedió a comparar el grado de precisión de los tres enfoques metodológicos. En el Cuadro 2 se presentan las MD y las DED de los parámetros agronómicos: DOE de N, P y D según los tres enfoques.

Cuadro 2. Discrepancias entre los Parámetros Observados y Calculados de los tres Enfoques Metodológicos para Generar Tecnología.

Enfoque Metodológico	PARAMETROS AGRONOMICOS					
	N KG/HA		FOSFORO KG/HA		DP MILES/HA	
	MD	DED	MD	DED	MD	DED
Ecuaciones empíricas generalizadas						
EEG # 1	10.0	+44.96	-7.5	+23.71	0.9	+16.00
EEG # 2	4.5	+55.10	-22.5	+36.91	-5.5	+13.63
EEG # 3	7.5	+45.00	-30.0	+39.37	-3.0	+11.83
EEG # 4	9.5	+32.10	-15.0	+31.62	-1.7	+17.48
EEG # 5	0.0	+65.19	-4.5	+37.44	-1.3	+19.48
EEG # 6	-20.0	+34.88	-21.0	+34.78	6.1	+12.71
EEG # 7	-8.5	+47.31	-64.5	+25.54	-10.7	+10.96
EEG # 8	-19.0	+46.71	-42.5	+23.71	21.7	+14.81
Método CP	-8.4	+27.80	3.9	+21.30	1.5	+15.80
Método Indiscriminado	-1.0	+46.71	-2.5	+23.71	1.3	+16.36

a) DOE de nitrógeno: Se aprecia en este Cuadro que las EEG # 6,7,8, el método CP y el método indiscriminado sobreestiman las necesidades de nitrógeno, sucediendo lo contrario en las primeras cuatro ecuaciones que las subestimaron, en tanto que la EEG # 5 fue "imparcial".

Con respecto a la impresión, se observa que el método que mejor estimó las DOE de N fue el método CP con + 27.80 kg/ha. siguiéndole en orden decreciente el método de EEG con las ecuaciones # 3,6,1 y 3 con + 32.10, +34.88+44.96 y +45,000 Kg/ha respectivamente y al último el método indiscriminado con + 45,000 Kg/ha que es igual a la EEG#8, pero mejor que las EEG # 2,5 y 7 que tuvieron una DED de + 55.10 +65.19 y +47.31 Kg/ha respectivamente.

b) DOE de fósforo: Se observa en el Cuadro 2 que las medidas de las discrepancias de todas las EEG y método indiscriminado presentan signos negativos, indicándonos la sobreestimación las dosis de fertilización fosfórica. En el método CP ocurrió lo contrario.

El método que mostró mayor precisión fue el CP, con +21.3 kg/ha; los métodos de ecuaciones empíricas generalizadas, (EEG # 1 y 8) e indiscriminado se comportaron iguales en precisión con un calor de +23.71 Kg de fósforo.

c) DOE de densidad de población: En el mismo Cuadro 2 se presentan los valores de la MD y la DED para este parámetro. Se aprecia que las EEG # 1 y 6, el método CP y el indiscriminado subestiman las DOE de densidad de población, mientras que el resto de las ecuaciones las sobreestiman.

Las EEG # 7,3,6 y 2 obtuvieron DED con valores de +11.83 +12.71 y +13.63 miles de pl/ha respectivamente, consiguiendo rebasar en precisión al método CP e indiscriminado que presentan los valores de +15.80 y 16.36 respectivamente.

CONCLUSIONES

Se concluye que sí existe diferencia entre los tres enfoques evaluados, el orden en precisión es el siguiente:

- 1o.) Método CP; 2o.) Ecuaciones Emféricas Generalizadas,

(EEG # 6 con selección de variables con problemas de multicolinealidad utilizando la técnica de regresión ridge) y 3o.) Agrupación Indiscriminada. En vista de que la

agrupación por agrosistemas (Método CP) fue el mejor, se generó tecnología de producción para cada agrosistema de la región estudiada.

BIBLIOGRAFIA

- Arvizu, R.Z. y R.J. Laird, 1958. Fertilización de trigo en el Valle del Yaqui. Folleto Técnico No.26.0EE SAG, México.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1969. El Proyecto Puebla 1967-1969. Avances de un programa para aumentar los rendimientos de maíz entre pequeños productores. CIMMYT, México, D.F.
- _____. 1974. El Plan Puebla: Siete años de experiencia 1967-1973. El Batán, México.
- Cortés, F.J.I. 1975. Diseño de recomendaciones prácticas de fertilización y de densidad de población, en maíz de temporal para varias condiciones de producción en la Sierra Tarasca. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- Chatterjee, S. y B. Price. 1974. Regresión analysis by example. Ed. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Draper, N.R. y H. Smith. 1966. Applied Regression Analysis. New York, London, Sydney. John Wiley and Sons, Inc. pp. 134-145.
- Estrella Ch. N. 1973. Relaciones empíricas entre el rendimiento del maíz de temporal y algunos factores ambientales en la región de Chalco-Amecameca. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- Hoerl, A.E. y R.W. Kennard. 1970. Ridge Regression. Applications to nonorthogonal problems. Technometrics. 12: 55-67, 69-82.
- Laird, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Rama de Suelos del Colegio de Postgraduados. ENA, Chapingo, México.
- Martínez, G.A. 1971. Aspectos Económicos del Diseño y Análisis de Experimentos. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- Ruíz, V.J. 1979. Dosis de fertilizantes y densidad de población para maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis Profesional, especialista en Suelos. UACH, México.
- Turrent, F.A. 1976. El registro de observaciones durante el desarrollo de un experimento de productividad. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas No.2. Rama de Suelos. C.P., Chapingo, Méx.
- Turrent, F. A. 1978. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas No. 3. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Turrent, F. A. 1979. El método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas No 8. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Villalpando, J.F. 1975. Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas del rendimiento en una región agrícola, para uso en un diagnóstico. Tesis de M.C. C.P. Chapingo, México
- Volke, H.V. 1977. Generación de Tecnología para agricultura de Temporal y subsistencia: El caso del maíz en la región del Plan Puebla. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.
- Zárate, R. 1976. Una modificación al método de tres etapas para obtener la ecuación empírica generalizada del rendimiento del maíz para la región Sur del Istmo de Tehuantepec. Oax. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA DE PRODUCCION Y ANALISIS ECONOMICO DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION CAMPESINA, EN SANTA MARIA AJOLOAPAN, ESTADO DE MEXICO*

David Pájaro Huertas*
Heriberto Cuanalo de la Cerda**

RESUMEN

Se realizó una encuesta en la comunidad de Sta. María Ajolapan, México, con la finalidad de describir y hacer el análisis económico de los diferentes procesos productivos manejados por las unidades de producción y para describir la tecnología de producción de los principales procesos productivos o subsistemas de producción. Se usó la técnica del "observador-participante", permaneciendo en la comunidad desde noviembre de 1980 hasta agosto de 1981. Los pasos metodológicos fueron (1) introducción a la comunidad, (2) selección de informantes, (3) captura y organización de la información, (4) análisis económico, definición de subsistemas y descripción, y análisis económico de la tecnología de producción. Las 80 unidades de producción identificadas son del tipo agropecuario, apoyadas con trabajo extrafinca. Se concluyó que (1) la estructura de la unidad de producción es diferente para cada uno de los estratos socioeconómicos; (2) las unidades no son autosuficientes en cuanto a sus actividades intrafinca, y deben obtener ingresos extrafinca.

ABSTRACT

A survey was conducted in Sta. Maria Ajolapan, Méx., in order to describe and to make the economic analysis of the several production processes of the producing units. The technique "participating-observer" was used when interviewing, so that the project staff remained in the village from November 1980 through August 1981. The methodology followed was (1) meeting the authorities in the village and explaining the project (2) selecting informers, (3) collecting and organizing the information, (4) making the economic analysis, defining production subsystems and describing the production technology. The 80 interviewed producing units are devoted to animal and plant husbandries, with off farm activities. It was concluded that (1) the structure of the farm units is quite complex with extensive interaction between their subsystems; (2) production technologies differ widely between social and economic strata, (3) producing units are not selfsufficient as for income and must rely on off farm activities to round up their income.

INTRODUCCION

A pesar de la rápida emigración que se ha presentado en los últimos años del campo a las ciudades, la mayor parte de la humanidad aún vive en áreas rurales y depende del uso de tecnologías primitivas para producir lo necesario para ganarse la vida con un pedazo de tierra relativamente pequeño.

Algunos centros de investigación a nivel internacional (CATIE en Turrialba, Costa Rica; ITTA en Ibadán, Nigeria; IRRI en Filipinas) han encontrado que, en vista de la situación real se ven obligados a ampliar sus programas de investigación que incluyan cultivos perennes como árboles, animales y aún producción de madera para combustible. Es decir, que abarquen sistemas completos de producción agropecuaria.

Al irse comprendiendo mejor la variedad de necesidades, posibilidades y actividades actuales de los minifundistas, aumenta la complejidad de los problemas que se presentan para ser solucionados, y esto hace surgir la interrogante: ¿Cómo, podrán los técnicos manejar simultáneamente todas las variables y hacer mejoras sistemáticas? La complejidad de los sistemas de producción rural, tomados como un todo, es de tal magnitud, que no existe por el momento ningún modelo de investigación científica que pueda abarcar todos los factores biológicos y sociales involucrados en dichos sistemas, por lo que es necesario diseñar nuevas metodologías de investigación.

Tomando en cuenta que en el caso de México la evidencia empírica es pobre en relación hacia la determinación de la forma en que influye el medio ambiente fisicobiótico y socioeconómico en la forma de integrarse a las activi-

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

* Ingeniero Agrónomo. Estudiante Postgraduados, Colegio de Postgraduados

** Doctor en Ciencias. Profesor Investigador Titular, Colegio de Postgraduados.

dades productivas con respecto a las unidades de producción campesina, se realizó el presente trabajo con la finalidad de efectuar la descripción y el análisis económico de los diferentes procesos productivos manejados por un núcleo central o unidad de producción; así como describir la tecnología de producción de los principales procesos productivos o subsistemas de producción.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes sobre la unidad de producción.

En la mayor parte de los países, desarrollados o en desarrollo, la unidad básica de producción agrícola es la granja familiar (Weitz, 1973), las granjas pequeñas en especial son fuentes primordiales de proteína animal y de vegetales.

La granja moderna de los países desarrollados no comenzó a existir de la noche a la mañana. Se trata de la última etapa de un proceso de evolución que ha seguido muy de cerca a las etapas de desarrollo económico y social de esos países. En este proceso de evolución, la agricultura ha pasado a través de dos grandes etapas; la de subsistencia y la diversificada o mixta, y está ahora en una tercera etapa, la especializada, (Cuadro 1).

En la agricultura tradicional de subsistencia, el producto y el consumo son casi idénticos y los cultivos principales por lo general, trigo, cebada, sorgo, arroz y maíz constituyen la principal fuente de insumo calórico (Scribshaw y Taylor). El producto y la productividad son bajos y las herramientas simples. La inversión de capital es ínfima, siendo la tierra y la mano de obra los factores clave de la producción.

La diversificación o agricultura mixta representa el primer paso tendiente a salir de la fase de subsistencia, esto constituye una manera eficiente de eliminar la desocupación encubierta que es característica de la agricultura de subsistencia.

El trabajo se distribuye más uniformemente a lo largo de todo el año, de modo que la mano de obra que hasta ahora no era utilizada al máximo, adquiere más valor.

La granja especializada es la fase más adelantada en el desarrollo de la finca individual. El objetivo no es ya la de obtener alimentos para la familiar y mercadear los excedentes, sino ganar dinero sacando el mayor provecho posible a los recursos naturales o artificiales. A partir de este momento, en la utilización de los recursos se hace hincapié no ya en la tierra, agua y trabajo; el capital, la tecnología y la investigación pasan a desempeñar un papel destacado.

La transformación de una fase a otra es un progreso gradual que se va realizando en forma imperceptible a lo largo de un período de tiempo, sin que exista una demarcación neta entre ellas. Los tipos de granjas pueden existir en un mismo país, si bien es cierto que uno predomina y los otros son marginales.

En los países en desarrollo, el problema de organización óptima de las unidades de producción viene complicado aún más por un factor de carácter humano; el anhelo general de poseer tierra y el deseo de los campesinos de operar sus propias granjas. El feñaj del Medio Oriente, el campesino de América Latina, el labrador de Sudeste de Asia, cada uno de ellos requiere obtener su propia granja, a la que considera la realización de sus esperanzas y aspiraciones.

Cuadro 1. Características distintivas de las tres fases de evolución de la granja*

CARACTERÍSTICA	SUBSISTENCIA	MIXTA	ESPECIALIZADA
Composición del producto	Un alimento esencial dominante y cultivos auxiliares	Diversificada	Un cultivo dominante y cultivos auxiliares
Objetivo de la producción	Abastecimiento doméstico	Doméstico y abastecimiento del mercado	Solamente mercado
Programa de trabajo	Estacional	Balanceo	Estacional
Inversión de capital	Escasa	Media	Grande
Ingreso	Escaso	Medio	Elevado
Seguridad del ingreso	Alta	Alta	Escasa
Razón ingreso/valor del producto	Alta	Aproximadamente 1/2	Baja
Conocimientos profesionales del granjero	Pocos y especializados	Medianos y diversos	Muchos y especializados
Dependencia de un sistema de soporte	Ninguna	Parcial	Total

*Tomado de Weitz, R. 1971. "De campesino a agricultor". Traducción de F. Guillón. G.C.E., pp.34.

El estudio de las unidades de producción en México.

La política en materia agraria ha relegado por años a segundo plano a la agricultura tradicional y se ha dirigido hacia la agricultura de riego, de tal modo que mientras que ésta última se ha visto beneficiada por el crédito, las inversiones, la investigación científica y por la tecnología, las zonas de temporal tuvieron su dinámica propia registrando transformaciones poco significativas por lo que respecta a la dinámica de conjunto de todo el sector agropecuario.

Sin embargo la tendencia actual al desarrollo rural a través de la inversión pública es un complemento del proceso de reforma agraria. No obstante, los programas de desarrollo rural se han hallado con múltiples limitaciones para su extensa y adecuada acción. En primer término, un desconocimiento generalizado de la estructura interna de la economía campesina, inmersa en las zonas con agricultura tradicional ha impedido que, por ejemplo, las innovaciones tecnológicas tengan una amplia aceptación.

Ante la diversidad de formas productivas campesinas es posible plantear que es necesario implementar estudios regionales en puntos estratégicos del país para ir construyendo sus variables e indicadores.

En México, Cruz Huesca (1977), realiza un estudio de las unidades de producción campesina, que consiste en una ca

racterización de la economía campesina desde tres puntos de vista: económico, político y social. Incluyendo ciertos aspectos referentes a su caracterización tecnológica

La evidencia acerca de los sistemas de producción agropecuaria es bastante limitada. Las investigaciones agronómicas realizadas en la Sierra Norte de Puebla, han definido los sistemas, las prácticas y los calendarios agrícolas derivados de las amplitudes y limitantes ecológicas de la zona.

Estas investigaciones revelaron en la mayoría de los casos la existencia de una producción destinada al autoconsumo, no considerada en el cálculo económico ortodoxo, basada en el aprovechamiento integral de cultivos tradicionales, arvenses (malas hierbas), productos del huerto familiar y de la explotación de la mano de obra familiar (Guadarrama, 1977).

Ramírez (1978) lleva a cabo un estudio de caso en Tequexquínahuac, comunidad del Estado de México, y donde trata de desarrollar una metodología que permita captar la influencia del medio ambiente natural en la organización económica de las formas productivas campesinas. Para ello el método de descomponer a la economía familiar en actividades productivas separadas a las que denomina SUBSISTEMAS. 1

Así también, menciona que en el interior de los sistemas de producción agrícola y de acuerdo a la diversidad y riqueza de sus componentes, los campesinos realizan su esfuerzo productivo en diferentes actividades que forman finalmente su economía. Esta se desenvuelve por tanto, dentro de un sistema global o UNIDAD DE PRODUCCIÓN, pero diversificada de acuerdo a las posibilidades y las formas particulares de desarrollo económico regional. A estas diferentes actividades productivas las denomina SUBSISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

En el estudio de Ramírez se distinguieron 7 subsistemas: la parcela, el huerto, el bosque, el agostadero, el ganado de solar, el hato mixto trashumante y el bovino de carne. Se concluyó que la parcela, el huerto familiar, el ganado de solar y el hato mixto trashumante son los principales subsistemas productivos, asimismo, un fuerte contingente de productores está abandonando la actividad agrícola para dedicarse a otros quehaceres económicos; taxistas, comerciantes, empleados, etc.

En otro trabajo de Ramírez (1980) realizado en la Sierra Norte de Puebla definió 5 subsistemas: la parcela ejidal, el huerto familiar, la milpa, el bosque y ganado de solar. Aplicando las categorías de la teoría del valor de Marx, se desarrolló un análisis del balance económico individual de 75 productores que fueron entrevistados en la región de estudio. Se partió de la expresión general del valor, $Valor = C+V+P$, para representar el valor total generado por un productor individual en un período de tiempo determinado (1 año). El valor se expresó en términos monetarios de acuerdo con los precios corrientes de 1979.

El capital constante está representado por C; V representa el capital variable, y P representa la plusvalía generada por el proceso productivo. Al efectuar el análisis económico de la información obtenida las tendencias encontradas, fueron, la producción de mercancías, la economía monetaria (tendencia muy generalizada), el mercado de trabajo (muy generalizado) y otros aspectos que determinan la vinculación de los productores estudiados con el resto de la economía nacional.

Los estudios realizados en México, acerca del sector que

se considera como de economía campesina (y que practica agricultura tradicional), se ha enfocado principalmente, a definir la naturaleza de la producción y sus relaciones económicas, definir las posibilidades de acumulación de capital que permitirían desarrollar las formas productivas campesinas hacia formas capitalistas o aquellas que las están destruyendo en su base material expulsando a los campesinos de su calidad de productores autónomos de una manera formal y real, empleando como núcleo central de estudio a la unidad de producción (Ramírez, 1980)

El estudio de los factores económico-sociales desde el punto de vista del incremento de la producción y productividad han sido varios pero pocos han sido encaminados a definir las necesidades del agricultor considerando los recursos ambientales de que disponen y la tecnología de producción que requiere.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se desarrolló en el área geográfica, del Valle de México, y específicamente en la comunidad SANTA MARIA AJOLOAPAN, ESTADO DE MEXICO. Se prefirió esta comunidad considerando que en la zona existe un programa de desarrollo agropecuario, PRODEL (programa para la descentralización de los establos lecheros del Distrito Federal), ubicado en Tizayuca, Hidalgo.

La comunidad estudiada está situada a los $19^{\circ}47'$ de latitud norte y a los $98^{\circ}57'$ de longitud oeste, aproximadamente. Pertenece al municipio de Tecámac en el Estado de México y tiene la categoría de Pueblo.

La población total en 1980 fue de 2094 habitantes. Las principales actividades productivas en orden de importancia por el número de individuos que la practican son: obrero, comerciante, campesino, chofer, empleado, albañil y del hogar (Gráfica 1).

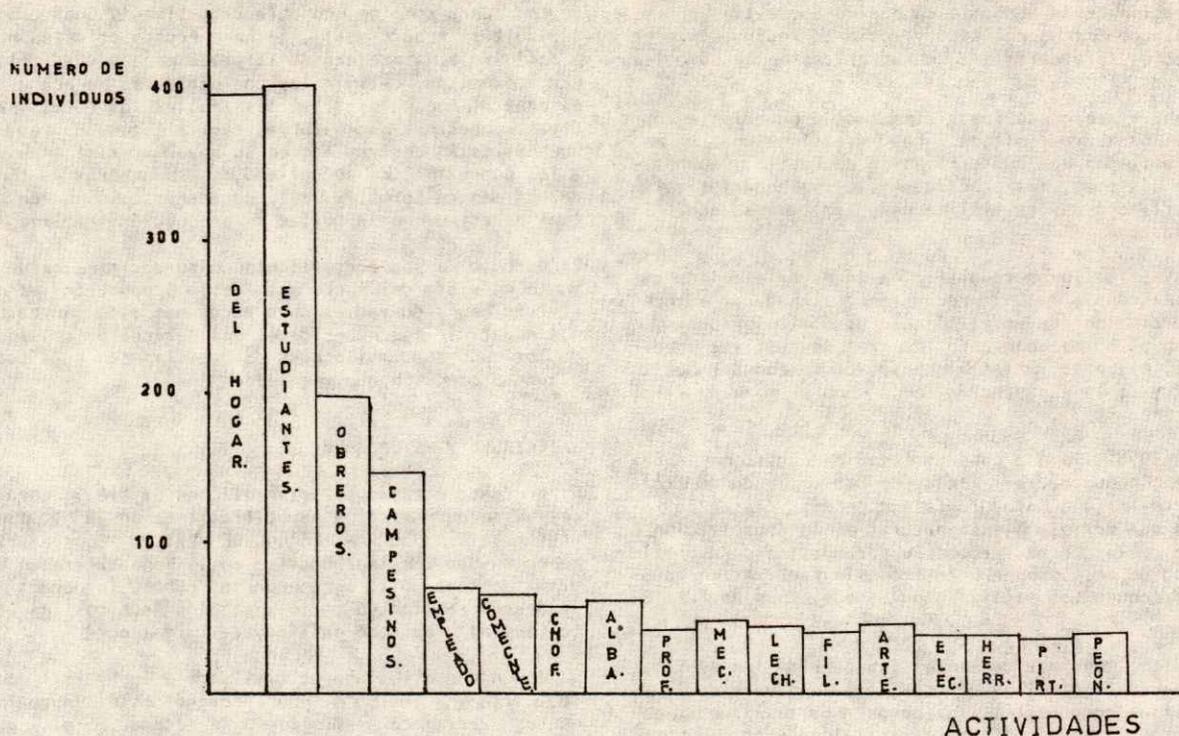
Existe en la comunidad dos tipos de tenencia de la tierra: I) ejidal, II) pequeña propiedad. El ejido está constituido por 100 hectáreas de terreno con las cuales se ha dotado a 53 ejidatarios, correspondiendo 2 ha aproximadamente a cada uno. La pequeña propiedad es el régimen de tenencia de la tierra de mayor importancia con 900 hectáreas de terreno aproximadamente; la superficie que posee cada propietario es variable, oscilando entre 4 y 20 hectáreas o más.

En 1980, existían en la comunidad 203 familias nucleares y 86 familias extendidas. La familia nuclear está constituida por el padre, la madre y los hijos, la familia extendida por el padre, la madre, hijos casados, abuelos, etc.

Para obtener la información contenida en este trabajo se adoptó la técnica denominada OBSERVADOR-PARTICIPANTE. La justificación en la adopción de esta técnica fue que en la medida que se participa más estrechamente en los procesos productivos realizados por los campesinos, aquellos se pueden caracterizar detalladamente y con mayor rapidez. Se llevó a cabo el trabajo de campo permaneciendo en la comunidad Santa María Ajoloapan, Estado de México de Noviembre de 1980 a Agosto de 1981.

La metodología empleada incluye los puntos siguientes:

- 1) Introducción a la comunidad.
- 2) La selección de los informantes para caracterizar a las unidades
- 3) Captura de la información para la caracterización de las unidades de producción.
- 4) Organización de la información obtenida



Gráfica 1 Principales actividades en la comunidad Santa María Ajoloapan, Estado de México, 1980.

5) Análisis de la información obtenida

- 5.1) Análisis económico de la unidad de producción, considerando la expresión general del valor, Valor = C+V+P.
- 5.2) Definición de los subsistemas más importantes para la unidad de producción.
- 5.3) Descripción y análisis de la tecnología de producción de los subsistemas más importantes.

-Introducción a la comunidad.

Se procedió a recorrer y observar a la comunidad con la finalidad de tener idea general acerca del número total de unidades de producción y las diferentes actividades que manejasen y establecer algunos puntos clave para realizar la agrupación de las unidades de producción en estratos socio-económicos utilizando parámetros cualitativos cotejados posteriormente con los datos obtenidos.

-Selección de los informantes.

Las personas con las que trabajó cubrieron las siguientes características:

- i) ser miembros de la comunidad
- ii) con el mayor grado posible de diferencia en edades
- iii) con diferencia en el nivel de ingresos económicos

-Captura de la información para la caracterización de las unidades de producción.

Una vez seleccionados los informantes con los que se trabajó, se inició la participación directa en las actividades que realizan en sus respectivas unidades de producción. Los datos que se obtuvieron provinieron de: la información obtenida directamente en entrevistas con algún miembro de la familia, principalmente el jefe de familia o la madre, y de observaciones personales cotejadas posteriormente con entrevistas.

-La organización de los datos obtenidos

El esquema general: la unidad de producción.

La información obtenida se organizó en base al enfoque de sistemas. Se consideró que era la manera más adecuada de ordenar la información, tener la mejor representación teórica de la unidad de producción campesina y de efectuar los respectivos análisis.

Componentes de la unidad de producción: los subsistemas.

A cada actividad productiva (agropecuaria o no) que representa cierta homogeneidad e independencia en cuanto a características de tecnología de producción, y que tiene importancia para el total de las actividades que se desarrollan en la unidad se les consideró como un subsistema

-Análisis de la información obtenida.

Para el análisis económico global de cada unidad de pro-

Artículos Científicos División III

ducción se consideró la expresión general del valor, $V = C+V+P$, para representar el valor total generado por un productor individual en un período de un año, julio de 1980 a agosto de 1981. Este valor se expresó en términos monetarios de acuerdo con los precios existentes durante el ciclo julio 1980-agosto 1981.

Con el objeto de establecer relaciones analíticas a partir de esta expresión general del valor, se definen las siguientes variables, las que se presentan en el Cuadro 2. El nivel económico de cada unidad se estimó utilizando dos tipos de flujo de capital y dos tipos de balance económico, con las variables presentadas en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Variables consideradas en el análisis económico global de la unidad de producción.

Grupo	Variable	Equivalencia
C	Cf	Valor total del capital fijo
	Ci	Valor del capital fijo que entra en el proceso productivo, según tasas diferenciales de amortización.
	Cp	Valor del capital circulante efectivamente pagado.
	Vp	Valor del capital variable pagado a los trabajadores contratados.
V	Vi	Capital imputado del trabajo familiar.
	$V = Vp+Vi$	Valor total del trabajo aplicado al proceso productivo en la unidad de explotación.

De acuerdo con la capacidad, experiencia y recursos con que cuenta el campesino, en cada unidad se utiliza una serie de conocimientos y prácticas perfectamente sistematizadas aplicables a las actividades que en cada una de ellas se realizan; esto es, LA TECNOLOGIA DE PRODUCCION.

La tecnología de producción de los subsistemas más importantes se analizó para aquellos que involucran el cultivo de la tierra y para los que involucran la explotación pecuaria. Las actividades no agrícolas se analizaron de acuerdo a la cantidad de dinero en efectivo que se obtenía por su explotación.

RESULTADOS

1) Identificación de las unidades de producción.

Las unidades de producción identificadas son del tipo de explotación agropecuarias, apoyadas en algunos casos por otras actividades diferentes a estas, generalmente trabajo no agrícola.

Las actividades agropecuarias giran en torno a la atención del cultivo de la tierra, los principales cultivos son: maíz, frijol, cebada y alfalfa; la explotación del ganado vacuno productor de leche; el ganado de solar (constituido por el hato mixto que incluye, ovejas, cabras, cerdos, guajolotes, gallinas, patos, gansos, caballos, asnos y mulas), y la explotación de maguey pulquero.

Cuadro 3. Estimador del Nivel Económico de las Unidades de Producción.

Variable	Equivalencia
$F_1 = (Pt-Pc) - (Cp+Vp+Rp)$	Estimador del flujo en efectivo a corto plazo, el cual se obtiene mediante la diferencia entre los ingresos en efectivo derivado de la producción de unidad familiar $(Pt-Pc)$, menos los gastos en efectivo $(Cp+Vp+Rp)$
$F_2 = (Pt-Pc) - (Cp+Vp+Rp+Ci)$	Estimador del flujo en efectivo a mediano plazo, considerando si el capital constante fijo no se está incrementando o está decreciendo.
$G_1 = (Pv+Pc) - (Cp+Vp+Rp+Ci)$	Balance económico de la unidad de producción, considerando al total de la producción y sustrayendo los costos de producción pero sin tomar en consideración a los costos de oportunidad o imputados del trabajo familiar
$G_2 = (Pv+Pc) - (Cp+Vp+Rp+Ci+Vi)$	Balance económico de la unidad de producción, considerando al total de la producción y sustrayendo los costos de producción, tomando en cuenta a los costos de oportunidad o imputados del trabajo familiar.

Las actividades no agropecuarias realizadas por las unidades de producción están constituidas por trabajo asalariado realizado en la zona industrial de Tizayuca, Hidalgo, y Ecatepec, Estado de México; actividades de comercio ambulante, albañiles, jornaleros, etc.

2) Agrupación de las unidades de producción en estratos socio-económicos y selección de informantes.

Se identificaron 80 unidades de producción agropecuaria, aproximadamente, las que se incluyeron en 3 estratos socio-económicos. El estrato I incluyó a las unidades de producción con el capital fijo (\$) mayor, y el estrato III a aquellas con los menores valores del capital fijo (\$).

De los estratos socio-económicos identificados se seleccionaron 14 informantes, en base a facilidad de acceso; correspondiendo 4 informantes al estrato I: 4 informantes al estrato II y 6 informantes al estrato III. Las características generales de los informantes con los que se definió la estructura y funcionamiento de la unidad de producción se presentan en el Cuadro 4. En éste, los informantes se enlistan de acuerdo al monto total del capital fijo que poseen; correspondiendo al número 1 al que tiene el mayor capital y el número 14 para aquel que posee el menor capital. En general, las unidades de producción en Santa María Ajoloapan, Estado de México, están dirigidas por gente en edad avanzada, en un intervalo de edades que oscila entre 35 y 75 años y donde se incluye el 87% de los campesinos (Gráfica 2).

3) La unidad de producción (el sistema total).

Cuadro 4. Características Generales de los Informantes, con los que se definió la estructura y funcionamiento de la unidad de producción.

Informante	Estrato al que pertenece	Edad (años)	Escolaridad	No. de componentes en la familia	Tipo de
1	I	61	3er. año primaria	4	Nuclear
2		49	3er. año primaria	12	Nuclear
3		41	6o. año primaria	3	Nuclear
4		29	3er. año primaria	6	Extendida
5	II	70	2o. año primaria	10	Extendida
6		59	1er. año primaria	6	Extendida
7		57	3er. año primaria	7	Nuclear
8		61	3er. año primaria	8	Nuclear
9	III	60	3er. año primaria	6	Nuclear
10		52	3er. año primaria	9	Nuclear
11		47	3er. año primaria	7	Nuclear
12		59	2o. año primaria	5	Extendida
13		61	1er. año primaria	4	Extendida
14		55	3er. año primaria	8	Nuclear

Se encontró que la unidad de producción está constituida por una serie de actividades productivas que están interactuando entre sí, que conforman la economía y satisfacen las necesidades más inmediatas del campesino y su familia.

A nivel general, en el estrato socio-económico I se manejan 9 subsistemas, todos relacionados con la explotación

agropecuaria. En el estrato II, se manejan 7 subsistemas, los cuales en su mayoría están relacionados con la producción agropecuaria y donde aparece el trabajo asalariado como subsistema diferente. En el estrato III se manejan 10 subsistemas entre los cuales ya han cobrado gran importancia las actividades no agropecuarias.

4) Los subsistemas (componentes del sistema total).

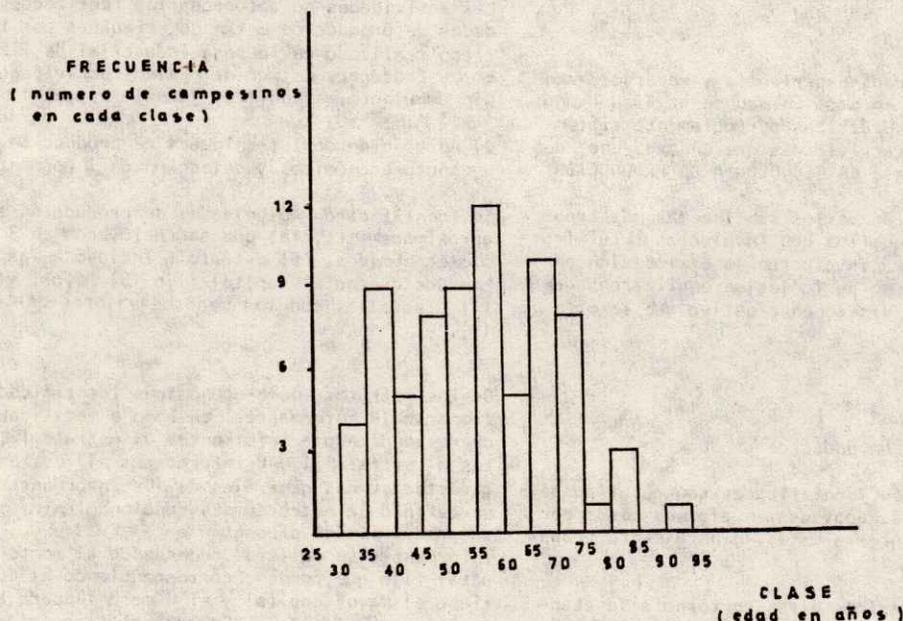
En el Cuadro 5 se resumen los subsistemas manejados por las unidades de producción estudiadas, durante el ciclo julio 1980 - agosto 1981. En general son 5 los subsistemas relacionados con las actividades agropecuarias y 1 ó 2 subsistemas relacionados con actividades extra-finca (no agropecuarias).

En total, el número de subsistemas que cada unidad manejó fluctuó entre 5 y 6, siendo los extremos 7 y 1, para las unidades uno y dos del estrato I.

5) Análisis económico global de la unidad de producción.

Las cantidades obtenidas para las variables consideradas en el balance económico de la unidad de producción se presentan en el Cuadro 6. De 14 unidades muestreadas, 5 obtuvieron valores positivos (ganancias) y 9 resultaron con uno o todos los valores negativos (pérdidas) de dichas variables.

Las mejores unidades están ubicadas en el estrato II (unidades 5 y 6); seguidas por la unidad 4 en el estrato III. Las peores unidades, de acuerdo al monto total de pérdida económica que se tiene resultaron en el estrato I (unidades 1, 2, 3); en segundo lugar se encuentran las unidades del estrato II (unidades 7, 8) y finalmente las unidades 10, 11, 12 y 13, del estrato III.



Gráfica 2 Distribución frecuencial de los campesinos, por clases de edades; comunidad Santa María Ajoloapan, Estado de México, 1980

Cuadro 5. Subsistemas manejados por las unidades de producción estudiadas, durante el ciclo julio 1980-agosto 1981

ESTRATO	INFORMANTE	NUMERO DE SUBSISTEMAS MANEJADOS POR CADA UNIDAD DE PRODUCCION														NUM. DE SUBSISTEMAS EN ACTIVIDADES	
		MAIZ	FRIJOL	ALFALFA	CEBADA	PULQUE	GANADO LECHERO	GANADO DE SOLAR	OVEJAS	CERDOS	MAQUILA DE EQUIPO AGRICOLA	TRABAJO ASALARIADO	COMERCIO AMBULANTE	OTRAS ACTIVIDADES	AGROPECUARIAS	NO AGROPECUARIAS	NUM. TOTAL.
I	1	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	X	✓	X	X	X	7	-	7
	2	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	1	-	1
	3	✓	X	✓	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	X	X	6	-	6
	4	✓	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	X	X	X	X	5	-	5
II	5	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	X	X	X	X	X	X	5	-	5
	6	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	X	X	X	X	5	-	5
	7	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	5	1	6
	8	✓	✓	X	X	X	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	4	2	6
III	9	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	X	✓	X	X	5	1	6
	10	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	5	1	6
	11	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	X	5	-	5
	12	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	X	X	✓	✓	X	3	2	5
	13	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X	X	X	X	✓	✓	5	1	6
	14	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓	✓	X	4	2	6

✓ = Subsistema manejado por esa unidad

X = Subsistema no manejado por esa unidad

Cuadro 6. Variables Consideradas en el Balance Económico de la Unidad de Producción, para las Unidades Muestreadas Ciclo Julio 1980 - Agosto 1981.

Estrato	Informante	Capital Fijo (\$)	Flujo en Efectivo		Balance Económico de la Unidad (G ₁) (\$)	Balance Económico de la Unidad (G ₂) (\$)
			(C _f) a Corto Plazo (\$)	(F ₁) a Mediano Plazo (F ₂) (\$)		
I	1	2 375 453	131 910	-29 418	156 683	- 106 548
	2	1 522 547	236 540	156 750	202 211	- 365 819
	3	1 181 649	60 488	-17 986	7 467	- 121 823
	4	624 955	47 348	15 834	97 470	29 014
II	5	480 396	96 376	83 025	230 523	75 087
	6	271 105	73 407	69 161	170 991	66 784
	7	262 389	- 1 545	- 5 312	28 694	- 88 417
	8	196 952	-16 236	-21 468	16 169	- 108 593

Estrato Informante	Capital Fijo (C _f) \$	Flujo en Efectivo a Corto Plazo (F ₁) \$	Flujo en Efectivo a Mediano Plazo (F ₂) \$	Balance Económico de la Unidad (G ₁) \$	Balance Económico de la Unidad (G ₂) \$
9	180 195	85 411	81 125	181 743	18 187
10	170 546	27 695	22 951	77 074	- 1 094
11	150 948	60 190	57 359	109 478	- 52 493
III	12	67 735	- 8 120	5 783	- 27 160
	13	58 084	5 958	41 283	- 34 672
	14	28 832	24 773	48 728	9 410

Es evidente que el nivel de capitalización que se presenta en cada uno de los estratos no es determinante, ya que por los resultados obtenidos, se observa que aunque el capital sea elevado o pequeño existen pérdidas económicas.

Las unidades de producción obtienen el dinero en efectivo que manejan del desempeño de dos grupos de actividades: 1) las efectuadas en la atención de los respectivos subsistemas, y 2) de actividades extra-finca. En relación al primer grupo de actividades, en la mayoría de las unidades, más del 50% del dinero que manejaron durante el ciclo julio 1980 - agosto 1981, se obtuvo en la propia unidad. En cuanto al segundo grupo de actividades; el trabajo extra-finca tiene bastante importancia, ya que de 14 unidades, 9 desempeñaron actividades de esta categoría. Para el estrato I, las actividades giran en torno a la actividad agrícola (maquila de maquinaria) que en los estratos II y III, es de mayor importancia el trabajo asalariado (venta de fuerza de trabajo).

De nueve unidades que resultaron con uno o todos los valores negativos en las variables del balance económico, 7 de estas realizaron trabajo extra-finca. Esto quiere decir que las pérdidas económicas que se presentan en la atención de la unidad de producción son cubiertas con los ingresos obtenidos del desempeño de actividades extra-finca.

El análisis económico global nos mostró que la explotación de la unidad de producción en los tres estratos no es una actividad remunerativa y mucho menos lucrativa.

6) Los subsistemas de mayor importancia para la unidad de producción.

Para la definición de la importancia de los subsistemas se consideraron 5 criterios:

- i) Destino de los productos obtenidos: en la unidad de producción se obtienen productos que pueden ser destinados a la comercialización o al auto consumo en la propia unidad. Para evaluar la importancia de los subsistemas considerando el criterio 1, se tomó en cuenta los datos de producción vendida (Pt) y producción autoconsumida (Pc) por cada unidad a través del ciclo julio 1980 - agosto 1981.
- ii) El tiempo dedicado a la atención de los subsistemas componentes de la unidad, expresado como la cantidad de jornadas hombre empleadas a través de un ciclo anual. Para aplicar este criterio se consideró

que una jornada-hombre equivale a 8 horas de trabajo. Asimismo, las jornadas-hombre de trabajo pueden ser desempeñadas por mano de obra familiar o mano de obra contratada.

- iii) La cantidad de dinero invertida en la explotación de los subsistemas componentes de la unidad, a través del ciclo julio 1980 - agosto 1981. La importancia de los subsistemas es definido en gran medida por la escala de inversión de dinero en efectivo que se destina a su atención. El nivel de inversión necesariamente jerarquiza a tales subsistemas, existiendo aquellos donde se invierte más dinero en efectivo o donde dicho nivel se reduce. Por lo tanto, los subsistemas más importantes serán los que requieran del mayor nivel de inversión.
- iv) La cantidad de dinero obtenida por la comercialización de ciertos productos provenientes de los subsistemas componentes de la unidad a través del ciclo julio 1980-agosto 1981. De igual forma a como se invierte dinero en efectivo para la atención del funcionamiento de los subsistemas, se puede obtener cierta cantidad en efectivo por la comercialización de algunos productos provenientes de los diferentes subsistemas.
- v) La proporción de la superficie de terreno destinada a la explotación de los subsistemas que involucran el cultivo de la tierra. Aquellos que ocuparon la mayor superficie de terreno resultan ser los subsistemas de mayor importancia.

En el Cuadro 7 se anotan los subsistemas que resultaron como más importantes con base en los criterios utilizados para definir dicha característica. De acuerdo con el criterio 1, todos los subsistemas son igualmente importantes, ya sea para consumo de la unidad o para la venta. Por tal razón en este caso no fue posible hacer diferenciación entre los subsistemas. Con esta excepción y considerando los 4 criterios restantes, de un total de 9 subsistemas manejados a nivel general, 5 resultaron ser los de mayor importancia. En orden jerárquico y como se desprende del Cuadro 5, estos son: ganado lechero, maíz, alfalfa, frijol y pulque.

Para los estratos I, II y III los subsistemas que resultaron como más importantes son, ganado lechero, maíz, alfalfa y frijol. Para los estratos II y III, a los anteriores subsistemas se adiciona el subsistema pulque.

- 7) La tecnología de producción en los subsistemas más importantes.

Artículos Científicos División III

Cuadro 7 Subsistemas que Resultaron ser los mas Importantes, de Acuerdo con los Criterios Utilizados para Definir dicha Característica.

Criterio	1 er Lugar	2o. Lugar	3er. Lugar	4o. Lugar
Definición de los productos	-	-	-	-
Jornadas-hombre destinadas a la atención de los subsistemas	Ganado lechero incluyendo cerdos y ovejas	Maíz	Alfalfa	Pulque
Dinero en efectivo invertido en los subsistemas	Ganado Lechero	Maíz	Alfalfa	Frijol
Dinero en efectivo obtenido de los subsistemas	Ganado Lechero incluyendo cerdos y ovejas	Maíz	Pulque	Frijol
Proporción de la superficie de terreno destinada a los subsistemas	Maíz	Frijol	Alfalfa	-

La atención de los subsistemas que involucran la explotación de la tierra, requieren de determinadas actividades las cuales se agrupan en: i) cosecha, ii) preparación del suelo y iii) siembra y laboreo. Para cada grupo de actividades se describió y analizó la tecnología de producción propiamente dicha en base a los siguientes puntos:

- Herramientas, medios de transporte y maquinaria agrícola utilizada. Analizando el tipo y la intensidad con que se utilizaron, ya sea de la propia unidad de producción o por concepto de maquila, como lo ejemplifica el Cuadro 8.
- Mano de obra, en este caso se analizó la cantidad de mano de obra que se utilizó en los diferentes grupos de actividades, en base al número de individuos empleados en cada actividad y haciendo la diferenciación entre mano de obra familiar y/o contratada.

En la caracterización de la tecnología de producción del subsistema ganado lechero se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Descripción del subsistema; que incluyó el número de cabezas de ganado y razas explotadas; modalidades de explotación del ganado lechero; características de las instalaciones; fuentes de alimentación; productos obtenidos de la explotación del ganado lechero.
- La tecnología de producción propiamente dicha. Una vez que se determinaron las diferentes actividades para la atención del ganado lechero se englobaron en 4 grupos: 1) Aseo de las instalaciones, 2) suministro de forraje y agua para beber al total de animales, 3) la ordeña, 4 traslado del total de animales hasta el corral de asoleo (un ejemplo de estas se presenta en la gráfica 3). Para estos cuatro grupos de actividades se describió: i) la cantidad e intensidad de herramientas e implementos agrícolas utilizados, provenientes de la propia unidad o por concepto de maquila ii) la mano de obra empleada para la atención del ga-

nado, ya sea como mano de obra familiar o contratada, en términos del número de individuos.

La característica importante de la tecnología de producción en los subsistemas importantes se determinó fundamentalmente en base a los gastos de dinero en efectivo canalizados hacia el pago de la mano de obra contratada, al servicio de maquila de maquinaria agrícola y otros insumos. Por otra parte para determinar si la tecnología de producción utilizada por las unidades era redituable económicamente se compararon los gastos en efectivo necesarios para la atención de los subsistemas importantes y los ingresos en efectivo provenientes de la venta de productos de dichos subsistemas. Realizando una resta aritmética, entre los ingresos en efectivo, menos los gastos en efectivo se obtiene la diferencia. Esta puede ser positiva o negativa. En el primer caso se indica que se obtuvieron ganancias y en el segundo que hubo pérdidas en efectivo.

En el Cuadro 9 se agrupan las cantidades obtenidas para las pérdidas o ganancias de dinero en efectivo en los cuatro subsistemas más importantes entre la mayoría de las unidades de producción muestreadas. Se observa que la explotación del ganado lechero proporciona los mayores ingresos económicos en efectivo, con excepción de las unidades 8 y 12, donde los mayores ingresos económicos fueron obtenidos de la explotación del subsistema frijol.

Si suponemos que en ninguna de las unidades de producción estudiadas se realizan actividades extra-finca y que en cada una de ellas solamente se explotaran los subsistemas maíz, frijol, alfalfa y ganado lechero, es evidente que el subsistema ganado lechero proporcionaría los ingresos económicos para poner en marcha a muchas de las actividades necesarias para el funcionamiento de la unidad.

El análisis realizado a la tecnología de producción de los subsistemas más importantes nos mostró que las activi-

Cuadro 8. Herramientas, Medios de Transporte y Maquinaria Agrícola Utilizadas en el Desempeño de las Actividades que Constituyen la Cosecha de Maíz, Ciclo 1980 - 1981.

Estrato	Informante	Cortar	Acarrear	Deshojar	Trillar	Empacar	Arcinar
I	1	hoz	camión	deshojador	trilladora	empacadora	bielgos y maroma
	2	hoz	-	-	-	-	-
	3	hoz	camión	deshojador	-	-	-
	4	hoz	plataforma y tractor	-	trilladora	empacadora	-
II	5	hoz	carro para tiro animal y camión	deshojador	trilladora	empacadora	-
	6	hoz	carro para tiro animal	-	trilladora	-	bielgos y maroma
	7	hoz	carro para tiro animal	deshojador	-	-	-
	8	hoz	camión y carro para tiro animal	deshojador	animales de tiro	-	bielgos y maroma
III	9	hoz	camión y carro para tiro animal	deshojador	animales de tiro	-	bielgos y maroma
	10	hoz	camión y carro para tiro animal	deshojador	-	-	-
	11	hoz	carro para tiro animal	deshojador	animales de tiro	-	bielgos
	12	hoz	camión	deshojador	trilladora	-	bielgos y maroma
	13	hoz	camión	deshojador	-	-	maroma
	14	hoz	carro para tiro animal	deshojador	-	-	-

Gráfica 3. Un día de actividades para la atención del SUBSISTEMA GANADO LECHERO durante el ciclo Julio 1980 - Agosto 1981. Informante 10, Estrato III.

BARRER EL ESTABLO, ORDENAR, APLICAR ZACATE Y ALFALFA A LAS VACAS.	DESAYUNO A LA MANO DE OBRA	DAR AGUA A LAS VACAS, MULAS Y BURROS. TRASLADAR A LAS VACAS AL CORRAL DE ASOLEO	DURANTE LA EPOCA DE CLASES ESCOLARES (SEPTIEMBRE A JUNIO) NO SE LLEVAN A PASTAR LAS VACAS ----- ASOLEO DE LAS VACAS ----- EN EL PERIODO DE VACACIONES SE LLEVAN A PASTAR LAS VACAS AL CERRO; APROVECHANDO QUE LOS HIJOS MENORES ESTAN EN EPOCA DE DESCANSO	BARRER EL ESTABLO, DAR AGUA Y TRASLADAR A LAS VACAS AL ESTABLO	COMIDA A LA MANO DE OBRA	SALIR AL CAMPO A CORTAR Y ACARREAR ALFALFA	APLICAR ZACATE Y ALFALFA A LAS VACAS. UNICAMENTE ZACATE A LAS MULAS Y BURROS. DAR AGUA AL TOTAL DE ANIMALES Y ORDENAR.		
6:00	7:30	8:00	9:00	2:00	3:00	4:30	6:00	7:00	8:00
A.M.			P.M.			TIEMPO HORAS			
A	B	C	D	E					

MANO DE OBRA FAMILIAR PARA EL DESEMPEÑO DE LAS ACTIVIDADES: 1 GENTE.

Artículos Científicos División III

Cuadro 9. Ganancias o Pérdidas de Dinero en Efectivo Obtenidas en la Explotación de los Subsistemas más Importantes, Ciclo 1980 - 1981.

Estrato Informante	GANANCIAS O PERDIDAS DE DINERO EN EFECTIVO, SUBSISTEMAS				DINERO EN EFECTIVO OBTENIDO POR ACTIVIDADES EXTRA-FINCA (\$)	
	MAIZ (\$)	FRIJOL (\$)	ALFALFA (\$)	GANADO LECHERO (\$)		
I	1	-22 610	18 990	*	404 920	224 750
	2	✓	✓	✓	296 720	+
	3	*	*	✓	16 870	72 350
	4	5 725	✓	*	23 236	+
II	5	-2 150	- 500	*	108 748	+
	6	-13 595	- 200	*	96 321	+
	7	- 675	*	*	169	26 000
	8	-1 595	3 660	✓	-17 240	57 200
III	9	2 210	*	*	95 848	32 000
	10	8 718	2 245	*	20 017	26 000
	11	-34 405	-4 500	✓	85 687	+
	12	-5 510	2 035	✓	✓	46 800
	13	- 550	- 250	✓	-7 102	24 000
	14	11 050	15 480	✓	✓	63 200

* Sin determinación de pérdidas o ganancias en efectivo.

✓ Sin atención a esos subsistemas, ciclo 1980-1981.

+ Sin actividad extra - finca

dades agropecuarias en ningún momento son remunerativas, y en la mayoría de los casos se debe apoyar el funcionamiento de la unidad de producción mediante el desempeño de actividades extra-finca. Las unidades que podemos considerar como las mejores en la explotación de los subsistemas ganado lechero, maíz, alfalfa y frijol, con la tecnología de producción propia, ya que resultaron con ganancias de dinero en efectivo fueron: 2, 3, 4, 9, 10 y 14.

DISCUSION Y RESULTADOS

Resultó conveniente agrupar a las unidades de producción en estratos socioeconómicos, ya que se observó que existen diferencias entre cada uno de éstos, por la tecnología de producción utilizada y por las tendencias que presentan.

Se pudo detectar que la unidad de producción es un complejo que para su existencia como tal, necesita del aporte de todos los subsistemas que la integran y que además están interactuando estrechamente.

A nivel general, existe transferencia de dinero en efectivo de las unidades de producción hacia los maquilado-

res de maquinaria agrícola y hacia los establecimientos, donde se venden alimentos concentrados, lo cual es uno de los principales obstáculos para el proceso de capitalización de las unidades.

Es importante hacer notar que aunque sólo se observó un instante dentro del proceso de transformación de las unidades de producción, los datos son bastante ilustrativos. Los paquetes tecnológicos que hasta la fecha se han generado al menos se deben tomar en cuenta a los subsistemas más importantes, que indudablemente son más de uno.

CONCLUSIONES

- 1) La estructura de la unidad de producción es bastante compleja, existiendo estrecha interacción entre los subsistemas componentes.
- 2) La tecnología de producción es diferente para cada uno de los estratos socioeconómicos.
- 3) Las unidades de producción no son auto-suficientes únicamente con la explotación de los subsistemas relacionados con la actividad agropecuaria, necesariamente se deben apoyar en actividades extra-finca.

BIBLIOGRAFIA

- Bradfield, S. 1978. "Metodología para el desarrollo de una tecnología apropiada". Trabajo presentado a la reunión de la sociedad Agronómica. Chicago, Illinois. E.U.A.
- Cuanalo de la C.H. 1980. "El Antropoecosistema Campesino", proyecto de investigación. CEDAF. C.P. Sec. de Pedagogía, Chapingo, México.
- Cruz, Huesca, A. 1977. "Economía campesina y desarrollo rural en México". Tesis Profesional, E.N.A. Chapingo, México.
- Guadarrama, Z. 1977. "Valor de uso y relaciones económicas en la agricultura tradicional de Nautzontla, Puebla". Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, Méx.
- Ramírez, M.P. 1978. "El enfoque sistémico en el estudio de la economía campesina, un estudio de caso en la comunidad de Tequexquahuac, Estado de México". U.A.CH. Departamento de Economía Agrícola, Chapingo, México.
- _____. 1980. "Análisis económico y formas productivas campesinas en la Sierra Norte de Puebla" documento presentado al V Congreso Mundial de Sociología Rural, México, D. F.
- Scrimshaw, N.S. y Taylor, L.A. "ALIMENTACION". Separata de la revista Economía, pp. 48-62.
- Weitz, R. 1971. "De campesino a agricultor". Fondo de Cultura Económica. Traducción de E. Guillón.

EL SISTEMA DE CULTIVOS MAÍZ-FRIJOL INTERCALADOS EN TIRAS EN EL NORTE DE TAMAULIPAS*

García Nieto, H.*

RESUMEN

En el área de riego del norte de Tamaulipas, se hace un uso poco intensivo de la tierra a través del tiempo, ya que en el ciclo otoño-invierno (O-I) se siembra más del 90% de la superficie cultivable, mientras que en el ciclo primavera-verano (P-V), aproximadamente el 80% de la tierra permanece en descanso. Los principales patrones de cultivo son:

P a t r ó n			Superficie
Ciclo O-I	Ciclo P-V		
Sorgo	Descanso	Monocultivo de 3er.grado	57%
Maíz	Descanso	Monocultivo de 3er.grado	23%
Maíz	Maíz	Monocultivo de 1er.grado	5%
Maíz	Frijol	Rotación	4%

Se piensa que el monocultivo ha traído como consecuencia la disminución de los nutrientes del suelo, un incremento en las poblaciones de plagas e incidencia de enfermedades que disminuyen los rendimientos y elevan los costos de producción.

La región está desprovista de elevaciones considerables por lo que son comunes los vientos fuertes, los cuales causan graves perjuicios a la agricultura como son: acame de plantas, caída de flores, daños mecánicos en follaje, pérdida de la humedad y, en épocas de sequía, la erosión del suelo. Ante esta problemática, se diseñó el sistema maíz-frijol intercalado en tiras, con el objeto de hacer más eficiente el uso de la tierra en términos de producto físico (ERTF) y de ingreso (ERTI). En 1981 y 1982, el trabajo se enfocó principalmente a determinar la eficiencia de los cultivos de maíz y frijol intercalados en tiras orientadas de Este a Oeste para evitar el efecto del sombreado y la amplitud de tiras más adecuadas sin disminuir el grado de mecanización. Los resultados demostraron que el maíz y frijol intercalados en tiras de cuatro surcos, fueron más eficientes que las tiras de ocho surcos; las que a su vez, fueron mejores que los respectivos unicultivos.

Los incrementos en rendimiento y ganancia económica en el maíz en tiras, se debieron a la menor competencia por luz de las plantas en los surcos laterales. Se observó además, menor porcentaje de plantas acamadas por daño de gusano barrenador del tallo *Zea diatraea* spp, y más baja incidencia del mildiú vellosa *Peronosclerospora sorghi* en las tiras que en el unicultivo.

En frijol, las ganancias económicas se debieron al mayor desarrollo vegetativo de las plantas protegidas del viento, cuya velocidad se redujo a menos de 1.0 km/h, cuando la cortina de maíz alcanzó más de 1.0 m de altura, mientras que las velocidades medias a la intemperie variaron de 9 a 18 km/h, lo que trajo como consecuencia mayor humedad del aire y del suelo en el frijol en tiras que en unicultivo del mismo.

ABSTRACT

A study was carried out on 1981 and 1982 on the Northern Tamaulipas region to compare the monocultures of maize and beans with intercropping of both in stripes in terms of total yields and income.

Different widths of stripes were tested. The stripes were oriented east to west to prevent shading.

* Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

It was found that the stripes intercropping of maize and beans was better in yield and income than both monocultures. Stripes of four rows of width were more efficient than eighth row stripes.

INTRODUCCION

En el área de riego del norte de Tamaulipas, se hace un uso poco intensivo de la tierra a través del tiempo; a pesar de que en el ciclo otoño-invierno (O-I) se siembra casi la totalidad de la superficie, en el ciclo primavera-verano (P-V) la mayor parte permanece en descanso. El parámetro Índice de cultivo (IC) que es el número de cultivos que pueden desarrollarse por año en un área dada y multiplicados por 100 (Andrews y Kassam, 1976) actualmente es de 124; se ha estimado un IC potencial de 165 en base a la clase de tierras.

Los principales patrones de cultivo son:

Patrón		Días en Descanso	Superficie %
Ciclo O-I	Ciclo P-V		
1. Sorgo -	Descanso	240	57
2. Maíz -	Descanso	230	23
3. Maíz -	Maíz	45-55*	5
4. Maíz -	Frijol	50-90*	4

* Dos períodos cortos de descanso, uno en verano y otro en invierno.

La secuencia en el tiempo de los dos primeros patrones se considera un monocultivo de tercer grado, mientras que el tercero se considera de primer grado (Shipton, 1977); se cree que el monocultivo ha traído como consecuencia la disminución de los nutrientes del suelo, un incremento de las poblaciones de plagas e incidencias de enfermedades principalmente en el ciclo P-V, que disminuyen los rendimientos y elevan los costos de producción. Con los dos primeros patrones se descansa más de la mitad del año y en los otros dos patrones de cultivo doble el tiempo que existe entre un ciclo y otro resulta insuficiente para hacer una buena preparación del terreno.

Por otra parte, la región carece de elevaciones considerables por lo que son comunes los vientos fuertes con direcciones del sureste y sur durante la mayor parte del año, con excepción del invierno en el cual los vientos dominantes son del norte y noroeste. Estos vientos causan algunos perjuicios a la agricultura como acame de planta, caída de flores, daños al follaje, pérdida de la humedad y en épocas de sequía ocasiona la erosión del suelo.

El estudio del sistema de cultivos maíz-frijol intercalado en tiras se inició al efectuar un muestreo de lotes comerciales sembrados con este sistema; se observó que aunque el objetivo de los agricultores es incrementar el rendimiento del frijol al protegerlo del viento con cortinas de maíz, éstas no concuerdan ni en su orientación ni en amplitud. En dos lotes que además del maíz y frijol en tiras, había frijol sembrado solo (unicultivo); se estimó un incremento en el frijol de más de 200 kg/ha cuando la proporción fue de cuatro surcos de maíz con ocho de frijol, mientras que cuando hubo solamente dos surcos de maíz y 12 de frijol no se detectó diferencia en el rendimiento.

Otras ventajas que se observaron fueron: (1) no requerir de insumos adicionales; (2) se cuenta con el paquete tecnológico para la producción de los dos cultivos en ambos ciclos agrícolas; (3) se puede lograr una buena protección del viento orientando las tiras de este a oeste, evitando además el efecto del sombreado; (4) se puede

de hacer rotación de las tiras en los dos ciclos y (5) se puede implementar en suelos de primera y segunda clase, los cuales constituyen el 68% del área de riego de la región.

En base a estas ventajas, se diseñó un experimento para estudiar con más detalle el potencial del sistema maíz-frijol intercalados en tiras, con el objeto de hacer más eficiente el uso de la tierra en términos de producto físico (kg/ha) y de ingreso (\$/ha) y de ingreso (\$/ha) principalmente para aquellos agricultores que cuentan con poca superficie y que para satisfacer sus necesidades económicas están obligados a efectuar dos siembras al año. Al demostrar la bondad de este sistema podrá gozar de crédito y seguro agrícola.

REVISION DE LITERATURA

Los cultivos múltiples se definen como la intensificación del cultivo en dimensiones de tiempo y espacio ó como el desarrollo de dos ó más cultivos en el mismo campo en un año. Se dividen en (1) cultivos secuenciales, con los cuales se puede optimizar el factor tiempo y (2) cultivos intercalados con los que se pueden optimizar ambos factores (Andrews y Kassam, 1976; Márquez, 1977; Kass, 1978; Turrent, 1979 y Willey, 1979), Márquez (1977) considerada un tercer factor: el tecnológico.

El cultivo en tiras está en la división de los cultivos intercalados y se define como el desarrollo de dos o más cultivos simultáneos en diferentes franjas, lo suficientemente amplias para permitir labores culturales en forma independiente, pero lo suficientemente estrechas para que los cultivos interactúen agrónomicamente (Andrews y Kassam, 1976).

Los resultados de los experimentos de cultivos intercalados en tiras han sido muy variables, algunos autores reportan grandes beneficios, mientras que otros reportan pocos o nulos y en algunos casos resultados negativos.

Bates (1911); Aslyng (1958) y Roseberg (1966), citados por Grace (1977), mencionan que debe recordarse que la protección de las cortinas rompevientos influyen en el microclima como un todo y que la reducción en la velocidad del viento es solamente un aspecto de la protección.

Grace (1977), citando a Eirmen et al (1964), presenta resultados de experimentos con plantas cultivadas protegidas del viento de 1911 a 1976 en varias partes del mundo en estos experimentos se puede observar que los máximos beneficios se han logrado en pera (100%), manzana (87%), pinabete *Picea sitchensis* (73%) y frijol (57%).

Hogg (1962), citado por Grace (1977), reporta un incremento en frijol de 25% cuando se usó una cortina porosa; cuando ésta fue sólida hubo un decremento. Blender (1965) logró un incremento en frijol de 57%. Frank et al (1974) también citados por Grace (1977), mencionan un incremento de 25% en el rendimiento del frijol en riego y señalan que en condiciones de temporal, el rendimiento del frijol protegido no varió con respecto a las plantas expuestas, debido a que la temperatura entre las cortinas siempre fue superior a la de las plantas expuestas, rebañando en ocasiones los 40°C.

Radque y Hagstrom (1976), mencionan que la orientación y

Artículos Científicos División III

amplitud de las tiras son dos factores muy importantes que deben tomarse en cuenta en los cultivos intercalados. Presentan datos de 15 años de investigación con soya-maíz; los resultados fueron positivos cuando las tiras se orientaron de este a oeste, mientras que en dos años que se orientaron de norte a sur fueron negativos debido al efecto del sombreado. La mejor amplitud de tiras fue de 13 surcos de soya con dos surcos de maíz. Muestran también los efectos benéficos del microclima propiciado por las cortinas de maíz, las cuales afectaron la humedad y temperatura del suelo y del aire, la evaporación, la producción de materia seca y por consecuencia el rendimiento de los cultivos.

Andrews y Kassam (1976), mencionan que puede existir mayor competencia entre plantas de la misma especie que entre plantas de diferente especie. En cultivos intercalados de maduración similar, las ganancias en rendimiento se deben básicamente a la menor competencia por el espacio aéreo y edáfico entre especies; en cultivos de diferente maduración las ganancias se incrementan debido a la baja competencia entre especies en tiempo y espacio. La menor competencia ocasiona que el rendimiento individual de las plantas sea mayor y que sean posibles mayores densidades de población.

Lépiz (1978), señala que el intercalamiento de surcos de frijol con surcos de maíz, permite una mayor disponibilidad de luz en el sistema.

Risch (1979), estudió la dinámica de la población de los insectos en monocultivo, dicultivo y tricultivo de los agrosistemas de maíz-calabaza. Observó una reducción significativa del número de insectos en el maíz en policultivo con respecto al monocultivo del mismo, sin embargo, cuando en un dicultivo un insecto se alimentaba de las dos especies de plantas, el efecto fue inverso. Además observó cambios en los patrones de movimiento de las plagas, debido a la interferencia de los tallos del maíz en el vuelo de las mismas.

Lépiz (1978), encontró mayor incidencia de la pudrición por esclerotinia *Sclerotinia sclerotiorum*, en siembras de frijol solo que en las asociadas con maíz; señala que en el primer sistema no existe la barrera física (maíz) a la infección del hongo como en el caso de la asociación.

Campos y Alemán (1979), observaron que el efecto de los organismos dañinos del frijol (insectos, enfermedades y malas hierbas), fueron menores en las siembras de frijol asociado con maíz que cuando se siembra el frijol solo.

Los parámetros para evaluar los cultivos intercalados son: la eficiencia relativa de la tierra en términos de producto físico ERTF (IRRI 1974 citado por Turrent, 1980) land equivalent ratio LER (Andrews y Kassam, 1976; Trenbath, 1976 y Willey, 1979); tasa de superficie equivalente TSE (Turrent, 1978) o razón de superficie equivalente (Lépiz 1978) que es el área en unicultivo necesaria para obtener los mismos rendimientos que son cultivos intercalados.

$$ERTF = \frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} \neq 1$$

a, b y c = rendimiento en kg/ha de los cultivos intercalados.

A, B y C = rendimiento en kg/ha de los unicultivos.

Si ERTF es mayor que 1, significa que es mejor sembrar los cultivos intercalados.

Si ERTF es menor que 1, significa que son mejores las siembras en unicultivo.

La eficiencia relativa de la tierra en términos de ingreso ERTI (IRRI, 1974 citado por Turrent, 1980), income equivalent ratio IER (Andrews y Kassam, 1976) o tasa de utilidad equivalente TUE (Turrent, 1978) es el área necesaria en unicultivo para obtener las mismas utilidades netas que con cultivos intercalados.

$$ERTI = \frac{\$a}{\$A} + \frac{\$b}{\$B} + \frac{\$c}{\$C} \neq 1$$

\$a, \$b y \$c = Utilidades netas por hectárea de los cultivos intercalados.

\$A, \$B y \$C = Utilidades netas por hectárea de los unicultivos.

MATERIALES Y METODOS

En el Campo Agrícola Experimental de Río-Bravo (CAERIB), durante el ciclo agrícola 1981 P-V, se llevó a cabo la comparación de maíz-frijol intercalados en tiras contra los mismos cultivos sembrados solos. Se evaluaron tiras de cuatro y ocho surcos de amplitud con el objeto de no disminuir el grado de mecanización y la orientación fue de este a oeste para evitar el efecto del sombreado como se muestra en la figura 1.

En los ciclos subsecuentes 0-1 y P-V de 1982, se efectuó una rotación de las tiras (se sembró maíz en las tiras donde se cosechó frijol y viceversa).

Para la evaluación de los tratamientos se tomaron las siguientes observaciones en diferentes etapas de desarrollo de las plantas:

1. Producción de materia seca por metro de surco del frijol en la época de la floración.

1. Porcentaje de humedad del suelo en el frijol a los 30 días de la siembra, a la floración y a la madurez fisiológica.

3. Velocidad del viento, humedad relativa del aire y temperatura durante el ciclo de los cultivos.

4. Estimación del daño de plagas y enfermedades en ambos cultivos.

El tamaño de la parcela fue de cuatro tiras de maíz y cuatro de frijol para la amplitud de ocho surcos y ocho tiras de cada cultivo cuando la amplitud fue de cuatro surcos. El ancho de los surcos en todos los casos fue de 0.85 m; los unicultivos ocuparon una superficie equivalente a la de las tiras. En el primer ciclo la longitud de los surcos fue de 50 m, en los ciclos siguientes se consideró suficiente 20 m.

En 1981 P-V se utilizó la variedad de maíz H-412, en 1982 0-1 la variedad H-417 y en 1982 P-V se utilizaron tres variedades: (1) H-412; (2) V-402 y (3) H-421.

Para estimar el rendimiento del maíz y del frijol se cosecharon 10 m centrales de cada surco con el objeto de detectar la posible menor competencia en los surcos laterales de las tiras de maíz y diferencias proporcionales a la distancia de la cortina en el caso del frijol.

Los parámetros ERTF y ERTI descritos en la literatura se utilizaron para determinar el sistema con el cual se hi-

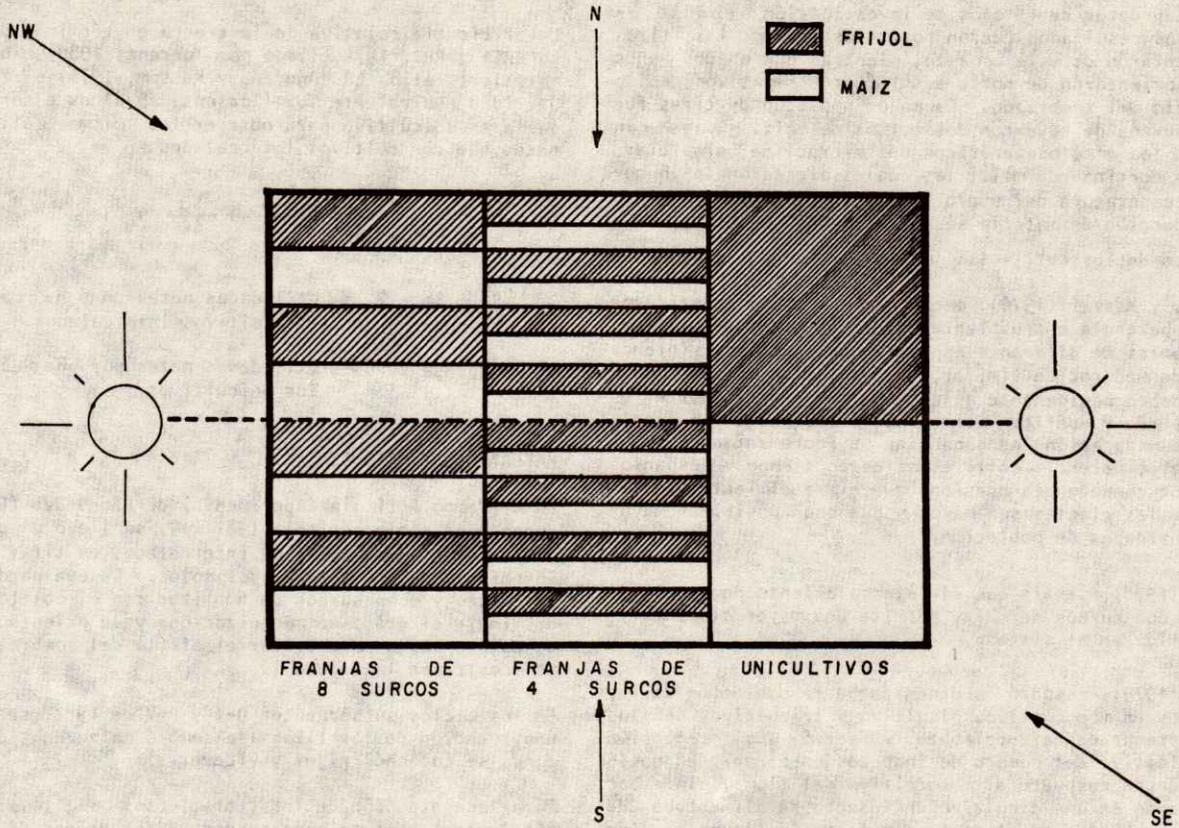


Fig. 1 ARREGLO ESPACIAL DEL EXPERIMENTO DE MAIZ - FRIJOL INTERCALADO EN TIRAS DE 4 Y 8 SURCOS Y UNICULTIVO. CAERIB 1982.

zo un uso más eficiente de la tierra en términos de kg/ha y de \$/ha.

RESULTADOS Y DISCUSION

Microclima Propiciado por el Sistema

Con respecto a los cambios ambientales entre el cultivo de frijol intercalado en tiras y sembrado solo, se detectó lo siguiente:

1. La velocidad del viento se redujo a menos de un kilómetro por hora cuando la cortina de maíz alcanzó más de un metro de altura, mientras que las velocidades medidas a la intemperie variaron de nueve a 18 kilómetros por hora.
2. Se detectó mayor humedad relativa del aire en el cultivo de frijol intercalado en tiras que en el unicultivo (Figura 2).
3. Mayor humedad del suelo en las tiras de frijol que en el mismo cultivo sembrado solo (Cuadro 1).
4. No se registró cambio aparente entre la temperatura de las tiras de frijol y la registrada en el cultivo solo.

Cuadro 1. Humedad del suelo (5) de 0-30 cm en tiras de cuatro surcos y unicultivo de frijol.

Epoca de Muestreo	Ciclo Agrícola	Húmedad en	
		Tiras de Cuatro Surcos	Unicultivo
%			
Mes de la Siembra	1982 0-1	24.3	25.4
Floración	1982 P-V	24.9	19.9
Madurez Fisiológica	1982 0-1	32.7	26.6
	1982 P-V	26.6	23.6
	1982 0-1	22.4	20.5
	1982 P-V	22.6	22.3

5. Se observó mayor sombreado en los surcos de las tiras de frijol más próximas a la cortina de maíz del lado sur como se aprecia en la Figura 3; esto se debió a: (1) las hojas de maíz orientadas casi siempre hacia el norte sombrearon los surcos de frijol más próximos y (2) por encontrarnos al norte del Ecuador recibimos los rayos so

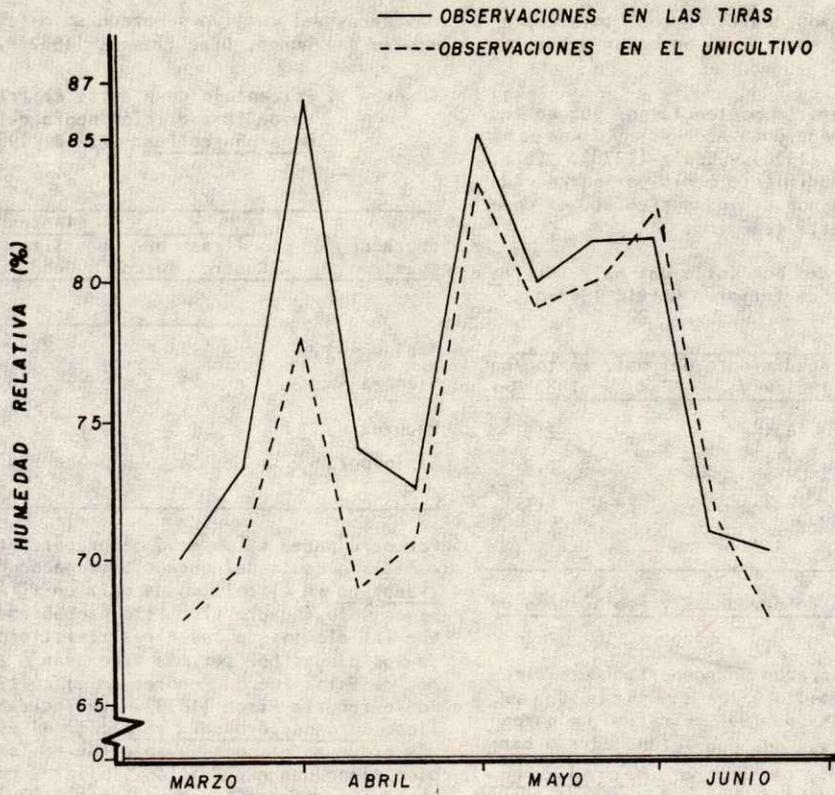


Fig. 2 HUMEDAD RELATIVA REGISTRADA EN EL FRIJOL INTERCALADO CON MAIZ Y EN EL UNICULTIVO DE FRIJOL. CAERIB 1982.

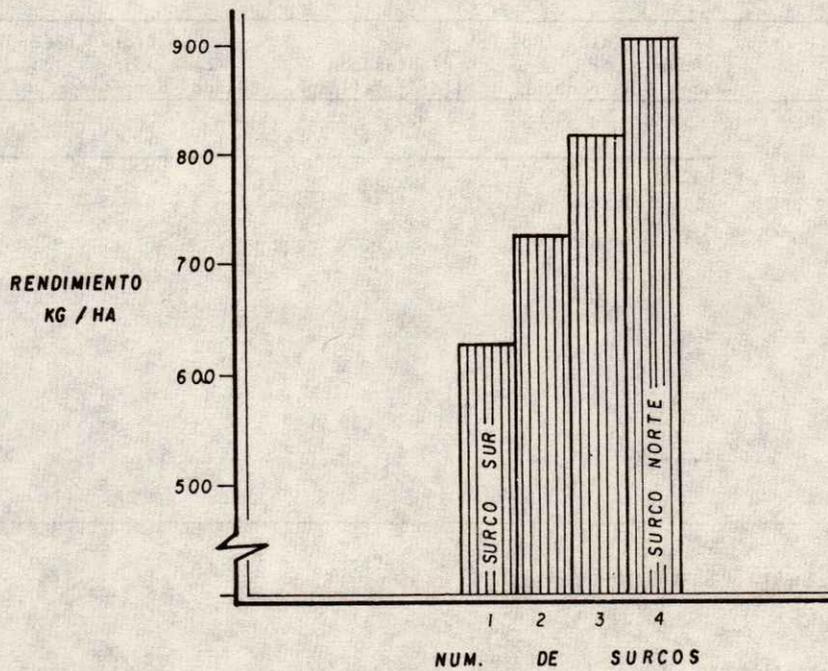


FIG. 3 RENDIMIENTO MEDIO POR SURCO DEL FRIJOL INTERCALADO EN TIRAS CON MAIZ. CAERIB 1982 P-V

lares inclinados del sur, los cuales fueron interceptados por la cortina de maíz sombreando en mayor grado los surcos del lado sur.

6. En maíz se observó menor competencia por luz en los surcos laterales como lo mencionan Andrews y Kassam, (1976); Radque y Hagstrom, (1976) y Lépiz (1978). En el Cuadro 2, se muestra el rendimiento medio por surcos de las tiras más estrechas en dos ciclos agrícolas, en donde se observa claramente este fenómeno.

Cuadro 2. Rendimiento medio por surco del maíz intercalado con tiras de frijol. CAERIB 1981-82.

No. de surco	Rendimiento del maíz en ton/ha	
	1981 P-V	1982 0-1
1. (surco sur)	4.1	2.9
2. (surco central)	3.1	2.9
3. (surco central)	2.2	3.1
4. (surco norte)	4.3	4.9

Efecto sobre Incidencia de Enfermedades y Poblaciones de Insectos.

Los organismos dañinos mostraron un comportamiento diferente en las tiras con respecto a las siembras solas, por ejemplo, en el ciclo P-V de 1981 se estimó un porcentaje mayor de plantas muertas por pudrición negra o carbonosa del tallo (Cuadro 3), causada por *Macrophomina phaseolina*; probablemente debido a que las condiciones

más secas del cultivo sembrado solo favorecieron el desarrollo del hongo, Díaz Franco, (1982)*.

Cuadro 3. Porcentaje de plantas de frijol muertas a causa de la pudrición negra del tallo *Macrophomina phaseolina*. CAERIB. 1981 P-V.

Epoca de Muestreo	Plantas muertas en		
	Tiras de Cuatro surcos	Tiras de Ocho surcos	Unicultivo
	%		
Mes de la Siembra	23	38	55
Madurez Fisiológica	54	88	85

Por otra parte se observó menor porcentaje de plantas acamadas a causa del gusano barrenador del tallo *Zea diatraea* spp en el cultivo de maíz en tiras que en el sembrado solo (Cuadro 4). Esto probablemente se debió a que las plantas de las tiras resistieron más al ataque de las plagas por ser más vigorosas o a que las poblaciones de éstas fueron menores en el cultivo intercalado como lo reporta Risch (1979). La incidencia de mildiú vellosa *Peronosclerospora sorghi* en el ciclo 1982 P-V fue más grave en el cultivo solo que en las tiras; esto también tiene una explicación similar y concuerda con las observaciones de Campos y Alemás (1979).

Cuadro 4. Porcentaje de acame de plantas de maíz provocado por gusano barrenador del tallo *Zea diatraea* spp y atacadas por mildiú vellosa *Peronosclerospora sorghi*.

Sistema	Ciclo 1981 P-V		Ciclo 1982 0-1	
	Acame por Gusano	Plantas con Barrenador Mildiú Velloso	Acame por Gusano	Plantas con Barrenador Mildiú Velloso
	%			
Maíz solo	80	*	36	10.7
Maíz - Frijol tiras de ocho surcos	--	*	21	7.7
Maíz - Frijol tiras de cuatro surcos	40	*	19	3.5

En 1981 P-V sembró maíz H-412 y en 1982 0-1 H-417

* = Ataque imperceptible

-- = No se hizo la observación

* Comunicación personal.

Artículos Científicos División III

Con el objeto de optimizar el factor tiempo, en el ciclo P-V de 1982, se sembraron tres materiales de maíz como cultivo de relevo (después de la cosecha de las tiras de frijol, pero antes de la cosecha de las tiras de maíz), los resultados de este ciclo no concordaron con los de los dos anteriores, ya que al desvarar los residuos de cosecha del maíz anterior, la paja cubrió las plántulas vecinas, las que sufrieron mayor daño de algunas plagas como gusanos cogolleros *Spodoptera frugiperda*, gusanos trozadores *Agrotis ipsilon* y pulga negra *Chaetocnema* sp; lo que ocasionó una disminución de la población de plantas sobre todo en los surcos laterales.

Efecto en el Rendimiento de los Cultivos

El microclima propiciado por el sistema maíz - frijol intercalado en tiras y el comportamiento diferente de algunos organismos dañinos con respecto al unicultivo, afectaron por consecuencia el rendimiento de los cultivos.

En el Cuadro 5, se observa que en 1981 P-V el rendimiento de las tiras de maíz (H-412) de cuatro surcos superaron en rendimiento a las de ocho, las que fueron mejores que el unicultivo. El rendimiento en grano del frijol (Negro Jamapa) fue nulo, debido a un ataque severo de pudrición negra del tallo.

En 1982 Q-I el maíz en tiras (H-417) respondió de la misma manera que en el ciclo anterior. En este ciclo se esperaba un rendimiento alto del frijol y diferencias más notables entre las tiras y el unicultivo, ya que la producción de materia seca por metro de surco estimado a la floración fue de 102, 93 y 82 gramos en tiras de cuatro surcos, ocho surcos y unicultivo respectivamente, sin embargo, ocurrió una tormenta en el mes de mayo, por lo que los rendimientos de las tiras y el unicultivo fueron muy similares; se asume que el daño por exceso de humedad por la pérdida más lenta de la humedad del suelo.

En 1982 P-V en el que se usaron tres variedades de maíz (H-412, V-402 y H-421) como cultivo de relevo, únicamente la primera se comportó igual que en los dos ciclos an-

teriores; las otras dos variedades rindieron más como cultivos solos que intercalados con frijol por los problemas de plagas mencionados anteriormente.

Después de analizar los rendimientos de los tres ciclos, nos damos cuenta que en algunos casos los rendimientos individuales fueron mejores en el unicultivo, sin embargo, el análisis conjunto de los dos cultivos por medio del parámetro ERTF, el sistema más eficiente fue el intercalado en tiras de cuatro surcos de amplitud, el que superó en la mayoría de los casos a los cultivos sembrados solos.

Por último, en el Cuadro 6, se observa que desde el punto de vista económico de acuerdo al parámetro ERTI, las diferencias fueron más notables a favor del sistema maíz frijol intercalados en tiras de cuatro surcos.

CONCLUSIONES

Con el sistema de cultivos maíz-frijol intercalados en tiras, se hace un uso más eficiente de la tierra desde los puntos de vista agronómico y económico. Las tiras de cuatro surcos de amplitud superaron a las de ocho, las que fueron mejores que los cultivos solos.

Existe la posibilidad de incrementar la densidad de población en las tiras de maíz y hacer aún más eficiente este sistema, al aprovechar la menor competencia por luz factor limitante cuando se utilizan altas densidades.

El sistema tiene algunas desventajas que debe superarse, como es el hecho de retener mayor humedad del suelo en las tiras de frijol, por lo que en caso de ocurrir precipitaciones son mayores los riesgos de pérdidas por exceso de humedad.

Aunque existen evidencias de la disminución de las poblaciones de algunas plagas y de la incidencia de algunas enfermedades, el conocimiento es limitado, ya que aparentemente en las siembras de relevo el problema de plagas es más grave en las tiras.

Cuadro 5. Rendimientos y eficiencia relativa de la tierra en terminos de producto físico (ERTF) del sistema maíz - frijol intercalado en tiras y unicultivo. CAERIB, 1981-82.

S i s t e m a	1981	P-V	1982	0-I	1982	P-V
	Rendimiento ton/ha	ERTF	Rendimiento ton/ha	ERTF	Rendimiento ton/ha	ERTF
Maíz	2.1 -		2.7 -		2.1 -	
Unicultivo					2.8 -	
					3.9 -	
Maíz - frijol intercalados en tiras de ocho surcos	2.9 - 0.0	1.4	3.4 - .245	2.1	2.2 - .55 2.3 - .55 3.3 - .55	2.1 1.9 1.9
Maíz - frijol intercalados en tiras de cuatro surcos	2.9 - 0.0	1.4	3.4 - .245	2.1	2.2 - .55 2.3 - .55 3.3 - .55	2.1 1.9 1.9
Frijol Unicultivo	- 0.0		- .293		- .55	

Cuadro 6. Utilidades Netas y Eficiencia Relativa de la Tierra en Términos de Ingreso (ERTI) del Sistema Maíz-Frijol Intercalado en Tiras y Unicultivo. CAERIB 1981 - 82.

Sistema	1981 P-V		1982 0-1		1982 P-V	
	Utilidades Miles \$/ha	ERTI	Utilidades Miles \$/ha	ERTI	Utilidades Miles \$/ha	ERTI
	\$ 9.7 -		\$ 15.0 -		\$ 9.7 -	
Maíz Unicultivo					\$ 15.8 -	
					\$ 25.6 -	
Maíz - Frijol intercalados en tiras de ocho surcos	\$ 16.8 - \$(-)5.3	2.7	\$ 21.2 - \$(-).18	1.2	\$ 10.6 - 6.3 \$ 11.5 - 6.3 \$ 20.3 - 6.3	2.2 1.8 1.9
Maíz - Frijol intercalados en tiras de cuatro surcos	\$ 23.0 - \$(-)5.3	3.4	\$ 25.6 - \$ 1.7	3.7	\$ 16.8 - \$ 15.0 \$ 11.5 - \$ 15.0 \$ 20.3 - \$ 15.0	4.4 3.4 3.5
Frijol Unicultivo	- \$(-)5.3		- \$.84		- 5.6	

LITERATURA CITADA

- Andrews D.J. y Kassam A.H. 1976. The importance of Multiple Cropping in increasing World Food Supplies. p.p. 1-10. In: R.I. Papendick, P.A. Sánchez y G.B. Triplett (ed). Multiple Cropping Spec. Pub. No. 27 Am. Soc. of Agron.
- Campos, E.A. y P. Alemán R. 1979. Asociación Maíz-Frijol. En Informe 1977. Campo Agr. Exp. los Altos de Jalisco. CIAB. INIA. SARH. México. Pág. MF1-MF9.
- Francis C.A., Flor C.A., and Temple S.R. 1976. Adapting Varieties for Intercropped Systems in Tropics p.p. 235-253 In: R.I. Papendick, P. A. Sánchez and G.B. Triplett (ed). Multiple Cropping Spec. Pub. No. 27 Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- Grace J. 1977. Plant Response to Wind. New York. Academic Press. p.p. 131-142.
- Lépiz I., Rogelio. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 304 p.
- Márquez Sánchez, Fidel 1977. Clasificación tecnológica de los sistemas de producción agrícola (agrosistemas) según los ejes espacio y tiempo. En agrosistemas de México. Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. México, Colegio de Postgraduados. p.p. 255-275.
- Montes R.R. 1979. Incidencia de enfermedades en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrado solo y asociado con maíz. Tesis M.C., C.P. Chapingo, México.
- Radke, F.K. y Hagstrom, R.T. 1976. Strip Intercropping for wind protection p.p. 201-234 En: R.I. Papendick, P.A. Sánchez y G.B. Triplett ed. Multiple Cropping Spec. Pub. No. 27 Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- Risch, S.J. 1979. Efecto de la diversificación de plantas sobre la dinámica poblacional de varias plagas de la familia chrysomelidae en monocultivo y policultivo de maíz, frijol y calabaza en Costa Rica. López B. : Lastra G; Anzulez, T; Samaniego, A. y Rodríguez B. (Resumen). Ph. D. Tesis de la Universidad de Michigan.
- Shipton, P.J. 1977. Monocultivo and soil borne plant Pathogens. Annual Review of Phytopathology. 15: 387-407.
- Trenbath B.R. 1976. Plant Interactions in Mixed

Artículos Científicos División III

- Crop Communities p.p. 129 - 169. In: R.I. Pa pendick, P.A. Sánchez y G.B. Triplett (ed) Multiple Cropping Spec. pub. No. 27 Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
12. Turrent Fernández, Antonio. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Ponencia presentada en el X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas.
13. Turrent Fernández, Antonio. 1978. Ponencia presentada en el XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 15-17 de Noviembre 1978, Villahermosa, Tab.
14. Willey, R.W. 1979. Intercropping. Its importance and Research needs. Part. 1. Completion and yield advantages. Field Crop Abstracts. 32 (1): 1-10.
15. Willey, R.X. 1979. Intercropping. Its importance and Research needs. Part. 2, Agronomy and Research approaches. Field Crop Abstracts. 32 (2): 74-85.

EL RIEGO: UNA ALTERNATIVA PARA LA APLICACION DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TRIGO EN EL VALLE DE NOCHIXTLAN, OAXACA⁺

Sandoval Castro, E.*
Castañeda Palomera, A.**

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo tienen como finalidad comparar los métodos de fertilización en el cultivo de trigo bajo condiciones de riego, el efecto que tiene aplicar fertilizante sólido en agua de riego y la reducción de costos en la producción del mismo cultivo. El trabajo se realizó en el área del Plan Nochixtlán, Oax. en el Valle del mismo nombre del Plan. La fertilización fraccionada en agua de riego (aplicando una en cada riego) tiene buenos resultados debido a que se incrementa en más de una tonelada de grano de trigo por hectárea, además de que se puede reducir la cantidad de fertilizante. Aunado a esto, se reducen los costos de producción ya que el fertilizante se tira en el agua de riego y el mismo personal que se emplea para el riego puede fertilizar.

Esta tecnología no requiere de mucho costo, únicamente colocar un dispositivo en el canal de riego que provee de agua a la parcela, regulando el gasto de acuerdo al tiempo de riego para aplicar las cantidades de fertilizantes requeridos.

Cabe señalar que para aplicar fertilizantes en agua de riego, debe de estar el terreno bien nivelado para obtener una buena distribución del agua y de los fertilizantes. En estudios posteriores que se realicen sobre el tema, se podrían obtener mejores recomendaciones, optimizando la producción no sólo del trigo sino también en otros cultivos donde se emplea infraestructura para pequeña irrigación.

ABSTRACT

The main objective of this study was to compare two methods of applying fertilizer to irrigated wheat on a clay soil: broadcasted and dissolved applied in the irrigation water. A field experiment that involved five treatments replicated four times, was conducted. Two of the treatments involved the broadcasted application at planting time; in two other treatments the fertilizer was applied through the irrigation water on four occasions; the fifth treatment was the unfertilized check. Highly significant statistical differences were found. The application of fertilizer with the irrigation water was associated with a yield 1947 kg/ha higher than that associated with the broadcasted application of fertilizer.

INTRODUCCION

En los últimos años en el Valle de Nochixtlán, Oax., se están incorporando nuevas tierras al sistema de pequeña irrigación. Esta situación representa nuevas perspectivas para los pequeños productores beneficiados con estas obras. Ahora bien, estas perspectivas demandarán cambios socioeconómicos en el productor y en las políticas de apoyo de las instituciones del sector agropecuario. La generación de nuevas tecnologías que mejoren el uso de los recursos en estos sistemas de pequeña irrigación es uno de los apoyos inmediatos que se les debe dar a los productores; con el uso de los fertilizantes, el agua de riego, variedades mejoradas y nuevos sistemas de produc-

ción. En el caso particular de esta investigación, se enfocó el esfuerzo hacia el uso y manejo de los fertilizantes.

El uso de los fertilizantes es cada día más común en la mayoría de los cultivos agrícolas. Los métodos de fertilización más frecuentes son; en banda, al voleo, aspersiones foliares, gases aplicados al suelo y fertilizantes líquidos aplicados en agua de riego. El presente trabajo tiene como objetivos: 1) comparar dos métodos de fertilización en el cultivo de trigo bajo condiciones de riego y 2) determinar el efecto que tiene aplicar fertilizante sólido en agua de riego sobre el rendimiento del cultivo. Los métodos que se comparan son: al voleo y

⁺ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.

* Ingeniero Agrónomo. Investigador Asistente, Colegio de Postgraduados.

** Maestro en Ciencias. Investigador Docente, Colegio de Postgraduados.

fertilizantes sólidos diluidos aplicados en agua de riego.

Según la información experimental la fertilización fraccionada en agua de riego (aplicando una fracción en cada riego) tiene buenos resultados ya que se incrementa al rendimiento de trigo en más de una tonelada, además, se puede reducir la cantidad de fertilizante sólido aplicado y tener una mayor aprovechabilidad del mismo.

Esta tecnología no requiere de mucho costo, únicamente - colocar un dispositivo en el canal de riego que provee de agua a la parcela, regulando el gasto de acuerdo al tiempo de riego para aplicar las cantidades de fertilizantes requeridas.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Aplicación de fertilizantes en solución

La práctica de fertilización en agua de riego se viene realizando desde hace tiempo en varios países. En E.U.A. se aplican fertilizantes en solución con agua de riego por superficie, siendo más utilizados los nitrogenados; obteniendo un ahorro de mano de obra en llevar el fertilizante hasta el predio o parcela, obteniendo mayor eficiencia y aumento en los rendimientos (Tisdale y Nelson 1977).

Por otro lado, Aldrich y Leng (1974), mencionan que no existe diferencia en aplicar los fertilizantes secos (urea y sulfato, etc.) en solución, siendo su aprovechabilidad igual que si se aplican secos. Sin embargo, estos mismos autores nos dicen que los trifosfatos ($H_2PO_4^-$) de los fertilizantes fosfatados, tienen una solubilidad lenta, por lo tanto si al superfosfato de calcio se aplica ya solubilizado, queda esto para que la planta lo asimile.

Es muy común que se utilicen soluciones nitrogenadas, principalmente agua amoniacal, lo cual se mezcla con fertilizantes sólidos para su uso en los cultivos (Mustian, 1979, citado en Apuntes del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados, 1982).

Para la aplicación de fertilizantes se deben tomar en cuenta los factores, cuándo, cómo y dónde, bajo las condiciones de: características del cultivo, suelo, época del año y estado del tiempo, además de otros aspectos socioeconómicos y laborales (Fundora y otros, 1979).

2. Aprovechabilidad de los fertilizantes en solución.

Gavante (1973), describe las pérdidas de nutrientes por lixiviación. Una excesiva lluvia o riego puede ocasionar esta pérdida, especialmente en los nitrogenados y en menor grado potásicos; el caso de los fosforados, como forman complejos insolubles casi no son arrastrados por solución; siendo los componentes de nitrógeno y del calcio los más lixiviados.

El fertilizante una vez solubilizado, se mueve de acuerdo al tipo de suelo y contenido de humedad. Los fertilizantes nitrogenados se mueven más rápidamente que los fosfatados y potásicos; el amonio (NH_4^+) se fija en el complejo de intercambio, mientras que los nitratos (NO_3^-) en solución, se mueven conforme la humedad. El fósforo es casi inmóvil, y generalmente queda en la parte donde se coloca y aunque el fósforo hidrosoluble se mueve a corta distancia. El ión potasio (K^+) tiende a unirse al complejo de intercambio (Tisdale y Nelson, 1977).

Los superfosfatos, al disolverse se forma el trifosfato

($H_2PO_4^-$) que es la forma más asimilable por las plantas y en menor proporción el bifosfato (HPO_4^{2-}), éstos pueden pasar a formas insolubles lo cual va a depender del tipo del suelo. El cloruro de potasio al disolverse puede formar parte de los coloides o fijarse en ellos y en solución ser introducido por los pelos absorbentes (Rodríguez, 1982.).

El NH_3 (amoníaco diluido) al reaccionar con el ión H^+ adheriéndose a los coloides. La urea siendo muy soluble, en uno o dos días se desplaza en solución igual que el NH_3 .

El nitrato de amonio (NO_3NH_4) al solubilizarse en NH_4^+ se adhiere a los coloides o son atrapados por las lamíνας de arcilla; los NO_3^- siguen diferentes caminos, utilizados por las raíces y los microorganismos, desplazarse en solución y desnitrificación el cual se pierde en forma de gas (Aldrich y Leng, 1974).

Los fertilizantes fosfatados al entrar en contacto con el agua desprende una solución muy ácida (pH de 1.01 a 1.48) conteniendo $H_2PO_4^-$ Ca soltándolos poco a poco y posteriormente esta solución va aumentando de pH. Estos compuestos pueden pasar a formas insolubles o ser aprovechados por las plantas, es por eso que el 10-20% del fósforo aplicado al suelo es aprovechado por las plantas, (Collins-George-Davey/Smilles, 1971) y (Aldrich y Leng, 1974).

MATERIALES Y METODOS

El experimento fue instalado en la zona de riego del Valle de Nochistlán, en el Municipio de Sinaxtla, a una altura de 1960 msnm; en suelo con pendiente menor de 0.5%, profundos de aluvión. Las características físicas y químicas del suelo se presentan en el Cuadro 1, observemos que tiene un pH elevado, poca materia orgánica, nitrógeno y fósforo, alto contenido de calcio soluble, no hay problemas con sodio; las constantes de humedad son: capacidad de campo (CC) = 26% y punto de marchitez permanente (pmp) = 13%. El análisis mecánico nos muestra que es un suelo arcilloso.

Cuadro 1. Análisis de muestras de suelo del sitio experimental. Trigo 0.1. 82/83, en 0-20 y 20-40 cm.

Concepto	Profundidad (cm)		Unidad
	0-20	20-40	
Químicas:			
Reacción al suelo (pH)	8.1	8.0	---
Conductividad eléctrica	0.2	0.16	mmhos/cm-a 25°C
Materia orgánica	1.89	1.88	%
Nitrógeno	0.11	0.11	%
Fósforo	6.25	6.87	p.p.m.
Calcio (soluble)	49.50	51.00	meq/100gr de suelo
Magnesio (intercambiable)	4.11	4.11	meq/100gr de suelo
Potasio (intercambiable)	1.15	0.92	meq/100gr de suelo
Sodio (intercambiable)	0.90	0.87	meq/100gr de suelo

Físicas:

Capacidad de campo (0.3 atm)	25.58	26.22	%
Punto de marchitamiento permanente 915 atm)	13.07	13.41	%
Densidad aparente	1.24	1.20	gr/cc.
Textura: arena	25	25	%
Limo	32	33	%
Arcilla	(arcilloso)	(arcilloso)	

Para el establecimiento del experimento se preparó el terreno con tracción mecánica. La siembra fue al voleo, tapando con paso de rastra, posteriormente se bordeó cada unidad experimental para aislar una parcela de otra.

Se controlaron las malezas durante todo el ciclo; en cuanto a plagas y enfermedades éstas no se presentaron. La cosecha se realizó en forma manual, utilizando un cuadro de 2 x 2 m (4m²), siendo éste la parcela útil; posteriormente se trilló mecánicamente, se limpió manualmente y se determinó humedad. Se tomó como humedad a ajustar el 14%.

Aplicación de Agua:

Se utilizó el método de determinación de humedad para aplicar el riego, de acuerdo a la humedad requerida. En

la gráfica 1, se observa el balanceo de humedad en el suelo y la relación con las etapas fenológicas del cultivo.

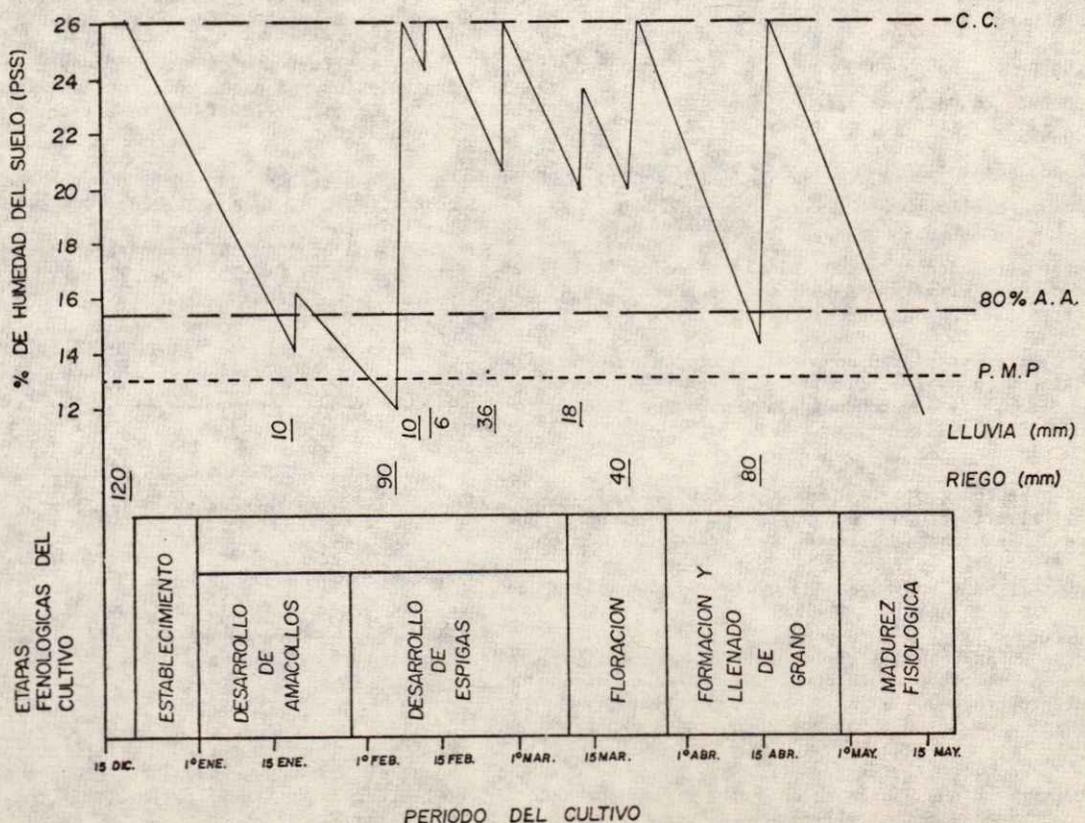
Aplicación de Fertilizantes:

En los tratamientos 3 y 4 la aplicación fue tal y como se realiza en la región, todo el fertilizante al momento de la siembra o bien aplicar todo el P₂O₅ y 1/2 de N en siembra y el resto de N (1/2) en la etapa de amacollo; aplicados al voleo en el terreno, en la siembra se tapó con la rastra conjuntamente con la semilla y en la segunda aplicación se realizó después del segundo riego, quedándose en la superficie. Estos tratamientos y el no fertilizado (0-0-135) nos sirvieron de testigos para comparar los dos primeros.

En cuanto a los dos tratamientos primeros la fertilización se realizó de acuerdo con los objetivos del presente trabajo. Se varió la cantidad de fertilizantes para comprobar este método de fertilización y su eficacia. Para realizar esta práctica, se determinó en laboratorio el coeficiente de dilución de los fertilizantes, para tal se hicieron varios experimentos conforme nos muestra el esquema de la Figura 1, pesando una cantidad de cada uno de los fertilizantes, se le aplicó un volumen determinado de agua, mediante la medición de gasto (Q). Como el gasto es constante en la entrada y salida, después de disolver todo el fertilizante se tomó el tiempo, calculando el volumen de agua con la fórmula $Q=V/t$ donde;

- Q = gasto
- V = volumen
- t = tiempo

GRAFICA 1. BALANCEO DE HUMEDAD DEL SUELO RELACIONADAS CON LAS ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO.



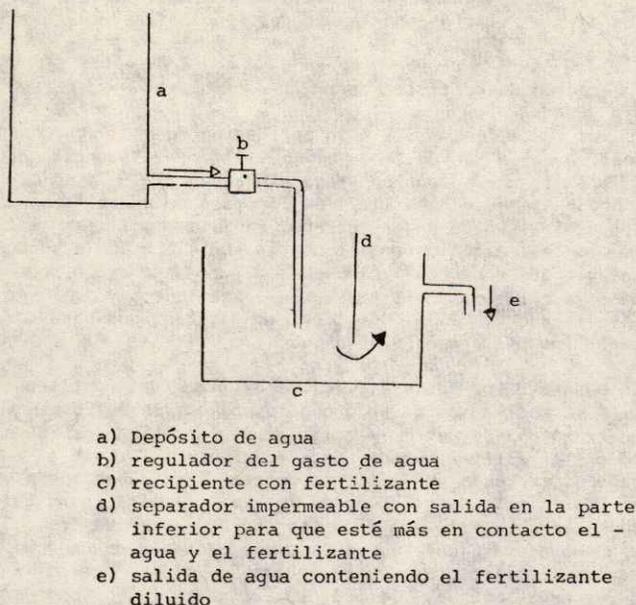


Figura 1. Esquema del aparato empleado en la determinación del coeficiente de dilución y aplicación de fertilizantes en agua de riego.

También se realizaron prácticas mediante la medición de agua desalojada, obteniendo resultados similares.

La cantidad de fertilizante diluido por unidad de volumen es el siguiente:

Urea (46-0-0)	10-11 g/litro
Superfosfato de Calcio Triple (0-46-0)	1-1.5 g/litro
Sulfato de Amonio (20.5-0-0)	10-12 g/litro
Cloruro de Potasio (0-0-60)	4-5 g/litro

Una vez determinado este coeficiente se calculó el agua requerida para disolver la cantidad de fertilizante por aplicar en cada unidad experimental.

El trabajo se estableció en el ciclo otoño-invierno 82-83 utilizando la variedad de trigo Pavón F-76, una de las recomendadas. El número de tratamientos fue de 5 de acuerdo al Cuadro 2.

Los dos primeros tratamientos son de acuerdo al método de fertilización propuesto en este trabajo, mientras que los tres tratamientos restantes son las formas más comunes de fertilizar en la región. Las fuentes de fertilización utilizados son: Urea (46-0-0) y Superfosfato de Calcio Triple (0-46-0).

El tamaño de la unidad experimental fue de 16m² (4x4) se parados un metro una de la otra. Se emplea un diseño de tratamientos, bloques al azar, con 4 repeticiones por tratamiento, dando un total de 20 unidades experimentales.

Como ya se mencionó, se fraccionó en 4 partes por separado de cada fuente de fertilizante para ser aplicados una

CUADRO 2. Lista de Tratamientos del Experimento de Trigo de riego, Sinaxtla 0.1 82/83.

No.	Tratamientos			Forma y oportunidad de aplicación de fertilizante
	N	P ₂ O ₅	D	
1	80	50	135	Diluido en agua de riego fraccionado en 4 partes, aplicando una en cada riego
2	120	90	135	Diluido en agua de riego fraccionado en 4 partes, aplicado una en cada riego
3	120	90	135	Al voleo aplicando todo al momento de la siembra
4	120	90	135	Al voleo aplicando todo el P ₂ O ₅ y 1/2 de N en la siembra
5	0	0	135	Sin fertilizante

parte en cada riego, aplicándose en el momento del riego, similar al esquema de la Figura 1.

En los análisis estadísticos se utilizó una prueba de F y otra de 5 (Diferencia Mínima Significativa).

RESULTADOS Y DISCUSION

Antes de presentar los resultados obtenidos cabe señalar que los rendimientos fueron bajos; ésto fue debido a los problemas que se tuvieron en la adquisición del agua de riego, los cuales afectaron al rendimiento de todos los tratamientos. Sin embargo, como se afectó a todos los tratamientos por igual los resultados tienen una cierta confiabilidad.

En los análisis de varianza, o prueba de F, presentados en el Cuadro 3, tenemos que hay una alta significancia a tratamientos, aunque también la tenemos en repeticiones, (cabe señalar que aquí no entraron los resultados del tratamiento 5, 0-0-135).

CUADRO 3. Análisis de Varianza del Trigo de Riego, Sinaxtla 0.1. 82/83

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal	F. TABLAS	
					5%	1%
Totales	15	8592622				
Repeticiones	3	2234679	744893	15.51**	3.86	6.99
Tratamientos	3	5926811	1975603	41.15***	3.86	6.99
Error	9	432131	48014			

** Alta significancia

*** Muy alta significancia

Haciendo un análisis con la prueba de t (de Student) tenemos el Cuadro 4, el cual nos muestra el valor de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) con límites de confianza de 5% y 1%.

CUADRO 4. Comparación de Medias de Rendimiento Entre los Tratamientos Estudiados.

Trat. No.	N	P ₂ O ₅	D	Formas de Aplicación	Rdtos. Totales (Kg/ha)	Rdto. Medio (Kg/ha)
1	80	50	135	Diluído	13611	3402 *
2	120	90	135	Diluído	17143	4285 *
3	120	90	135	Normal Fracc.	11225	2806
4	120	90	135	Normal R. S.	11170	2792
5	0	0	135	=	3030	757

DMS 1% = 741 kg y DMS 5% 350 kg

Como podemos observar en este Cuadro, la diferencia (596 Kg) entre el tratamiento con fertilización más baja aplicado en forma diluida y el tratamiento fertilizante, es superior al valor de la DMS al 5% (350 Kg); ya no digamos el tratamiento con la misma fertilización (120-90) aplicado en agua de riego, que presenta una diferencia a su favor de 1,479 Kg/ha.

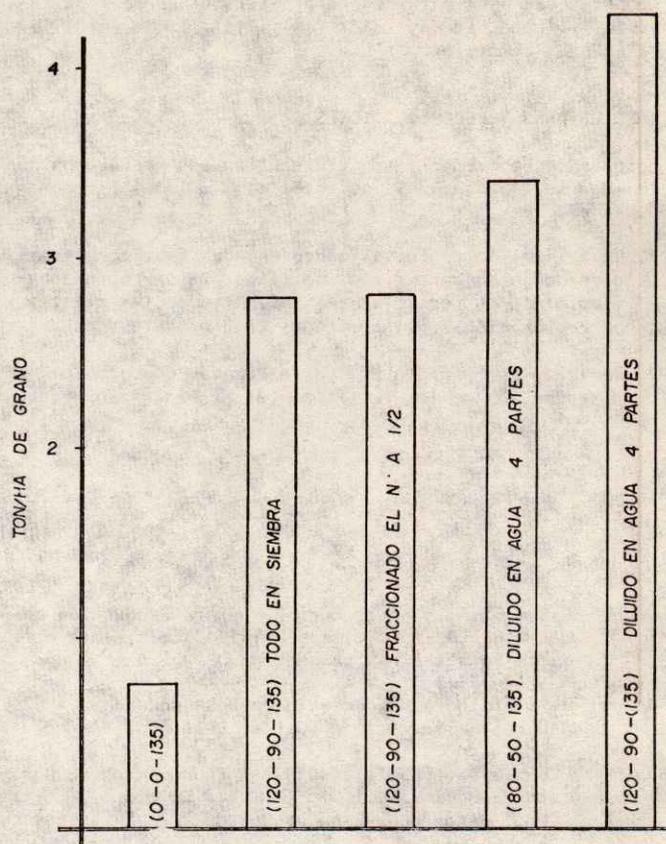
La bibliografía nos cita que los fertilizantes para que sean aprovechados por la planta, es necesario que se solubilizan con la humedad una vez incorporados al suelo. Además, nos dicen que la misma planta está tomando poco a poco los nutrientes del suelo, en pequeñas cantidades cada día y de acuerdo a la etapa fenológica. En base a estas consideraciones, podemos aplicar el por qué del incremento en el rendimiento cuando se aplica el fertilizante en agua de riego.

En el caso del cultivo del trigo al voleo, cuando se aplica el fertilizante en forma diluida tiene una distribución más uniforme en el suelo, conforme va penetrando la humedad en el mismo a todas partes donde se encuentran las raíces. Teniendo un buen control de la humedad se puede mantener el suelo bien fertilizado, sin pérdidas por lixiviación e incluso por volatilización. Además, al utilizar este método se está aplicando el fertilizante en forma fraccionada, es decir, que se divide de acuerdo a los riesgos programados, de tal forma, que en todo tiempo la planta tendrá disponible el fertilizante ya disuelto.

En los métodos tradicionales, ya sea todo el fertilizante en la siembra o cuando se aplica en amacollo, se dispersa el fertilizante sólido en el suelo, la planta tiene que esperar que entre en contacto con el agua para que se disuelvan y lo puedan aprovechar. En el caso de los fertilizantes nitrogenados por su alta solubilidad tienden a perderse o a ser utilizados por microorganismos. Cuando se fraccionan los fertilizantes nitrogenados, en siembra y segunda aplicación, en la primera se entierra con la siembra, y mientras que en la segunda aplicación, como se distribuye al voleo, éste queda en la superficie y al entrar en contacto con la humedad se forma NH₃ el cual se pierde en forma de gas por estar en la superficie. En recientes investigaciones realizadas en el Plan Nochixtlán, nos dan una idea de lo que representan estas pérdidas; de tal forma que tapando con tierra la segunda aplicación de fertilizante, se obtienen rendimientos más altos que cuando no se tapa.

Los fertilizantes fosfóricos no tienen problemas de pérdidas, ya que es un elemento casi inmóvil en el suelo; además tiene una lenta y poca solubilidad. Sin embargo, presenta el problema de que se va solubilizando una parte y va pasando a compuestos complejos insolubles. La

GRAFICA 2. RENDIMIENTOS MEDIOS DE CADA TRATAMIENTO



aplicación del fósforo con el método de fertilización propuesto, tiene ventajas sobre el tradicional; se aplica ya solubilizado y fraccionado en cada una de las etapas fenológicas en que lo está necesitando la planta, disminuye la probabilidad de que formen otros compuestos insolubles.

En la Gráfica 2, observamos que los métodos tradicionales de fertilización tienen menos rendimiento medio que el método de fertilización en agua de riego.

Estas diferencias tan claras en los rendimientos se deben a que con el método de fertilización en agua de riego la planta aprovecha mejor los fertilizantes debido a: 1) se le aplican ya solubilizados aprovechándolos la planta más fácilmente, 2) se le aplican en la etapa fenológica en que los necesita (siembra, desarrollo vegetativo, floración y formación y llenado de grano, en cada etapa se aplicó la misma cantidad).

Los estudios posteriores que se hagan al respecto, serán encaminados a variar las dosis en las diferentes etapas fenológicas, ya que en algunas etapas requiere de más nutrientes y la absorción es de mayor cantidad.

Las ventajas que tiene el método propuesto de fertilizar en cada riego (en trigo), consisten en que se realicen dos gastos al aplicarlo al voleo ya que el mismo personal que está regando aplicaría al mismo tiempo el fertilizante; además el aprovechamiento de los fertilizantes es más eficiente. Las ventajas que se presentan en este método de fertilización son: de que el terreno debe es-

tar bien nivelado, para que haya una mejor distribución del fertilizante y que se tenga un riego superficial altamente eficiente para controlar la cantidad de fertilizante aplicado; además se dificulta la aplicación de fertilizantes complejos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber analizado y discutido los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La aplicación de fertilizante en agua de riego fraccionándolo en cada riego, se tiene mayor aprovechamiento de los fertilizantes por parte de las plantas en comparación con los métodos tradicionales.
2. Teniendo un buen control de la humedad en el suelo, la distribución de los fertilizantes es más uniforme.

llevándose más en la zona de mayor actividad radicular.

3. Con la fertilización en agua de riego, los nutrientes son aplicados en la forma en que la planta los asimila más rápidamente.
4. Con el método propuesto se incrementan los rendimientos en el cultivo de trigo, lo mismo que se puede reducir la cantidad de fertilizante aplicado.
5. No se deben aplicar fertilizantes complejos con este método, ya que la diferencia de solubilidad de los compuestos que lo constituyen pueden ocasionar mala distribución en el terreno.
6. Es necesario hacer más investigaciones sobre este tema para definir las dosis más adecuadas de fertilizante relacionadas con la cantidad de semilla y método de siembra (voleo e hileras)

BIBLIOGRAFIA

- Aldrich, Samuel R. y Leng, Earl R. 1974. Producción moderna del maíz. Primera Edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados. 1982. Apuntes de Química de Suelos. Chapingo, México.
- Collis. George-Davey Smiles. 1971. Fundamentos de Agricultura Moderna Vol. I. Primera Edición. Edit. AEDOS. Barcelona, España.
- Fundora Herrera, O; Arzola, P.N. y Machado de Armas, J. 1979. Agroquímica. Primera Edición. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Gavande, Sampat. A. 1973. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones. Primera Edición. Edit. Limusa-WILEY, S.A. México, D. F.
- Rodríguez Suppo. Florencio. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. Primera Edición. Edit. A.G.T. Editor, S. A. México, D. F.
- Tisdale, S.L. y Nelson, E.L. 1977. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Segunda Edición. Edit. Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España.

ESTUDIO DE LA FERTILIZACION EN LA ASOCIACION MAIZ-FRIJOL DE GUIA CON FRIJOL DE MATA INTERCALADO SOBRE LA HILERA, EN TEMPORAL CON RIEGO DE AUXILIO, EN LA REGION DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA*

Vargas Salas, V. M.¹
Castañeda Hidalgo, E.²
Castañeda Palomera, A.³

RESUMEN

Este estudio se realizó en la comunidad de la Trinidad Zaachila, localizada en el centro del área de influencia del Plan Valles Centrales, Oaxaca (PRONDAAT). El sitio experimental quedó enmarcado en un terreno plano de color oscuro con alto contenido de arcilla.

En la región los sistemas de cultivo que involucran al maíz y al frijol, que son más practicados por el agricultor, son las siembras asociadas e intercaladas, ocupando aproximadamente un 30% de la superficie laborable. El objetivo de este estudio fue optimar la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la asociación maíz-frijol de guía con frijol de mata intercalada sobre la hilera en condiciones de temporal con riegos de auxilio. El diseño de tratamientos fue la matriz Plan Puebla I para tres factores, el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Al realizar los diferentes análisis se encontró que hubo respuesta al nitrógeno, fósforo y potasio, y la recomendación relacionada con el mayor ingreso neto es la 40-30-20 (N, P, K respectivamente) con un rendimiento físico de 2.996 ton/ha; de los cuales 2.670 son de maíz, 0.173 de frijol de guía y 0.153 de frijol de mata.

ABSTRACT

A field experiment on the triple association of maize and dry bean, determinant and undeterminant growth, under limited irrigation was conducted on a dark clay soil in the Oaxaca Central Valley, in order to study that crop's response to N, P and K fertilizers. The varieties involved were the local maize "bolita", the local dry bean "chivo", (undeterminant growth type UGT), and the "jamapa" improved variety, (determinant growth type DGT). The Plan Puebla I experimental matrix with 15 treatments replicated four times on a complete randomized block design was used. Maize and DGT dry beans responded to the NPK treatments. The method "Gráfico - Estadístico" was applied on the global grain yields (maize + UGT bean + DGT beans) led to the conclusion that treatment 40-30-20 (N-P₂O₅ - K₂O) was the most profitable one. Yields of the association was: Maize, 2.67 ton/ha; UGT beans, 0.17 ton/ha; DGT beans, 0.15 ton/ha.

INTRODUCCION

En la región la agricultura que se practica es de subsistencia ya que no se alcanza a cubrir la demanda local por los bajos rendimientos que se obtienen por unidad de superficie, esto es debido principalmente a la baja precipitación y a la irregularidad con que se presenta. En esta zona los cultivos de maíz y frijol ocupan el primero y segundo lugar en importancia por su superficie sembrada y porque forman parte de la alimentación diaria de la familia.

Una de las prácticas que utiliza el agricultor para asegurar algo de producción de grano es la utilización de

sistemas múltiples, asociados, intercalados e imbricados. Otra práctica es la del aprovechamiento del agua del subsuelo y de los ríos que en su mayoría son de carácter temporal siendo utilizados únicamente en la época de lluvias para dar riego de auxilio a los cultivos durante el período de canícula, generalmente los patrones de producción bajo estas condiciones son los mismos a los utilizados en las condiciones de temporal, estos sistemas nos permiten hacer un uso más eficiente del recurso suelo y agua.

En el presente estudio el objetivo que se plantea es optimizar la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en la asociación maíz-frijol de guía con frijol de ma

* Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S. Oaxaca, Oax. 1983.
1 Ingeniero Agrónomo. Invest. del Colegio de Postgraduados, CEICADAR.
2 Ingeniero Agrónomo. Técnico del Distrito de Temporal de Oaxaca, PIDER.
3 Maestro en Ciencias. Investigador del Colegio de Postgraduados, CEICADAR.

ta intercalado sobre la hilera en temporal con riegos de auxilio.

REVISION DE BIBLIOGRAFIA

1) Sistemas de cultivos asociados.

Guaman (1981) señala que en la asociación de maíz-frijol el período de floración del frijol se ve afectado, reduciendo el número de vainas por planta y el número de semillas por planta con respecto a la siembra en unicultivo.

Lépiz (1978) por su parte señala que en la asociación y entre las matas de maíz ocurre una reducción en la intensidad de la luz dos o tres semanas antes de la floración del maíz, además señala, que el maíz reduce gradualmente sus rendimientos de grano a medida que se incrementa el período de permanencia del frijol.

Valle (1978), observó que la distancia entre matas afectó negativa y significativamente a los rendimientos tanto de maíz como de frijol, cuando la distancia se redujo de 1.0 m a 0.8 m entre matas de maíz-frijol de guía asociado. Asimismo, el número de plantas de frijol por mata influyó negativa y significativamente en los rendimientos de maíz y de frijol dentro de ambas distancias de siembra.

Moreno (1972), Lépiz (1974), Sánchez (1977), Aguilar (1978) y Valle (1979) mencionan que la asociación maíz-frijol es una buena alternativa en el uso de los recursos del agricultor, no coincidiendo en esto Solorzano (1977), ya que en sus trabajos que realizó en la Región del Llano, Aguascalientes durante 3 años concluyó que los rendimientos de la asociación maíz-frijol son menores que los obtenidos por el maíz y frijol sembrado solos.

Sánchez (1977), Aguilar (1978) y Valle (1979), mencionan que en la asociación maíz-frijol, hay una respuesta positiva al factor nitrógeno y fósforo; por su parte Esquivel citado por Campos (1980) observó que el potasio no tuvo efecto significativo sobre los rendimientos de maíz y frijol.

Beracochea citado por Campos (1980), al realizar algunos estudios de la asociación maíz-frijol encontró que para la Región de Tecamachalco, Puebla, el tratamiento que presenta la máxima tasa de retorno es la 60-40-40-80, (nitrógeno (N), fósforo (P), miles de plantas/ha de maíz (DM) y miles de plantas/ha de frijol (DF) respectivamente); para la Región de Ixcaquixtla, el tratamiento con el máximo beneficio y tasa de retorno fue el 40-40-30-80 (N, P, DM y DF). Por su parte Valle (1979), encontró para la Región de Chimaltenango, Guatemala, que el tratamiento que produjo los mayores ingresos netos fue el 60-30 (N y P).

2. Sistemas de intercalamiento de cultivos.

Ramos citado por Lépiz (1978), en la Región de Zacapoaxtla, Pue., menciona que la siembra simultánea de maíz con frijol de semiguía precoz, es buena alternativa, puesto que la cosecha de éste se realiza a los 90 días, antes de que el maíz alcance su desarrollo completo.

Lépiz (1979), señala que los rendimientos económicos unitarios de la asociación maíz-frijol, es superior a la siembra de ambas especies en forma intercalada y este sistema es aún mejor que las siembras de maíz y frijol en unicultivo.

Valle (1979), al realizar una comparación del sistema de producción maíz-frijol de guía con tecnología tradicional y otro llamado de los surcos dobles de maíz - frijol de guía en separación entre hileras de 40 cm y entre surcos de 2 m para intercalar trigo en camas de 1 m, encontró que el sistema tradicional superó al introducido con un 21.5% en la producción de maíz y un 30-33% en cuanto a frijol.

Vargas (1982), al realizar un trabajo de cultivos compuestos en la Región de Los Valles Centrales en el cual se involucró frijol tipo guía en el sistema de espalderas con maíz y frijol de mata intercalado en hileras alternas, encontró que con esta tecnología a pesar de la inversión se obtienen buenos beneficios monetarios superando a la tecnología tradicional.

MATERIALES Y METODOS

1. Ubicación del Sitio Experimental.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se estableció un experimento el día 25 de junio de 1982, en la Comunidad de la Trinidad Zaachila, localizada dentro de la Unidad de Temporal No. VII del Distrito Agropecuario de Temporal No. 1, Valles Centrales, Oaxaca.

El sitio experimental quedó enmarcado dentro del agrosistema identificado como suelos planos de color oscuro con alto contenido de arcilla; esta zona tiene una altitud de 1 568 msnm, una precipitación media anual de 760.8 mm y su temperatura media anual es de 21.2°C.

2. Características del Sistema.

La siembra del experimento se realizó en seco, depositando tres semillas de maíz por matero y dos de frijol de guía chivo en tresbolillo, intercalando sobre el mismo surco dos materos (de dos semillas cada uno) de frijol de mata entre los de maíz.

Las distancias entre materos sobre la misma hilera son las siguientes: a) distancia entre matero de maíz igual a un metro, b) distancia entre matero de maíz-frijol, igual a dos metros y c) distancia del matero de maíz al matero de frijol de mata igual a 33 cm. En la Figura 1 se observa el arreglo utilizado.

3. Factores de Estudio.

Los factores de estudio fueron: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) aplicados para todo el sistema; la densidad de población del maíz fue de 50,000 plantas/ha, la de frijol de guía 17,000 plantas/ha y la del frijol de mata 66,000 plantas/ha. Los niveles de los factores fueron: 20-40-60-80 kg/ha de N, 15-30-45-60 kg/ha de P y 0-10-20-30 kg/ha de K; es posible que surja la pregunta ¿Porqué K?, la respuesta es que en los terrenos con riego es muy común que en el ciclo 0-1 se establezcan cultivos hortícolas (jitomate o chile) que demandan de elevadas cantidades de K y por consiguiente, el cultivo de P/V (el trabajo que se presenta en este caso) pudiera ser afectado por esta extracción y consecuentemente respondería a las aplicaciones del K.

Para la generación de los tratamientos del experimento, se utilizó la matriz Plan Puebla I para tres factores (Turrent y Laird 1975). En el Cuadro 1 se observa la lista de los tratamientos estudiados.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad ex



FIG. I ARREGLO DEL SISTEMA UTILIZADO

perimental fue de tres surcos de .60 m de ancho por 5 m de largo y la parcela útil, el surco central.

4. Materiales Empleados.

Las fuentes de fertilización utilizadas fueron: urea (46%) para el nitrógeno, super fosfato de calcio triple (46% P_2O_5) para el fósforo y cloruro de potasio (60% K_2O) para el potasio. La aplicación del fertilizante fue en forma fraccionada 1/2 de N, todo el P_2O_5 y el K_2O al momento de la siembra, el resto del N a la primera labor de cultivo.

El material genético empleado fue para el maíz el criollo "bolita", para el frijol de guía el criollo regional "chivo", para el frijol de mata la variedad Jamapa.

5. Manejo del Experimento.

El control de plagas y enfermedades que se presentaron

durante el desarrollo del experimento fueron: en el frijol, diabroticas (*Diabrotica*, sp), conchuela (*Epilachna varivestis*) mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).

Las enfermedades que se presentaron fue el chahuixtle (*Uromices phaseoli*). En el maíz las plagas que más se presentaron fueron: el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y el chapulín (*Melanoplus spp.*). Los riegos que se aplicaron al experimento fueron únicamente dos, la cosecha se realizó en forma manual.

6. Análisis realizados.

Se realizaron análisis de varianza por separado del maíz del frijol de guía, del frijol de mata y del rendimiento del total físico de grano. Se efectuó un análisis económico del rendimiento físico de grano. Se efectuó un análisis económico del rendimiento total físico empleando el método gráfico-estadístico (Turrent 1978).

Cuadro 1. Lista de tratamientos estudiados en el experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Tratamiento Número	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
1	40	30	10
2	40	30	20
3	40	45	10
4	40	45	20
5	60	30	10
6	60	30	20
7	60	45	10
8	60	45	20
9	20	30	10
10	80	45	20
11	40	15	10
12	60	60	20
13	40	30	0
14	60	45	30
15	0	0	0

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Cosecha del experimento.

La cosecha del frijol de mata (Jamapa) se realizó a los 102 días después de la siembra, la cosecha del maíz y del frijol de guía se realizó a los 163 días después de la siembra, los rendimientos de grano se ajustaron por humedad (12%) y fueron multiplicados por el factor 0.8 considerando como ajuste por el mejor manejo del cultivo a nivel experimental; en el Cuadro 2 se observan los rendimientos medios de cada uno de los cultivos involucrados en el experimento, los bajos rendimientos que se observan en el frijol es posible que se deban a la gran densidad de siembra del maíz (50,000 plantas/ha).

2. Análisis estadístico.

Se realizó el análisis estadístico por separado de cada uno de los cultivos involucrados. Al realizar el análisis del maíz se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos y repeticiones (Cuadro 3) el coeficiente de variación obtenido fue de 23.8% al realizar el análisis de varianza del frijol de guía se observó que no existió diferencia significativa entre tratamientos y repeticiones, su coeficiente de variación fue de 65.4% (Cuadro 4). En el análisis del frijol de mata se observó que existió diferencia altamente significativa entre tratamientos y no hubo significancia en repeticiones (Cuadro 5) el coeficiente de variación obtenido fue de 16.9%. Se realizó un análisis del rendimiento total físico de grano observado que existió diferencia altamente significativa entre tratamientos y repeticiones (Cuadro 6) el coeficiente de variación observado fue de 20.7%.

Cuadro 2. Rendimiento medio de cada uno de los cultivos del experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Tratamiento Número	Rendimientos Medios ton/ha			Rendimientos Total de granos
	Maíz	Frijol guía	Frijol Mata	
1	2.060	.169	.178	2.407
2	2.670	.173	.153	2.996
3	1.289	.135	.203	1.627
4	1.359	.129	.132	1.620
5	1.641	.091	.273	2.005
6	1.827	.239	.218	2.284
7	1.574	.139	.150	1.863
8	1.577	.101	.198	1.876
9	1.615	.149	.203	1.967
10	1.949	.062	.175	2.186
11	1.623	.182	.141	1.946
12	2.023	.150	.276	2.449
13	1.981	.231	.184	2.396
14	2.658	.153	.165	2.976
15	2.027	.073	.158	2.258

Cuadro 3. Análisis de varianza del Maíz del experimento de fertilización de la asociación Maíz - Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F de Tablas	
					0.05	0.01
Tratamientos	14	9.256	.661	3.555**	1.94	2.54
Repeticiones	3	3.445	1.148	3.825**	2.83	4.29
Error	42	8.297	.197			
Total	59	10.998				

** Significativo al 1% CV = 23.8%.

Cuadro 4. Análisis de varianza del Frijol de guía del experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F de Tablas	
					0.05	0.01
Tratamientos	14	.130	.009	1.0 NS	1.94	2.54
Repeticiones	3	.023	.007	.777 NS	2.83	4.29
Error	42	.383	.009			
Total	59	.536				

NS = No significativo CV = 65.4%.

Cuadro 5. Análisis de varianza del Frijol de mata del experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F de Tablas	
					0.05	0.01
Tratamientos	14	.103	.007	7.0**	1.94	2.54
Repeticiones	3	.002	.000	.000 NS	2.83	4.29
Error	42	.076	.001			
Total	59	.181				

** Significativo al 1% NS = No significativo CV = 16.9%.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la producción total de grano del experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F de Tablas	
					0.05	0.01
Tratamientos	13	9.685	0.745	3.651**	2.02	2.69

Artículos Científicos División III

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F de Calculada	F de Tablas 0.05	0.01
Repeticiones	3	4.052	1.350	6.617**	2.84	4.32
Error	39	7.981	0.204			
Total	55	21.718				

** Significativo al 1% CV = 20.7%.

Cuadro 7. Rendimientos económicos de cada uno de los cultivos del experimento de fertilización de la asociación Maíz-Frijol de guía con Frijol de mata intercalado sobre la hilera.

Tratamiento Número	Rendimientos Económicos (\$/ha)			Rendimientos económicos del sistema (\$/ha)
	Maíz	Frijol guía	Frijol mata	
1	51,500.00	6,760.00	15,240.00	72,500.00
2	66,750.00	6,920.00	12,240.00	85,910.00
3	32,225.00	5,400.00	16,240.00	53,865.00
4	33,975.00	5,160.00	10,560.00	49,695.00
5	41,025.00	3,640.00	21,840.00	66,505.00
6	45,675.00	9,560.00	17,440.00	72,675.00
7	39,350.00	5,550.00	12,000.00	56,910.00
8	39,425.00	4,040.00	15,840.00	59,305.00
9	40,375.00	5,960.00	16,240.00	62,575.00
10	48,725.00	2,480.00	14,000.00	65,205.00
11	40,575.00	7,280.00	11,280.00	59,135.00
12	50,575.00	6,000.00	22,080.00	76,655.00
13	49,525.00	9,240.00	14,720.00	73,485.00
14	66,450.00	6,120.00	13,200.00	85,770.00
15	50,675.00	2,920.00	12,640.00	66,235.00

3. Análisis económico.

Los costos utilizados para la realización del análisis económico se muestran en el siguiente Cuadro.

Los rendimientos económicos medios por tratamiento de cada uno de los cultivos del experimento se observan en el Cuadro 7.

Los rendimientos físicos totales de grano se examinaron por el método gráfico-estadístico; al realizar el cálculo de los efectos factoriales medios (E.F.M.) se encon-

tró significancia al efecto lineal del fósforo y a la interacción nitrógeno-fósforo, ya que el C.F.M. fue mayor que el efecto mínimo significativo (E.M.S.) al 10% de probabilidad. Se realizó el cálculo de la diferencia mínima significativa (D.M.S.)

Para observar si existía significancia fuera del yugo se promediaron los rendimientos (1/2) para compararlos con el tratamiento (13) 40-30-0 y los tratamientos (7/8) con el tratamiento (14) 60-45-30, encontrando en esta prolongación significancia (Cuadro 8).

Costo de los insumos y valor de los productos.

Insumo o Producto	Unidad	Valor \$
Nitrógeno	kg	26.22
Fósforo	kg	29.88
Potasio	kg	14.23
Semilla de Frijol gufa	Miles/pts.	18.38
Semilla de Frijol mata	Miles/pts.	15.69
Semilla Maíz	Miles/pts.	8.98
Grano Frijol gufa	kg	40.00
Grano Frijol mata	kg	80.00
Grano Maíz	kg	25.00

Cuadro 8. Algoritmo del análisis económico por el método gráfico estadístico del experimento de fertilización de la asociación con Maíz-Frijol gufa Frijol mata intercalado sobre la hilera.

Tratamientos No.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	DP Pts/ha	Nota- ción de Yates	Rendi- mientos tales grano	Método Automático de Yates			Divi- sor	Efecto factorial medio ton/ha	Rend. Prome- dio ton/ha	Costos varia- bles. CV	Ingresos/ Netos más Costos fi- jos IN	Incremen- to en ren- dimiento. AY	Incremento/ Ingreso Neto \$/ha AIN	TRCV AIN/ CV
						1	2	3								
1	40	30	10	(1)	9.635	21.620	34.624	66.794	32	2.087	(M) 2.702	2088.5	70411.5			
2	40	30	20	(K)	11.985	13.004	32.170	3.462	16	.216	(K) 2.996	2229.8	83680.2	.738	17,445.20	7.6
3	40	45	10	(P)	6.512	17.173	2.330	-10.792	16	-.674*	(P) 1.625	2535.7	51329.3			
4	40	45	20	(PK)	6.492	1.132	-1.132	-3.468	16	.216	(PK) 2.146	2678.0	49442.0			
5	60	30	10	(N)	8.029	2.350	-8.616	-2.452	16	-.153	(N) 2.146	2611.9	63893.1			
6	60	30	20	(NK)	9.114	-0.020	-2.176	-1.198	16	-.074	(NK) 1.874	2754.2	69920.8			
7	60	45	10	(NP)	7.490	1.115	-2.370	6.44	16	.403*	(NP) 1.874	3060.1	53849.9			
8	60	45	20	(NPK)	7.507	.017	-1.098	1.272	16	-.079	(NPK) 2.258	3202.4	56102.6			
9	20	30	10		7.871						1.967	1563.1	61011.9			
10	80	45	20		8.748						2.187	3726.8	61478.2			
11	40	15	10		7.786						1.946	1639.3	57495.7			
12	60	60	20		9.802						2.450	3650.6	75004.4			
13	40	30	0		9.589						2.397	1945.2	71539.8			
14	60	45	30		11.910						2.976*	3344.7	82425.3	.718	16,190.30	4.8
15	0	0	0		9.032						2.258	--	66235.0			

$$\text{EMS } 10\% = T \text{ } 10\% \text{ gl. } \frac{\text{CME}}{n-2} = .269$$

$$\text{DMS} = 5\% \text{ T gl. } \text{CME} \left(\frac{1^2}{r} + \frac{1^2}{r^2} \right) = 0.542$$

1/ Incluye beneficios totales de los cultivos involucrados.

2/ Incremento del ingreso de los cultivos involucrados en el sistema.

Al observar que todos los factores fueron significativos se procedió a realizar la interpretación gráfica para cada uno de ellos. Para el factor nitrógeno se observa que al pasar de su nivel más bajo (20 kg/ha) manteniendo constante 30 kg/ha de P y 10 kg/ha de K, a su segundo nivel 40 kg/ha tratamientos 9/1 hay un incremento en los rendimientos, pero al pasar del segundo al tercer nivel 40 a 60 kg/ha de N (tratamientos 1/5) hay un decremento en los rendimientos. Al observar la curva 4/8/10 manteniendo constante 45 kg/ha de P y 20 kg/ha de K se observa un incremento conforme se va incrementando la fertilización nitrogenada Figura 2a.

En el caso del fósforo se observa que al pasar de su ni-

vel más bajo 15 kg/ha de P manteniendo constante 40 kg/ha de N y 10 kg/ha de K a su segundo nivel 30 kg/ha P hay un marcado incremento en los rendimientos tratamientos 11/1 pero al pasar por un tercer nivel 45 kg/ha P se observa un fuerte decremento en los rendimientos tratamientos 1/3, en la curva 6/8/12 manteniendo constante 60 kg/ha de N y 20 kg/ha de K se observa que el pasar de 30 a 45 kg/ha de P hay un decremento, pero al pasar a su nivel más alto 60 kg/ha de P se observa un incremento en los rendimientos Figura 2b.

En el caso del potasio en las curvas 14/1/2 y 7/8/14 se observan incrementos significativos en sus niveles más altos. Figura 2c.

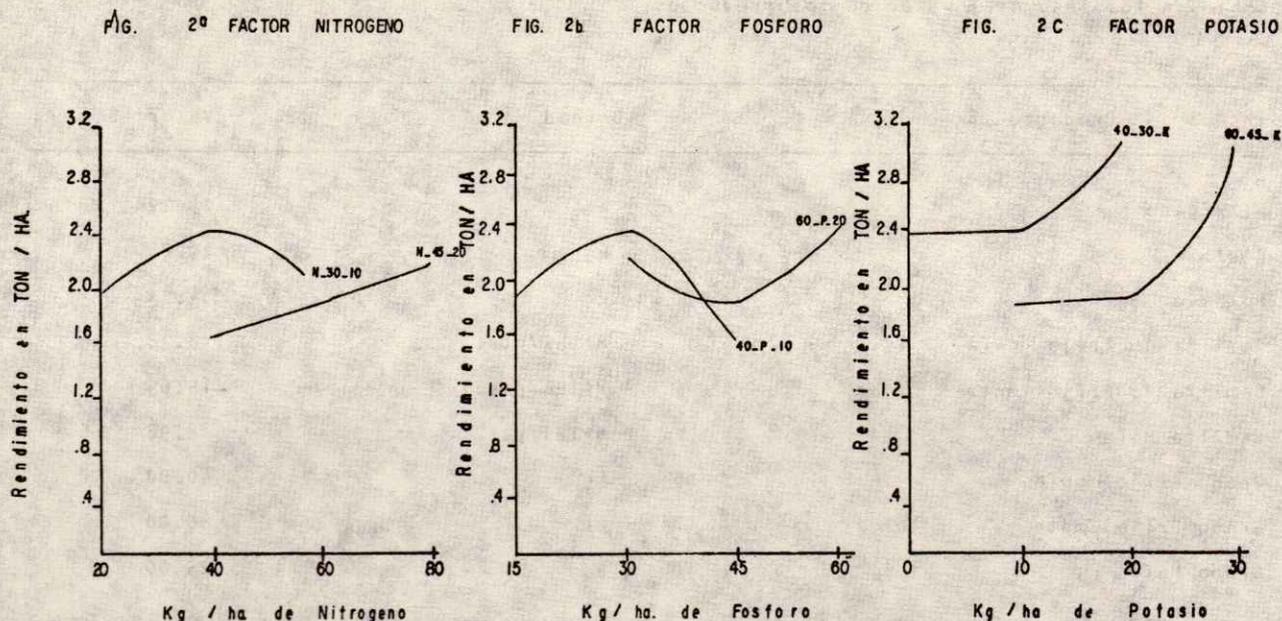


FIGURA 2. Respuesta a la fertilización de la asociación maíz frijol de guía con frijol de mola intercalado sobre la hileras.

En los tres factores no fue posible obtener las dosis óptimas económicas gráficamente por la naturaleza de las curvas.

Se procedió a realizar el cálculo de los costos variables y de los ingresos netos más costos fijos para cada uno de los tratamientos, observando que el tratamiento 40-30-20 (N, P y K respectivamente) se asocia con la máxima ganancia posible considerándolo como el tratamiento óptimo económico para capital ilimitado (TOECI). Se procedió a calcular el incremento en rendimiento y el incremento en ingreso neto para los tratamientos 2/14 que fueron seleccionados ya que el resto presentaban menor posibilidad de competencia, observando que el mismo tratamiento 40-30-20 (N, P y K) es el que presenta la mayor tasa de retorno al capital variable.

Se puede apreciar que el maíz cuando está asociado con una leguminosa presenta respuestas menos claras a las aplicaciones de nitrógeno, a pesar de que es un cultivo que generalmente su respuesta es elevada. Esto se debe a que la competencia por factores ambientales entre una gramínea y una leguminosa, no es de tal magnitud que traiga como consecuencia efectos negativos para alguna o ambas especies. No obstante que si compiten por humedad y luminosidad, también se aportan beneficios mutuamente como por ejemplo, el maíz le sirve al frijol como

una estructura física de sostén, y el frijol no le quita nutrientes nitrogenados tan vitales para el maíz.

CONCLUSIONES

De acuerdo al sistema de producción utilizado que está compuesto por 50,000 plantas/ha de maíz "bolita" 20,000 plantas/ha de frijol chivo de guía y 66,000 plantas / ha de frijol (Jamapa) de mata, con riegos de axilio, se concluye que:

- El tratamiento óptimo económico de capital ilimitado es el 40-30-20 (N, P y K respectivamente) que se asocia con un rendimiento de 2,670, 0.173 y 0.153 ton/ha de maíz, frijol chivo y jamapa respectivamente, dando una producción global de 2.996 ton/ha de grano.
- Continuar con otro ciclo más con el trabajo experimental para tener mayor precisión con la recomendación; y especialmente para verificar si el sistema de cultivo presenta consistencia en la respuesta a la fertilización potásica.
- Continuar con esta línea de investigación para encontrar el mejor arreglo topológico para incrementar los rendimientos de frijol.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, F.P. 1978. Formulación de recomendación para el cultivo de asociación maíz-frijol en el área del Plan Puebla. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
2. Campos, E. A. 1980. Efecto de fertilización y densidad de población en el rendimiento de la asociación maíz-frijol en los Altos de Jalisco. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México.
3. Guaman, J.R.W. 1981. Rendimiento físico y económico del frijol (*P. vulgaris* L.) y maíz (*Z. Mays* L.) sembradas solas o en asociación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
4. Lépez, I.R. 1974. Asociación de cultivos maíz - frijol. Folleto técnico No.58, SAG, INIA, México.
5. Lépez, I.R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
6. Moreno, R.O.H. 1972. La asociación de maíz y frijol un uso alternativo de la tierra. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
7. Sánchez D.S. 1977. Estudio de rentabilidad económica de la asociación maíz-frijol en la zona de influencia de Chapingo. Tesis Profesional. ENA, Chapingo, México.
8. Solorzano, V.E. 1977. Estudio del cultivo asociado maíz-frijol bajo condiciones de temporal en el Llano, Aguascalientes. Tesis Profesional ENA. Chapingo, México.
9. Turrent, F.A. y Laird, R.J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla I, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas, Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
10. Turrent, F.A. 1978. El método gráfico - estadístico para la interpretación económica con las matrices Plan Puebla, Escritos sobre la metodología de investigación en productividad por agrosistemas. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
11. Valle, B.R. del 1978. La asociación maíz-frijol de guía sembrado en surco dobles (.4 m entre pares de surcos) con calles anchas de 2 m. una alternativa para intercalar trigo en áreas de Temporal. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
12. Valle, B.R. Turrent F.A. Volke H.V. y Alcande B. S. 1979. El surco doble de maíz-frijol asociado (0.4 m entre pares de surcos), una alternativa para intercalar trigo en las calles anchas de dos metros con genotipos adecuados para condiciones de agricultura de temporal con minifundio y escaso capital de inversión. Agrociencia 38: 101-113.
13. Vargas, S.V.M. y Castañeda, P.A. 1982. Respuesta a la fertilización y densidad de población de frijol de guía en espalderas con maíz y frijol de mata intercalado en hileras alternas en Los Valles Centrales, Oaxaca. XV Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Resúmenes. México, D.F.

La edición de este libro estuvo
al cuidado del Departamento -
de Imprenta Universitaria,
se imprimieron 2,000 -
ejemplares en el mes
de abril de 1986.