

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



COMPARACION DE DIFERENTES METODOS PARA  
OPTIMIZACION DE ALGUNOS INSUMOS EN CACAHUATE

[*Arachis hipogea*]

**T E S I S   P R O F E S I O N A L**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO      AGRONOMO

P R E S E N T A

A R N U L F O   A L D R E T E

Las Agujas, Mpio. de Zapopan. Jal. 1987



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente: .....

Número: .....

Mayo 7, 1987.



ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante \_\_\_\_\_

ARNULFO ALDRETE, titulada -

COMPARACION DE DIFERENTES METODOS PARA ESTIMAR DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS DE FERTILIZANTES Y DENSIDAD DE POBLACION PARA EL CULTIVO DE CACAHUATE (Arachis hipogea)."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR:

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS.

ASESOR

DR. MARIO ABEL GARCIA VAZQUEZ.

ASESOR

ING. EZEQUIEL MONTES RUELAS.

hlg.

TEMA DE TESIS

" COMPARACION DE DIFERENTES METODOS PARA OPTIMIZACION  
DE ALGUNOS INSUMOS EN CACAHUATE (Arachis hipogea) "



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## A G R A D E C I M I E N T O S

A la Universidad de Guadalajara y a la Escuela de Agricultura por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al CEICADAR por su valioso apoyo.

Agradezco especialmente al Dr. Néstor Estrella Chulín por su valiosa ayuda y desinteresada orientación en la revisión y asesoría del presente trabajo.

A mi director de tesis y Asesores por sus acertadas sugerencias y revisión del presente trabajo.

Al Ex-Equipo Técnico del Plan Montaña de Tlapa por su motivación y propósito de realizar las cosas siempre mejor.

A todos aquellos que involuntariamente no menciono y que en alguna forma me brindaron su apoyo.

- G R A C I A S -

## DEDICATORIA

### A MI MADRE:

Ana María  
Por todo su amor y por  
ese valor para superar  
los problemas y seguir  
siempre adelante.

### A MI NOVIA:

Norma  
Por todo su cariño  
hacia mí y por com-  
prenderme y alentar-  
me en los momentos  
difíciles.

### A MIS HERMANOS:

Gloria, Arturo, Raquel  
y Ricardo, por todo el  
cariño que ha manteni-  
do unida siempre nues-  
tra familia y por con-  
fiar en mí.

### A MIS AMIGOS:

Por compartir conmigo  
mis triunfos y mis fra-  
casos y por el deseo -  
de buscar siempre un -  
futuro mejor.

# C O N T E N I D O

Página

INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
I. INTRODUCCION .....	1
II. CARACTERISTICAS DE LA REGION .....	3
2.1. Localización del área .....	3
2.2. Orografía .....	3
2.3. Hidrografía .....	6
2.4. Climatología .....	6
2.5. Suelos .....	8
2.6. Vegetación .....	8
2.7. Condiciones socioeconómicas .....	9
III. EL PROBLEMA .....	11
IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	13
V. REVISION DE LITERATURA .....	14
VI. MATERIALES Y METODOS .....	18
6.1. Características del experimento .....	18
6.1.1. Localización del sitio experimental .....	18
6.1.2. Criterios para la selección del sitio .....	18
6.1.3. Factores de estudio .....	19
6.1.4. Matriz experimental .....	19
6.1.5. Diseño experimental .....	19
6.2. Preparación del terreno .....	22
6.3. Establecimiento del experimento .....	22
6.4. Fertilización .....	22
6.5. Manejo del experimento .....	22
6.6. Cosecha .....	23

	Página
6.7. Descripción de los métodos en estudio .....	23
6.7.1. Método Gráfico .....	23
6.7.2. Método de Evaluación Económica de Perrin - et al .....	24
6.7.3. Método de Evaluación Económica de Perrin, modificado por Laird .....	26
6.7.4. Método gráfico-estadístico .....	27
6.7.5. Método Matemático .....	35
6.8. Análisis Estadístico .....	37
6.9. Relaciones costo del insumo / valor del producto .	37
VII. RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
7.1. Rendimientos .....	40
7.2. Análisis de Varianza (ANVA) .....	40
7.3. Análisis Económico .....	43
7.3.1. Método Gráfico .....	43
7.3.2. Método de Perrin et al .....	45
7.3.3. Método de Perrin et al, modificado por Laird	48
7.3.4. Método Gráfico-estadístico .....	48
7.3.5. Método Matemático .....	49
7.4. Comparación de métodos .....	51
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
IX. BIBLIOGRAFIA .....	55



INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Estaciones representativas del clima BS <sub>1</sub> .....	6
2	Estación representativa del clima AW <sub>1</sub> .....	7
3	Lista de tratamientos del experimento de acuerdo a la matriz Plan Puebla I .....	21
4	Lista de costos para el cultivo de cacahuate .....	39
5	Rendimientos comerciales de cacahuate en el experimento de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985 .	41
6	Análisis de varianza para la variable rendimiento en grano, en el experimento de cacahuate de temporal en la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985 .....	42
7	Cálculo de beneficios netos por tratamiento en el experimento de cacahuate de la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985 .....	46
8	Análisis de Dominancia .....	47
9	Análisis marginal de los tratamientos no dominados.	48
10	Análisis económico por el método gráfico-estadístico en el experimento de cacahuate de la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985 .....	50
11	Dosis óptimas económicas para capital ilimitado de nitrógeno, fósforo y densidad de población calculadas con cada uno de los métodos en estudio .....	52



## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación del Distrito de Desarrollo Rural 057 ...	4
2	Localización del área cacahuatera del Distrito de Desarrollo Rural 057 .....	5
3	Matriz de tratamientos Plan Puebla I, usada en el experimento en estudio .....	20
4	Determinación de la DOE de nitrógeno, fósforo y - densidad de población para capital ilimitado usando el método gráfico .....	44



## I. INTRODUCCION ESCUELA DE AGRICULTURA BIBLIOTECA

De acuerdo con cifras oficiales, del total de la superficie que se cultiva en el país, el 80% se hace bajo condiciones de temporal, caracterizándose por el minifundismo, bajos niveles de productividad, condiciones ecológicas desfavorables, altos índices de desempleo, bajo nivel de educación de los productores, etc.

Segun Laird (1977), el aumento en los ingresos agrícolas representa el paso esencial y primordial en el mejoramiento de la calidad de vida en las zonas temporales.

Para lograr aumentar los ingresos agrícolas de los productores temporales se tienen varias opciones, entre las que se encuentran: aumentar la superficie de tierra que cultivan, reducir los costos de producción o incrementar la productividad de sus tierras. Parece evidente que la alternativa más prometedora para obtener ingresos agrícolas más altos, es lograr incrementar la productividad de sus tierras. Esto se puede lograr solamente a través del uso de tecnologías mejoradas de producción.

La investigación agronómica representa la estrategia a seguir para generar tecnologías de producción, las cuales comprenden las recomendaciones que finalmente deberán utilizar los productores.

La elección de una recomendación por parte del agricultor de subsistencia que siembra bajo condiciones de temporal, implica mayor responsabilidad del investigador de cualquier institución, dado que si se genera una recomendación sesgada aumenta el riesgo de producción en este tipo de agricultura (Aveldano y Volke, 1980).

Por otra parte, con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas en muchas regiones del país, se ha demostrado que bajo condiciones de temporal, los tratamientos óptimos económicos de fertilizantes y las densidades de plantas recomendadas influyen directamente en la economía de los productores, por lo que el Análisis Económico adquiere singular importancia en la obtención de dichos tratamientos.

Es importante para los investigadores agrícolas conocer qué método resulta más adecuado para estimar dosis óptimas económicas (DOE), de acuerdo a las condiciones que prevalecen en su área de trabajo.

El objetivo del presente trabajo es hacer una comparación de los métodos más usados en la estimación de dosis óptimas económicas, donde se analicen las diferencias entre éstos, las ventajas y desventajas en la utilización de cada uno y proponer el más adecuado de acuerdo a las variables en estudio y facilidades de que se disponga.

Para poder llevar a cabo la comparación, se utilizaron los datos de un experimento de cacahuete realizado en la parte norte del Distrito de Desarrollo Rural 057, en el estado de Guerrero, durante el ciclo agrícola primavera-verano 1985.

## II. CARACTERISTICAS DE LA REGION

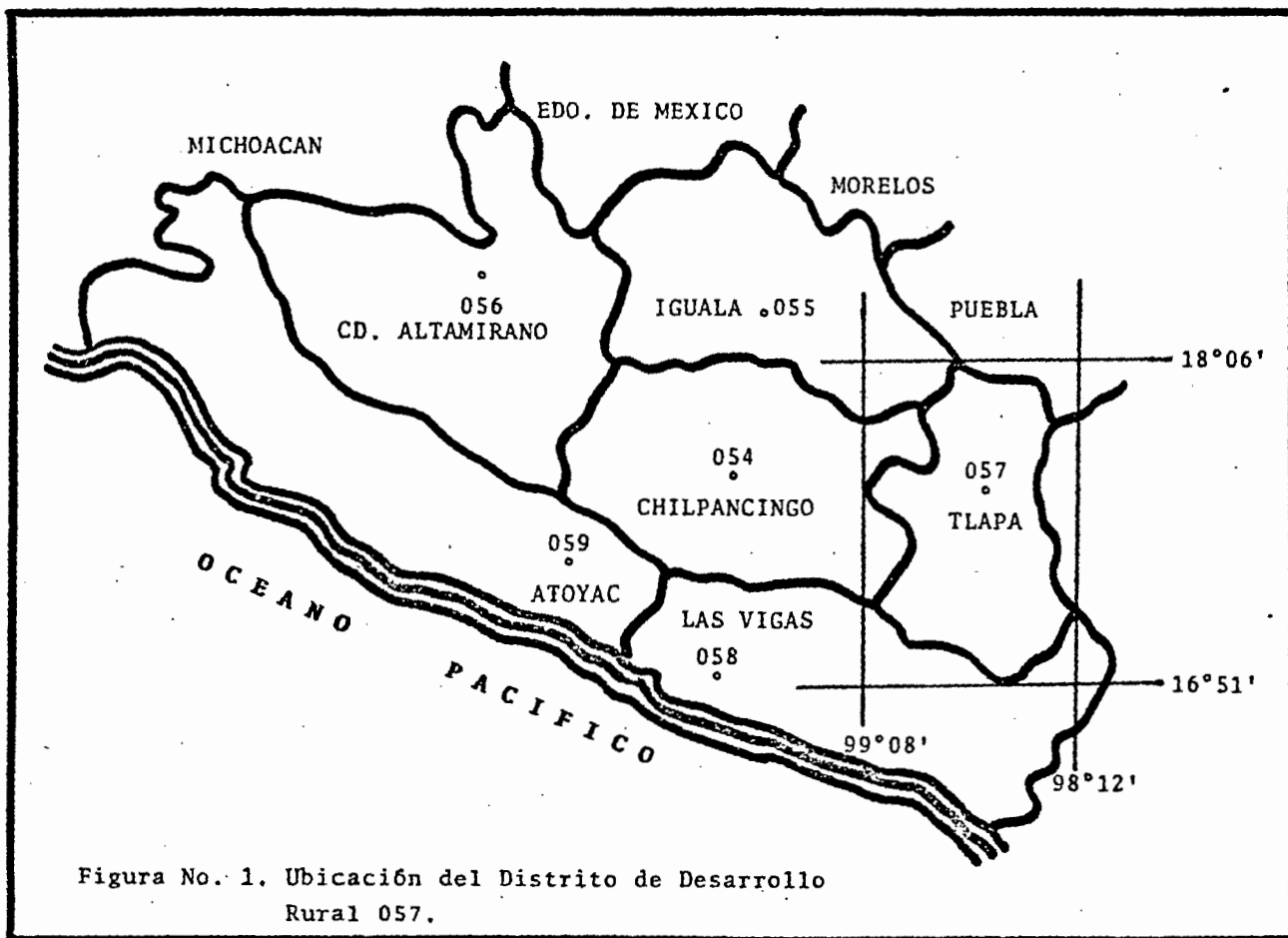
### 2.1. Localización del área.

El Distrito de Desarrollo Rural 057, forma parte de los seis que comprende el estado de Guerrero, localizándose al oriente del mismo (Figura 1).

La región cacahuatera del Distrito de Desarrollo Rural 057 se localiza en la parte norte del mismo, comprendiendo los municipios de Huamuxtitlán, Xochihuehuatlán, Olinalá, Cualac, Alpayeca y Tlalixtaquilla. Dicha región cubre una extensión territorial de 233 590 ha, lo que representa el 27% de la superficie total del Distrito. Geográficamente la región se localiza entre los paralelos 17°29' y 18°06' latitud norte y los meridianos 98°18' y 98°57' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Sus límites son: al norte el estado de Puebla, al sur los municipios de Tlapa, Alcozauca y Atlixnac, al oriente el estado de Oaxaca y al poniente los municipios de Copalillo y Ahuacotzingo (Figura 2).

### 2.2. Orografía.

En esta región se ubican estribaciones pertenecientes a la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. Los accidentes topográficos más notables son la depresión que forma "La Cañada" de Huamuxtitlán, que es de las pocas planicies que existen en la región y el Cerro Xistepetl (2 050 m s.n.m.) localizado en el municipio de Cualac. En cuanto al relieve es importante señalar que predominan las pendientes superiores al 20%.



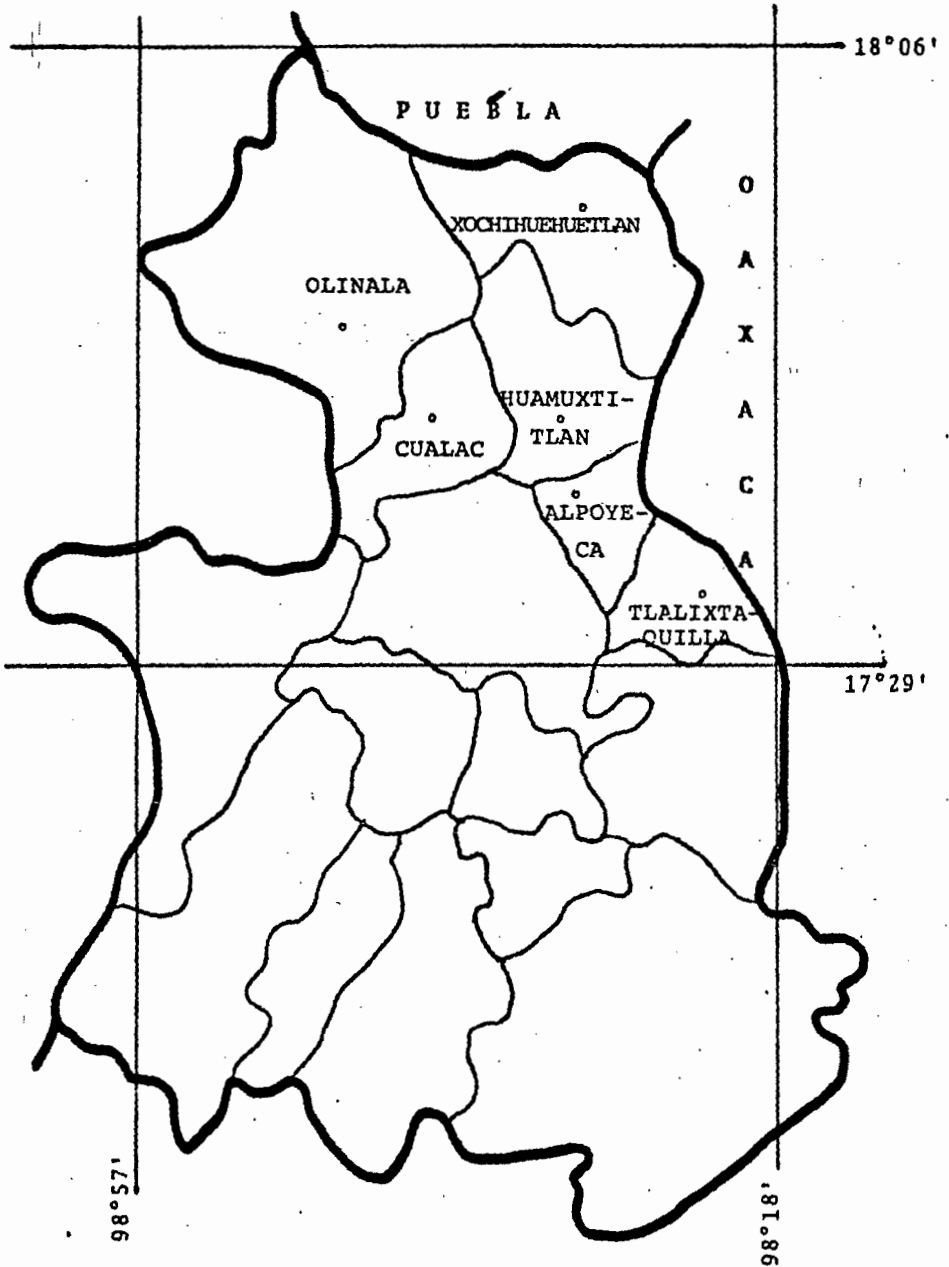


Figura No. 2. Localización del área cacahuatera del Distrito de Desarrollo Rural 057

### 2.3. Hidrografía.

Casi todas las corrientes de agua, permanentes o temporales, son afluentes del río Tlapaneco y entre las principales se encuentran: el río Tlalixtaquilla, río Tecoloyan, arroyo Salado, arroyo Zizintla y arroyo San Miguel. En los municipios de Olinalá y Cualac abundan los arroyos de corriente temporal, no así en los demás municipios.

### 2.4. Climatología.

Los principales climas de la región de acuerdo con la clasificación de Koeppen, adaptada a la República Mexicana por Enriqueta García, son los siguientes:

Seco (BS1).- Es el más seco de los climas BS, con un coeficiente P/T (Precipitación sobre temperatura media anual) mayor de 29.9. Muy cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, la del mes más frío mayor de 18°C, régimen de lluvias en verano. Extremoso con oscilación térmica entre 7 y 14°C. Este clima se encuentra en la zona de " La Cañada " y sus estaciones climatológicas representativas son Huamuxtitlán e Ixcateopan, cuyas características se detallan en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Estaciones representativas del clima BS1.

Estación	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual	Evapotranspiración media anual (mm)
Ixcateopan	830.1	24.5	1344.0
Huamuxtitlán	648.8	26.5	1677.1

FUENTE: Estudio Agrológico de Reconocimiento del Distrito Agropecuario y Forestal No. 049.

Cálido subhúmedo ( $Aw_0$  y  $Aw_1$ ).- El  $Aw_0$  es el más seco de los cálidos subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, cociente P/T menor de 43.2, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual. Poca oscilación térmica, entre 5 y 7°C. El mes más caliente del año es mayo. Este clima se encuentra en la parte norte del Distrito, en los municipios de Xochihuehuetlán, Huamuxtitlán y Olinalá. La precipitación pluvial media anual varía alrededor de 900 mm y la temperatura media anual es de 24°C aproximadamente.

El  $Aw_1$  es el intermedio en cuanto a grado de humedad entre el  $Aw_0$  y el  $Aw_2$ , con lluvias en verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.3. Porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual. La oscilación térmica es extremosa (entre 7 y 14°C). Este clima se encuentra en parte de los municipios de Olinalá, Cualac y Huamuxtitlán y la estación climatológica representativa es Olinalá, cuyas características se observan en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Estación representativa del clima  $Aw_1$ .

Estación	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual	Evapotranspiración media anual (mm)
Olinalá	981.4	22.7	1 133.5

FUENTE: Estudio Agrológico de Reconocimiento del Distrito Agropecuario y Forestal 049.

Semicálido ( $ACw_1$ ).- Es el intermedio en cuanto a grado de humedad entre el  $ACw_0$  y el  $ACw_2$ . Este clima se localiza en la parte suroeste de los municipios de Olinalá y Cualac. La precipitación anual media es de 1 200 mm y la temperatura media anual es de 20°C.



## 2.5. Suelos.

Los suelos dominantes en la región son de origen " in situ ", delgados, de profundidad variable y con bastante pedregosidad superficial. Predominan las texturas medias y finas, - además, se observa un gran problema de erosión en los suelos - cerriles.

De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO, predominan dos grandes grupos de suelos: los litosoles y los luvisoles -- crómicos, los cuales se describen a continuación:

**Litosoles.**- Son suelos que se caracterizan por su escasa profundidad, yacen sobre una roca dura, continua y coherente. Son suelos de formación " in situ ". Se localizan en áreas cerriles montañosas, pueden tener vegetación de selva baja caducifolia. Tienen drenaje superficial rápido a muy rápido. Estos suelos se localizan principalmente en la parte norte y - sur del área.

**Luvisoles crómicos.**- Son suelos de color café o amarillo rojizo en su horizonte B, y un horizonte A (si está presente), que se endurece cuando se seca. Estos suelos se localizan principalmente en el noroeste del área.

Estos suelos se presentan por lo general en pendientes mayores de 20%, son delgados a semiprofundos, predominan las - texturas medias y presentan alta susceptibilidad a erosionarse.

## 2.6. Vegetación.

A consecuencia de la topografía irregular y la diversidad climática existe variación entre los tipos vegetativos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

**Selva baja caducifolia.**- este tipo de vegetación se - caracteriza por la pérdida de las hojas de las especies domi--

nantes en la época seca del año, por lo general entre los meses de noviembre a mayo. La altura de los árboles generalmente no sobrepasa los 10 m; predominando los de hojas compuestas (leguminosas y burseráceas). Entre las especies más comunes se encuentran: Copal, papelillo, cuajote (Bursera spp.), gigante (Neobuxbaumia mezcalensis), órgano (Lematreocereus weberi), huizache, uñas de gato (Acacia spp), mezquite (Prosopis spp.), etc. En el estrato herbáceo se encuentran varias especies de gramíneas (Bouteloua, Eleusine, Paspalum, etc.). Este tipo vegetativo predomina en los municipios de Huamuxtitlán, Alpoyeca, Xochihuehuatlán y Tlalixtaquilla y en menor escala en el municipio de Cualac.

Bosque de encino.- Está formado por encinos y robles (Quercus spp.), generalmente de porte bajo y crecimiento lento. Se desarrollan comunmente sobre suelos extremadamente pobres (litosoles) en los municipios de Olinalá y Cualac. El estrato herbáceo es muy escaso.

Bosque de pino-encino.- Esta asociación vegetal se ubica principalmente en los municipios de Olinalá y Cualac. El crecimiento de los árboles es lento y con poca densidad de población, debido a la pobreza de los suelos. La altura de los árboles varía desde 5 m hasta más de 30 m de altura. Los géneros dominantes son Pinus y Quercus. El estrato herbáceo es escaso y esta compuesto principalmente por gramíneas.

## 2.7. Condiciones socioeconómicas.

De acuerdo con el censo de 1980 la población total de los seis municipios comprendidos en el área fue de 50 261 habitantes. Considerando que la superficie total es de 2 335.9 Km<sup>2</sup> (233 590 ha) se tuvo una densidad de población de 21.5 hab/Km<sup>2</sup>.

La población de ésta área representa el 2.38% del total estatal y el 25.2% del Distrito, dicha población se localiza en 65 comunidades que comprenden los seis municipios.

La superficie agrícola suma 15 448 ha (66% del total), distribuidas de la siguiente manera:

Superficie de riego .....	1 652 ha
Superficie de temporal .....	13 694 ha
Superficie de humedad .....	102 ha
T O T A L .....	<u>15 448 ha</u>

Debido a que existen zonas de riego en esta área, se encuentra la mayor diversidad de cultivos de la región, encontrándose entre los principales: maíz, frijol, cacahuate y arroz.

Asimismo la actividad pecuaria es muy importante, ya que en esta zona es donde se desempeña el mayor movimiento pecuario, destacándose por su número el ganado bovino. Asimismo el 53% de las colmenas del Distrito se localizan en esta zona. Es importante mencionar también las actividades artesanales, las cuales son reconocidas internacionalmente.

Segun estimaciones hechas en el Distrito, se consideró que el ingreso medio anual de la población era de 350 000 pesos anuales para 1985. En esta zona es donde se hablan lenguas autóctonas en menor escala, predominando entre estas el náhuatl o mexicano.

### III, EL PROBLEMA

Una de las principales funciones de los investigadores agrícolas en la actualidad es generar recomendaciones de prácticas mejoradas a través del estudio de los factores de la producción agrícola. La precisión en la generación de dichas recomendaciones es muy importante, ya que éstas influyen directamente en la economía de los productores.

A través de los años los investigadores han enfrentado la disyuntiva de elegir una metodología para estimar dosis óptimas económicas, sin estar seguros de cuál pudiera ser la mejor de acuerdo a las condiciones en que trabajan. Sin embargo, la literatura muestra que son pocos los trabajos que se han realizado con el fin de evaluar cual metodología resulta ser más confiable en la generación de recomendaciones.

Con frecuencia los investigadores utilizan indistintamente cualquier método, sin considerar que hay diferencias en las recomendaciones que se generan mediante los distintos métodos que existen.

Por todo lo anterior surge la necesidad de comparar los métodos más usados para estimar dosis óptimas económicas, con el fin de que los investigadores puedan conocer cuál de ellos presenta más ventajas y cuál se adapta mejor a las condiciones en que trabajan.

Por otra parte, el cultivo de cacahuate ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie cultivada en el área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural 057, después del maíz y frijol.

El cultivo de cacahuate tradicionalmente no se fertiliza y se acostumbra densidades de población muy variadas, motivo que influye en la obtención de bajas producciones por unidad de superficie.

Analizando la importancia económica de este cultivo para los productores de la región, se hace necesario generar una recomendación que involucre los factores modificables de la producción nitrógeno, fósforo y densidad de población.

#### IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS

##### OBJETIVOS:

1.- Comparar las diferencias entre las dosis óptimas - económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de población usando los métodos: a) Gráfico; b) Evaluación Económica de Perrin et al; c) Evaluación Económica de Perrin, modificada por Laird; d) Gráfico-Estadístico; y e) Matemático, usado como patrón de comparación.

2.- Analizar ventajas y desventajas en la utilización de cada uno de los métodos.

3.- Proponer diferentes métodos de análisis económico a usar de acuerdo a las facilidades de cálculo de que se disponga.

4.- Calcular un tratamiento óptimo económico de los -- factores en estudio (nitrógeno, fósforo y densidad de población) para el cultivo de cacahuete en la región de estudio, utilizando el método más adecuado.

##### HIPOTESIS:

1.- Existen diferencias en las dosis óptimas económicas obtenidas mediante cada uno de los métodos en estudio.

2.- El método gráfico es el que presenta mayor riesgo de error en la estimación de dosis óptimas económicas.

## V. REVISION DE LITERATURA

Según Laird (1977), hay una conciencia cada día mayor entre los científicos sociales y agrónomos que estudian la adopción de las tecnologías modernas por los agricultores tradicionales, en el sentido de que la decisión de éstos últimos para adoptar o rechazar la nueva tecnología es altamente influenciada por su percepción del riesgo involucrado al usar la innovación. Aparentemente muchos agricultores de subsistencia, al tratar de decidir cuál tecnología emplear, se preocupan más en asegurar una cantidad adecuada de alimentos para sus familias - en un año desfavorable, que en alcanzar los niveles más altos de producción o de ingreso neto a través de varios años. Sin embargo es precisamente este último criterio el que generalmente observan los investigadores agrónomos en la generación de las tecnologías de producción de cosechas.

Se ha reportado que el desarrollo de tecnologías mejoradas de producción de cosechas es un proceso en donde el hombre manipula los factores modificables de la productividad y descubre prácticas de producción que son más lucrativas en comparación con las empleadas generalmente por los agricultores. Ello significa que la investigación es el estudio de las maneras de aumentar el rendimiento de cultivos a través de modificaciones en los factores planta y manejo (Laird, 1977).

De acuerdo al concepto desarrollado por los economistas existe lo que se llama el camino de expansión económica mixta - óptima, el cual representa una solución en términos de insumos para cada nivel de capital variable limitado. Este camino de expansión económica óptima ocurre en el nivel de capital variable que se asocia con la máxima ganancia posible. Este punto corresponde al tratamiento óptimo económico de capital ilimitado (Turrent, 1978).

Según la enseñanza de los economistas, hay una solución óptima económica para cada nivel de capital variable, siempre y cuando este esté contenido entre los dos extremos del espacio de exploración referido previamente. Tal solución corresponde al camino de expansión económica óptima. La forma que asume dicho camino de expansión económica óptima en el espacio de los factores de la producción, depende de la forma de la superficie de respuesta y de las relaciones de precios entre los insumos (Turrent, 1978).

Aveldaño y Volke en 1980, hicieron una comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población para maíz de temporal en Tlaxcala. Los criterios para medir su eficiencia fueron básicamente económicos y para su evaluación se consideraron las desviaciones standard de los factores estudiados, nitrógeno, fósforo y densidad de población.

Los métodos comparados fueron: 1) Método de evaluación económica de Perrin et al; 2) Método de evaluación económica modificado por Laird; 3) Método gráfico, modificado por Turrent; y 4) Análisis de funciones anómalas (Stepwise-Martínez Garza).

Respecto al cálculo de las desviaciones standard como medida de comparación, se tiene que, para el caso de nitrógeno los métodos de Perrin et al y Perrin-Laird coinciden, en tanto que el que se utiliza convencionalmente (Regresión por paso de Martínez Garza, 20 y 10%), fue el que tuvo la mayor desviación. Para este caso el método propuesto por Turrent resultó ser el más eficiente.

Para el cálculo de las dosis óptimas económicas de fósforo, el método que ofrece mayor discrepancia es el propuesto por Perrin et al. El método propuesto por Perrin-Laird reduce este valor, en tanto que los dos mejores métodos para este caso



fueron el propuesto por Turrent y el de Martínez Garza.

Para el caso de la densidad de población los cuatro métodos presentan estimaciones semejantes. En este caso el método de menor desviación standard resultó ser el de Perrin-Laird.

Aveldaño y Volke finalmente concluyen que sí existen diferencias en la estimación de los óptimos económicos al utilizar los distintos métodos y que de manera general el método más ventajoso resultó ser el gráfico, modificado por Turrent, principalmente cuando no se tiene acceso a una computadora.

Volke en 1981, menciona que la respuesta de los cultivos a los fertilizantes, densidades de plantas u otros insumos, depende de diversos factores ambientales, ya sea del suelo, clima, de la planta o del manejo, los cuales determinan la forma de esta respuesta.

Desde el punto de vista económico y específicamente en cuanto a conocer las cantidades óptimas económicas de insumos para diferentes cultivos, muchas veces se determinan con esta finalidad, funciones de producción, las cuales estiman matemáticamente la respuesta de los cultivos a los insumos variables y permiten obtener dichos óptimos económicos.

En cuanto al análisis de regresión, Volke (1981) concluye que "es factible obtener funciones de producción que estimen satisfactoriamente la respuesta de los cultivos a los insumos fertilizantes y densidad de plantas, y que permiten determinar óptimos económicos confiables de ellos, en base a: a) una especificación correcta del modelos de regresión, según las curvas de respuesta a los insumos; b) los procedimientos de regresión "prueba de modelos de regresión" y "máximo incremento de  $R^2$ " (del programa SAS); y c) considerar como criterio de bondad para el mejor modelo el menor cuadrado medio de desviaciones de regresión.

Según Volke (1982) los costos de producción que proceden del uso de los insumos y la utilidad derivada de un ingreso total producido de la producción, son dos aspectos fundamentales a considerar en la agricultura.

Los insumos variables suelen constituir una parte importante de los costos de producción, por lo que resulta del mayor interés determinar sus cantidades óptimas económicas. Considerando que el óptimo económico de un insumo variable depende de las condiciones ecológicas del suelo y clima y del manejo del cultivo se tiene que en la práctica se trata de determinar para las diferentes condiciones de producción,

En la producción de cultivos, entre los insumos más importantes, además de la semilla, se encuentran los fertilizantes. Sin embargo la cantidad de insumos de la producción a utilizar depende también de otros factores como la disponibilidad de capital para invertir en ellos o de recursos en general desde el punto de vista del riesgo que sea posible enfrentar.

Para determinar óptimos económicos de los insumos de la producción existen diferentes criterios económicos y procedimientos, cada uno de los cuales pueden presentar ventajas o desventajas según las condiciones de producción presentes.

En 1986, en resultados obtenidos por el área de investigación agrícola del Plan Valles Centrales, Oax., del Colegio de Postgraduados en el cultivo de cacahuete se reporta que el tratamiento óptimo económico (TOE) es 30-30-100 (kg/ha de N, -- kg/ha de  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha respectivamente), después de cinco años de experimentación. Así mismo, para la determinación de los TOE se usó el método gráfico-estadístico durante 4 años, mientras que el método de Perrin solamente se utilizó un año.

## VI. MATERIALES Y METODOS

En el presente trabajo se utilizaron cinco metodologías para la obtención de las dosis óptimas económicas (DOE) que son: a) Método gráfico; b) Método de evaluación económica de Perrin et al; c) Método de evaluación económica de Perrin, modificado por Laird; d) Método gráfico-estadístico, y e) Método matemático, usado como patrón de comparación.

Para hacer la comparación de los diferentes métodos se utilizaron datos obtenidos de un experimento de cacahuete de temporal realizado en la parte norte del Distrito de Desarrollo Rural 057 en el estado de Guerrero, durante el ciclo agrícola primavera-verano 1985.

### 6.1. Características del experimento.

#### 6.1.1. Localización del sitio experimental.

El sitio experimental se localizó aproximadamente a 3 km al sur de la comunidad de Cacalutla, municipio de Xochihuehuetlán, Gro., dentro de lo que es la región cacahuatera del Distrito de Desarrollo Rural 057 y estuvo ubicado sobre suelos litosoles, con profundidad menor de 50 cm, con pedregosidad superficial, textura arcillo-arenosa y con un clima cálido seco. El terreno es propiedad del productor cooperante Pedro Vázquez.

#### 6.1.2. Criterios para la selección del sitio.

- a) Que fuera representativo de los terrenos del área de estudio.
- b) Que no hubieran aplicado abono orgánico en los últimos cinco años.
- c) Que el sitio fuera accesible durante todo el año.

d) Que el terreno fuera preparado conforme la tecnología tradicional de los productores de la región.

#### 6.1.3. Factores de estudio.

Las variables o factores estudiados fueron: dosis de nitrógeno, fósforo y densidad de población.

Los espacios de exploración comprendieron niveles de 20-40-60-80 Kg/ha para el caso de nitrógeno y fósforo, mientras que para la densidad de población los niveles estudiados fueron de 70-80-90-100 mil plantas/ha.

#### 6.1.4. Matriz experimental.

Las respuestas de los factores en estudio se evaluaron mediante el diseño de tratamientos de la matriz Plan Puebla I (Figura 3).

Se estudiaron cuatro niveles para cada factor, de cuya combinación resultaron los 14 tratamientos de la matriz Plan Puebla I. Además se probaron tratamientos adicionales como fueron la tecnología tradicional del productor, las primeras aproximaciones a los tratamientos óptimos económicos (TOE) de capital limitado e ilimitado y un testigo sin fertilización, teniendo en total 18 tratamientos (Cuadro No. 3).

#### 6.1.5. Diseño experimental.

El diseño experimental que se utilizó fue bloques al azar con un total de tres repeticiones. El tamaño de las parcelas experimentales fue de dos surcos de 5 m de largo por 0.8 m de ancho. Se dejaron " calles " de 1 m de ancho entre cada repetición y se sembraron bordos de protección para la parcela experimental.

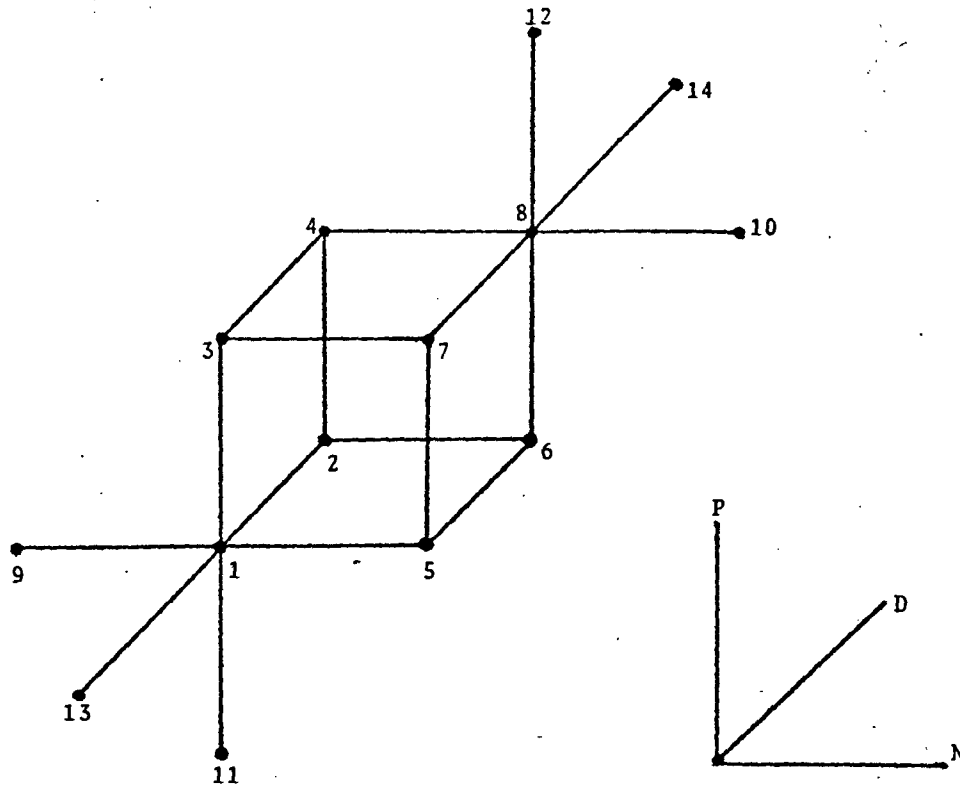


Figura No. 3. Matriz de tratamientos Plan Puebla I usada en el experimento en estudio.

Cuadro No. 3. Lista de tratamientos del experimento de acuerdo a la matriz Plan Puebla I.

No. de trat.	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	D.P. (miles de pts./ha)	Variedad	Fuentes de Fertiliz.
1	40	40	80	Cacahuata	Sulfato de Amonio
2	40	40	90	↓	+
3	40	60	80		Superfosfato de calcio simple
4	40	60	90		
5	60	40	80		
6	60	40	90		
7	60	60	80		
8	60	60	90		
9	20	40	80		
10	80	60	90		
11	40	20	80		
12	60	80	90		
13	40	40	70		
14	60	60	100		
15	00	00	85		
16	00	20	80		
17	20	20	90		
18	00	00	80		

## 6.2. Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en un barbecho - realizado con yunta, lo cual corresponde a lo que tradicionalmente hacen los productores de la región. Además, previamente al barbecho se realizó una limpia del terreno en forma manual.

## 6.3. Establecimiento del experimento.

El establecimiento del experimento se realizó el 15 - de junio de 1985, cuando el temporal de lluvias ya estaba establecido. La siembra se realizó con el método "tapa-pie", después de haber desinfectado el suelo con Volatón 2.5% polvo, con una dosis de 40 kg/ha. Para lograr las densidades de población requeridas, se colocó una cadena de siembra con listones de diferentes colores a distancias uniformes de acuerdo a la densidad de población y se depositaron cuatro semillas "por golpe", para después aclarar y dejar las densidades de población deseadas.

## 6.4. Fertilización.

Las fechas de fertilización coinciden con las fechas - en que se realizaron las labores de cultivo. El método de aplicación del fertilizante fue mateado, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la primera labor y el nitrógeno restante al momento de la segunda labor.

Las fuentes de fertilización usadas fueron sulfato de amonio para el caso del nitrógeno y superfosfato de calcio simple en el caso del fósforo.

## 6.5. Manejo del experimento.

Durante el desarrollo del cultivo se estuvieron tomando

observaciones en forma periódica, con el fin de detectar respuestas a las variables en estudio, porcentaje de germinación, fechas de realización de labores, desarrollo de las plantas, daño por plagas y enfermedades, etc.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo no se presentaron factores externos como heladas, sequías, plagas o enfermedades que afectaran el experimento.

Las labores de cultivo se efectuaron el 25 de julio y el 7 de agosto de 1985. También hubo necesidad de realizar dos limpiezas (deshierbes) en forma manual.

#### 6.6. Cosecha.

La cosecha se realizó el 28 de octubre de 1985, considerando que el cultivo ya había alcanzado su madurez fisiológica. Primeramente se procedió a arrancar las matas, esto se hizo mediante el paso de un arado jalado por una yunta de bueyes, luego se procedió a sacudir la planta y amontonarla por cada pequeña parcela para poder contar el número de plantas por cada tratamiento. Después de esto, se procedió a "desguajar" (arrancar las vainas de la planta) y pesar el producto de cada tratamiento en una báscula de "reloj". Finalmente se tomaron muestras para determinar el % de humedad de la cosecha, las cuales se colocaron en bolsas con su respectiva etiqueta.

#### 6.7. Descripción de los métodos en estudio.

##### 6.7.1. Método Gráfico.

Como su nombre lo indica, este método exige poder graficar la respuesta del cultivo a los insumos de la producción.



Las variables que se usen tendrán que ser continuas, - es decir, de valores bien definidos numéricamente en niveles. No podrá aplicarse si se están estudiando variables discretas como variedades, aplicación de insecticidas, etc.

Este método consiste en graficar los rendimientos medios asociados con cada tratamiento y los valores de las variables en estudio. Para obtener las gráficas de las variables estudiadas, se toman los puntos en los cuales hay cambios de nivel de una variable, mientras las otras permanecen constantes.

Una vez que se tienen las gráficas para cada variable en estudio, se procede a dibujar sobre la gráfica el triángulo de la relación costo del insumo/valor del producto. Por ejemplo: para el caso del nitrógeno se calcula su costo por cada Kg aplicado al campo y se divide entre el valor real de un Kg del producto (en este caso cacahuate), habiendo descontado los costos de cosecha. Del triángulo obtenido se proyecta la hipotenusa - hasta encontrar la tangente sobre las curvas de respuesta al - factor estudiado.

Finalmente el punto sobre el cual intersectan la línea tangente y la curva se proyecta hacia el eje de las abscisas y se determina el óptimo económico de la variable en estudio.

#### 6.7.2. Método de evaluación económica de Perrin et al.

Este método consiste básicamente en un análisis económico que aplica diferentes conceptos de marginalidad. Los incrementos se calculan en función al tratamiento inferior en beneficio neto. Este método consiste en lo siguiente:

- a) Estimar los beneficios netos (BN) para cada tratamiento.
  - Primeramente se estiman los beneficios brutos (BB), calcu-

lando los rendimientos promedios para cada tratamiento, - los cuales estarán ajustados por diferencias entre manejo experimental y manejo del agricultor. Posteriormente se estima el precio de campo del grano, que será el precio - que el agricultor reciba en el mercado local menos los -- costos de cosecha. Finalmente se multiplica el precio de campo por el rendimiento promedio y se obtiene el beneficio bruto de campo para cada tratamiento.

- Para estimar los costos variables (CV) de cada tratamiento, se identifican los insumos variables, o sea aquellos factores que son afectados por la elección del tratamiento; luego se estima la cantidad de cada uno de estos insumos para cada tratamiento. Se estima también el precio de campo de cada insumo. Finalmente se multiplica el precio de campo de cada insumo por la cantidad del mismo y al total de éstos se le suman los costos fijos como preparación del terreno, desinfección del suelo, etc.
- Para estimar finalmente los beneficios netos, de cada tratamiento se restan los costos variables del beneficio bruto de campo.

b) Realizar un análisis de dominancia.

- Primeramente se ordenan todos los tratamientos en orden decreciente, en cuanto a beneficios netos, utilizando todos los tratamientos de la matriz experimental, incluyendo al testigo y los tratamientos adicionales.
- Una vez ordenados los tratamientos, se realiza el análisis de dominancia, el cual consiste en tomar el tratamiento de mayor BN y comparar sus CV con el inmediato inferior; si los CV del inmediato inferior son mayores, se denominará

un tratamiento "dominado" y se procede de igual forma hasta encontrar un tratamiento cuyos CV sean menores que el tratamiento de referencia, luego este nuevo tratamiento será el de referencia para buscar otros con menores CV. Finalmente los tratamientos que no hayan sido dominados pasarán a la siguiente etapa.

c) Realizar un análisis marginal.

Este análisis se realiza con los tratamientos que no fueron dominados, los cuales se ordenan de igual forma que en el análisis de dominancia, es decir, en orden decreciente en cuanto a beneficios netos.

- Estimar el incremento marginal en beneficio neto (IMBN); éste se calcula restando el BN del tratamiento en cuestión del tratamiento próximo inferior.
- Estimar el incremento marginal en costos variables (IMCV); éste se calcula de la misma forma que el anterior pero en la columna de los CV.
- Calcular la tasa de retorno marginal (TRM). Una vez obtenidas las columnas de IMBN y IMCV, se divide el valor del IMBN entre el valor del IMCV para cada tratamiento.
- Finalmente el tratamiento que tenga el mayor BN será el tratamiento óptimo económico para capital ilimitado (TOECI), mientras que el que tenga mayor TRM será el tratamiento óptimo económico de capital limitado (TOECL).

6.7.3. Método de evaluación económica de Perrin, modificado por Laird.

Este método se basa en los mismos principios que el -

método de Perrin, hasta llegar a realizar el análisis marginal de los tratamientos no dominados.

Ya que se tiene el análisis económico marginal, se selecciona el tratamiento que tenga la mayor tasa de retorno marginal (TRM). El tratamiento seleccionado servirá para graficar la curva donde se determinarán las dosis óptimas económicas.

Enseguida se determina una tasa de retorno mínimo esperada (TRME) de acuerdo a las condiciones económicas de la región bajo estudio. El tratamiento seleccionado deberá ser el que tenga la mayor TRM y además sobrepase el valor definido para la TRME.

Para realizar la interpretación gráfica se calculan las relaciones costo del insumo/valor del producto para la TRME de los factores en estudio. Una vez obtenidos estos valores, se dibuja el triángulo resultante de la relación costo del insumo/valor del producto, del cual se proyecta la hipotenusa hasta la curva de respuesta al factor en estudio y en el punto donde hagan tangencia se proyecta una línea vertical hasta el eje de las abscisas y así obtener la dosis óptima económica (DOE) de cada uno de los factores.

#### 6.7.4. Método gráfico-estadístico.

Este método fue propuesto por Turrent en 1978. Es una modificación hecha al método gráfico original, donde se combina la técnica de Yates (Cochran y Cox, 1974) y el método original.

En éste método se tiene la propiedad de encontrarse la "repetición escondida" en el factorial  $2^k$  que se integra con los tratamientos del segundo y tercer nivel de cada factor en

experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I, dicha propiedad permite un aumento adicional en la precisión con que se estiman los efectos. Para ejemplificar mejor éste método tomaremos como referencia los datos del cuadro No.10.

Este método incluye los siguientes pasos:

1.- Primeramente se enlistan los tratamientos resultantes de la matriz, más los tratamientos adicionales de los factores en estudio (Columna 1) y se anotan los totales de rendimiento por cada tratamiento (Columna 3).

2.- Enseguida se realiza el análisis de varianza (ANVA) de los 14 tratamientos de la matriz experimental más los tratamientos adicionales, en donde el cuadrado medio del error (CME) servirá para análisis posteriores.

3.- A continuación se aplica la técnica de Yates, en la cual se utilizan los rendimientos totales obtenidos del experimento, los cuales van asociados con cada uno de los tratamientos del cubo de la matriz (1-8) para estimar el o los efectos factoriales totales que resultan significativos a un nivel de probabilidad del 10% de cometer error del tipo I. En la Columna 2 aparece la identificación de los ocho tratamientos del factorial  $2^3$  según la notación de Yates. El término (1) significa por el 1 que en éste tratamiento está la combinación de los niveles bajos en el  $2^3$  de los tres factores, y por el paréntesis rectangular que los rendimientos se expresarán en términos de totales, sobre las tres repeticiones del experimento.

El término (d) asociado al segundo tratamiento significa que solamente el factor densidad de población se encuentra presente a su nivel alto y los factores nitrógeno y fósforo en sus niveles bajos. El término (p) asociado al tercer tratamiento significa que el factor fósforo se encuentra a su nivel alto, mientras que el nitrógeno y la densidad de población se encuentran a su nivel bajo, así sucesivamente se continúa hasta

llegar al término (npd) asociado al octavo tratamiento y significa que los tres factores están presentes en sus niveles altos.

Las columnas 4, 5, 6, corresponden al método automático de Yates para calcular los efectos factoriales. El número de columnas corresponde al número de factores que se tengan, en este caso son tres. La primera columna de Yates se obtiene a partir de la columna de rendimientos totales, sumando de dos en dos hasta llegar a la mitad de la columna; en seguida, se restan algebraicamente, también por pares, el de abajo menos el de arriba, comenzando con el primer par de totales, para completar los ocho valores de la columna. A continuación se aplica el mismo procedimiento a la primera columna de Yates para obtener la segunda y a partir de ésta la tercera.

En la tercera columna de Yates aparecen los efectos factoriales totales (EFT). Posteriormente se usa un divisor para cada efecto factorial total para obtener el efecto factorial a nivel de media. El divisor es  $2^k$  para el primer término de la columna de Yates y  $2^{k-1}$  para los demás tratamientos. El coeficiente  $2^{k-1}$  significa el número de "repeticiones escondidas" y  $r$  las repeticiones.

La columna 7 presenta la lista de los efectos factoriales a nivel de media (EFM), los cuales son representados por letras mayúsculas entre paréntesis curvos y se encuentran en la columna 8. El paréntesis curvo significa que el efecto factorial está expresado a nivel de media.

4.- A continuación se prueba la significancia de los efectos factoriales usando como comparador el efecto mínimo significativo (EMS), que se calcula con la siguiente fórmula:

$$EMS = t_{\alpha} (g|E) \sqrt{\frac{CME}{2^{k-2r}}}$$

Donde:

$t_{\alpha}$  = t de student con  $\alpha$  probabilidad asumida de error tipo I.

glE = Grados de libertad del error.

CME = Cuadrado medio del error experimental.

k = Número de factores.

r = Número de repeticiones.

Lo que se trata de comprobar realmente es lo siguiente:

Si  $E_{FM} < E_{MS}$  No se rechaza  $H_0$ .

Si  $E_{FM} > E_{MS}$  Se rechaza  $H_0$ .

Cualquier efecto factorial a nivel de media que supere al efecto mínimo significativo (EMS), será considerado significativo al nivel de probabilidad adoptada; en este caso  $\alpha = 10\%$ .

De acuerdo con esta regla, únicamente los valores de EFM que corresponden a fósforo y la interacción nitrógeno por densidad de población son mayores que el EMS y por lo tanto -- significativos a un  $\alpha = 10\%$ . El resto de los EFM son estadísticamente no significativos al nivel establecido. Puede darse el caso de que el EFM sea menor que el EMS, y de que el valor se encuentre cercano a éste último; se deberá recurrir a la gráfica original y si se observa marcada respuesta a este factor y siendo el error experimental muy grande, por lo tanto el factor no es significativo, puede considerarse significativo al EFM.

Considerando que sí se obtuvo significancia al fósforo y a la interacción del nitrógeno por densidad de población, lo cual involucra a los tres factores, se procede a estimar los rendimientos promedio de cada uno de los ocho tratamientos de cubo, con esto se opera con la repetición escondida para cada uno de los efectos factoriales. En ésta forma se obtiene la columna 9.

5.- El siguiente paso es calcular los costos variables y el ingreso neto de los rendimientos promedio de cada tratamiento, lo que nos dará las columnas 10 y 11, a través de la función:

$$IN = yY - CV$$

Donde:

IN = Ingreso neto

y = Valor de 1 Kg de cacahuate

Y = Rendimiento de cacahuate/ha

CV = Costos variables

Los costos variables (CV), se calcularon mediante la siguiente función:

$$CV = nN + pP + dpDP$$

Donde:

n = Costo de 1 Kg de nitrógeno aplicado en el campo.

N = Dosis de nitrógeno utilizada.

p = Costo de 1 Kg de fósforo aplicado en el campo.

P = Dosis de fósforo utilizada.

dp = Costo de mil plantas de cacahuate.

DP = Densidad de población



6.- De los tratamientos que se estimaron, se trata de localizar el tratamiento o la esquina del cubo que esté más -- cercana al tratamiento óptimo económico de capital ilimitado - (TOECI). Según el método, el TOECI se asocia con el tratamiento de mayor ingreso neto. En la matriz Plan Puebla I hay solamente dos de las ocho esquinas del cubo por las que se prolongan las tres aristas que concurren a tales esquinas. Estas esquinas o tratamientos son los números 1 y 8 de la matriz. Cuando la selección del espacio de exploración ha sido atinada, el tratamiento 8 se asociará con el máximo ingreso neto observado. Hay casos en los que el mayor ingreso neto no se asocia con este tratamiento, resultando ser el 1, entónces las curvas que se seleccionarán serán aquellas que pasen por la esquina del tratamiento 1.

En el presente trabajo, el tratamiento que se asocia con el máximo ingreso neto no es ninguno de las dos esquinas - mencionadas anteriormente, sino que es el tratamiento (3) que corresponde a una de las seis esquinas del cubo en donde no se incluyen prolongaciones, en sí el tratamiento será adoptado -- tentativamente como el TOECI. Esta adopción será confirmada si no existe ningún tratamiento fuera del cubo con ingreso neto - aún mayor. Como no se encontró ningún tratamiento fuera del cubo con ingreso neto mayor, se adopta éste como el TOECI. Por - lo tanto en este caso no se dibuja la gráfica,

7.- Cuando no se obtiene significancia a algún factor en el cubo, se procede a verificar en sus aristas prolongadas, comparando las medias obtenidas con aquellos tratamientos que tengan niveles altos y bajos de los factores significativos. - Para esto es necesario hacer la comparación mediante un valor de diferencia mínima significativa (DMS), calculándose con la siguiente fórmula:

$$DMS = t\alpha (g1E) \sqrt{CME \left( \frac{1}{r1} + \frac{1}{r2} \right)}$$

Donde:

t, g1E y CME son los mismos términos que se usaron en la fórmula de EMS, mientras que r1 y r2 son los números de repeticiones que intervienen en el cálculo de cada una de las medias de los tratamientos a probar.

8.- A continuación se procede a calcular el incremento en rendimiento ( $\Delta Y$ ), dado por la diferencia del rendimiento promedio del tratamiento en cuestión y el promedio del testigo, dichas diferencias componen la columna 12.

La columna 13, está formada por los incrementos en ingreso neto ( $\Delta IN$ ), que se calculan mediante la función:

$$\Delta IN = y\Delta Y - CV$$

Donde:

y = Valor de 1 Kg de cacahuete

$\Delta Y$  = Incremento en rendimiento

CV = Costos variables.

9.- Finalmente se calcula la tasa de retorno al capital variable (TRCV), dividiendo el  $IN + CV$ . El tratamiento que presente la mayor TRCV será considerado como la dosis óptima - económica de capital limitado (DOECL).

Cuando se presentan otros casos son:

1.- Cuando no hay significancia a ningún efecto factorial medio, se promedian los ocho tratamientos del cubo, dado el nivel de precisión experimental, y con esto se estima el rendimiento promedio de los ocho tratamientos, el cual se asociaría

con el tratamiento 1 que es la combinación de los niveles más bajos del cubo.

2.- Cuando hay un efecto factorial significativo y que sea un efecto principal N, P o D, en este caso se promedian -- entre sí los rendimientos asociados con los tratamientos 1 a 4 para estimar la precisión 4 veces mayor, también se promediarían los tratamientos números 5 a 8, y así se reducen los tratamientos a dos.

3.- En caso de que se tuvieran dos efectos principales interaccionando ambos y son significativos. En este caso se considera como si el efecto factorial medio de los factores en -- forma individual fuera significativo y se procede a interpretarlo, promediando sobre el factor que no fue significativo con los tratamientos 1 y 3; 2 y 4; 5 y 7; 6 y 8 del cubo. De esta manera se reducen los 8 tratamientos a 4 con el doble de precisión para cada uno.

4.- Si el efecto factorial medio involucra a tres factores significativos, en este caso el método de interpretación sería para los tres factores y el procedimiento que se sigue -- sería el usado en el método gráfico original, para la dosis óptima de capital ilimitado, de la misma manera que en el presente trabajo, con la diferencia de que no se hizo la gráfica porque el tratamiento de mayor ingreso neto no se asoció con ninguna de las esquinas del cubo 1 y 8. Para obtener la dosis óptima económica de capital limitado, se procede de igual forma que como se hizo en éste trabajo.

### 6.7.5. Método matemático.

Este método se basa principalmente en el análisis de regresión de las variables en estudio.

El análisis de regresión permite expresar una variable dependiente como una función continua de una o más variables independientes. Esta relación se expresa en forma de un modelo estadístico el cual, en términos generales, toma la siguiente forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (1)$$

donde Y es la variable dependiente;  $X_1, X_2, \dots, X_p$  son las variables independientes;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  son los parámetros que se han de estimar, y que expresan el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente.

Para el caso de experimentos de respuesta de los cultivos a insumos variables, la variable dependiente es el rendimiento del cultivo y las variables independientes las diferentes cantidades de insumos, fertilizantes por ejemplo, y se trata de estimar la relación existente entre el rendimiento y los insumos. Esto exige contar, desde luego con la información experimental suficiente que permita estimar esta relación de una manera continua. Esta información se obtiene precisamente de experimentos de respuesta, en los cuales lo que se mide es el rendimiento de diferentes tratamientos o combinaciones de insumos en diferentes cantidades conocidas, Con esta información experimental se procede a estimar la relación o función de producción de interés. Ello equivale a estimar los parámetros  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  del modelo de regresión (1), anteriormente especificado, tomando éste la forma:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p \quad \dots (2)$$

donde  $\hat{Y}$  es el rendimiento estimado, y  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$  son los estimadores de los parámetros  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  respectivamente, asociados con el efecto de los insumos variables sobre el rendimiento.

En otros términos,  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$  son los coeficientes de la ecuación de regresión estimada que indican el efecto de los insumos variables sobre el rendimiento.

La función de producción conviene expresarla en términos de un modelo de regresión reducido; es decir, con el menor número de términos posible. Así, por ejemplo, si el modelo propuesto para dos insumos es el cuadrático, con su forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 - \beta_3 X_1^2 - \beta_4 X_2^2 + \beta_5 X_1 X_2 \dots \dots \dots (3)$$

se trata de eliminar de él aquellas variables que no tienen efecto sobre la variable dependiente  $Y$ , y obtener el modelo reducido final.

En relación con la obtención de los modelos reducidos, se sabe que existen varios procedimientos de selección de variables y algunos de los más usados han sido, o lo son, los siguientes: 1) prueba de modelos de regresión (Draper y Smith, 1966); 2) eliminación regresiva (backward) (Draper y Smith, 1966); 3) selección progresiva modificada (stepwise) (Draper y Smith, 1966); máximo incremento de  $R^2$  (Barr y Goodnigh, 1972); y 5) suma de cuadrados de predicción (Allen, 1971).

Una vez obtenido el modelo de regresión reducido de la ecuación, se procede a determinar los óptimos económicos de los factores en estudio, considerando que el óptimo económico será igual a la primera derivada de la función igualándola a la relación inversa de precios ( $P_i/P_y$ ).

Finalmente al derivar sobre cada uno de los factores en estudio se obtienen diferentes ecuaciones, las cuales se igualan con la relación inversa de precios para cada factor respecto al cual se derivó y esto nos dá un sistema de ecuaciones simultáneas que al resolverlo nos vendrá a proporcionar el óptimo económico de cada factor.

#### 6.8. Análisis Estadístico.

Después de haber llevado a cabo la cosecha del experimento se procedió a realizar las transformaciones necesarias de la información recabada, tales como el ajuste a humedad comercial y la multiplicación de los rendimientos experimentales por un factor de corrección 0.8 para expresar los rendimientos a nivel comercial en kg/ha.

Una vez que se tienen los resultados transformados se realiza el análisis de varianza, para posteriormente aplicar el método de análisis económico y obtener el tratamiento óptimo económico (TOE).

#### 6.9. Relaciones costo del insumo / valor del producto.

Para poder llevar a cabo el análisis económico del experimento se hace necesario conocer las relaciones (costo del insumo) / (valor del producto), las cuales se definen de la siguiente forma: en primer lugar se obtienen los costos de 1 kg. de N y 1 kg de  $P_2O_5$  aplicados a la parcela y en seguida el costo de sembrar 1 000 plantas del cultivo, tomando en cuenta los precios vigentes en el ciclo primavera/verano 1985 (Cuadro No.4).

El costo real de los fertilizantes se estimó de la siguiente manera:

$$CR = CU + CT + CA$$

Donde:

- CR = Costo real del insumo.  
 CU = Costo unitario de mercado.  
 CT = Costo de transporte.  
 CA = Costo de aplicación.

Se consideró que el precio de 1 ton de sulfato de amonio para 1985 era de \$70730, mientras que 1 ton de superfosfato de calcio simple tenía un costo de \$74300 y 1 ton de cacahuete valía \$ 300 000.

El costo de transporte de una tonelada de insumo era \$ 17 500 y el costo de aplicación para la misma tonelada era de \$ 15 850.

El costo de 1000 plantas se obtiene de la siguiente manera: el costo de 1 kg de cacahuete es de \$1300 y el número de semillas por kg es de 500, con una germinación del 80%, lo que produce un costo de 1000 plantas de \$ 750.

$$500 \times 0.8 = 400 \text{ semillas germinales}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ kg de cacahuete} \text{ --- } 400 \text{ semillas} \\ \times \qquad \qquad \qquad \text{---}1000 \text{ semillas} \end{array} \quad x = 2.5 \text{ kg}$$

.. 1000 plantas nos cuestan \$ 750.00

El precio de 1 ton de cacahuete descontando los costos de la cosecha es el siguiente:

Costos de cosecha:

- Sacado .....	\$ 11 700,00
- Volteo .....	\$ 3 900,00
- Despegue .....	\$ 6 500,00
- Encostalado y acarreo .....	\$ 2 600,00

T O T A L ..... \$ 24 700.00

El valor real de 1 tonelada de cacahuete para el año 1985, se obtiene descontando los costos de cosecha al valor de mercado.

Precio de mercado: \$ 300 000.00/ton

Costos de cosecha: \$ 24 700.00

Valor real de 1 ton de cacahuete = \$ 300 000.00 - \$ 24 700

Precio real de cacahuete: \$ 275 300.00

En el cuadro No. 4 se muestra la lista total de costos para el cultivo de cacahuete en la comunidad de Cacalutla, Gro., durante el ciclo agrícola P.V. 1985.

Cuadro. No. 4. Lista de costos para el cultivo de cacahuete.

1.- Limpia	\$ 2 600.00	7.- Control fitosanitario	\$ 2 450.00
2.- Barbecho	\$ 5 000.00	8.- Seguro de vida	\$ 710.00
3.- Surcado	\$ 3 000.00	9.- Desinfección del	
4.- Siembra	\$ 2 600.00	suelo	\$ 10 410.00
5.- Deshierbes	\$ 11 700.00	10.- 1000 plantas	\$ 750.00
6.- Labores de		11.- 1 Kg de nitrógeno	\$ 104.00
cultivo.	\$ 11 700.00	12.- 1 Kg de fósforo	\$ 108.00



## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1. Rendimientos.

En cuanto a rendimientos comerciales, el tratamiento No. 3 (40-60-80) tuvo el promedio más alto con 2.513 ton/ha, mientras que el más bajo correspondió al tratamiento No. 17 (20-20-90) con 1.271 ton/ha (Cuadro No. 5).

En general los rendimientos del experimento fueron buenos, ya que se tuvo un promedio general de 1.683 ton/ha, muy por arriba del promedio regional que es de 1.020 ton/ha.

Se logró comprobar efectivamente que el cacahuate sí muestra respuesta a los factores estudiados (nitrógeno, fósforo y densidad de población), principalmente en sus niveles intermedios.

### 7.2. Análisis de Varianza (ANVA).

El análisis de varianza nos indica que no hubo diferencias significativas entre tratamientos a ninguno de los niveles de probabilidad utilizados (0.01 y 0.05%), mientras que entre repeticiones el resultado fue significativo al 98.73% (Cuadro No. 6).

En este experimento se presentó una desviación standard (s) de 0.4754 y un coeficiente de variación (CV) de 28.24%, el cual es alto, sin embargo normalmente los experimentos de temporal en terrenos de agricultores cooperantes presentan CV elevados, los cuales pueden deberse al tamaño de parcela útil, forma de fertilizar, a las prácticas de cultivo realizadas por el productor y a la heterogeneidad del suelo, entre otros factores.

Cuadro No. 5. Rendimientos comerciales de cacahuate en el experimento de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P/V 1985.

No.	TRATAMIENTOS			RENDIMIENTOS (ton/ha)			
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	D.P. (miles de pts./ha)	RI	RII	RIII	Y
1	40	40	80	1.754	2.546	1.349	1.883
2	40	40	90	1.388	1.592	1.257	1.412
3	40	60	80	2.293	3.241	2.006	2.513
4	40	60	90	1.917	1.339	1.850	1.702
5	60	40	80	1.271	1.836	1.683	1.597
6	60	40	90	2.270	1.484	1.037	1.597
7	60	60	80	2.604	1.283	1.412	1.766
8	60	60	90	1.902	2.678	1.885	2.155
9	20	40	80	1.528	1.955	0.940	1.474
10	80	60	90	2.497	2.438	0.786	1.907
11	40	20	80	1.576	1.640	1.238	1.485
12	60	80	90	2.706	1.210	1.825	1.914
13	40	40	70	1.487	1.872	1.205	1.521
14	60	60	100	2.291	1.613	1.375	1.760
15	00	00	85	1.008	1.229	1.651	1.296
16	00	20	80	1.241	1.960	1.193	1.465
17	20	20	90	1.934	0.959	0.921	1.271
18	00	00	80	1.382	1.859	1.502	1.581

Cuadro No. 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento en grano, en el experimento de cacahuete de temporal en la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P/V 1985.

FACTOR	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	F TABLAS	
					0.05	0.01
TRATAMIENTOS	17	4.930	0.290	1.283	1.95	2.58
REPETICIONES	2	2.243	1.121	4.961*	3.28	5.29
ERROR	34	7.684	0.226			
TOTAL	53	14.856				

Probablemente no se lograron captar las diferencias estadísticas entre los tratamientos debido al error experimental elevado, sin embargo por ser un experimento de tipo factorial, se cuenta con la llamada " repetición escondida ", que significa que se tienen más repeticiones de cada uno de los factores en estudio; este hecho aumenta la precisión, y al continuar con el procedimiento para la prueba de los efectos factoriales, resultaron significativos los efectos del fósforo y de la interacción nitrógeno por densidad de población, lo cual demuestra lo anteriormente señalado.

Por otro lado, dado que el objetivo de éste trabajo es de tipo metodológico y más concretamente el de demostrar ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de optimización de insumos, se decidió continuar con el mismo a pesar de la falta de significancia estadística debida a los tratamientos. Desde luego lo ideal hubiera sido tener significancia estadística; sin embargo la falta de este hecho no invalida los resultados de los análisis económicos probados, sino solamente los condiciona a esta situación, no poco frecuente por cierto en los trabajos de campo.

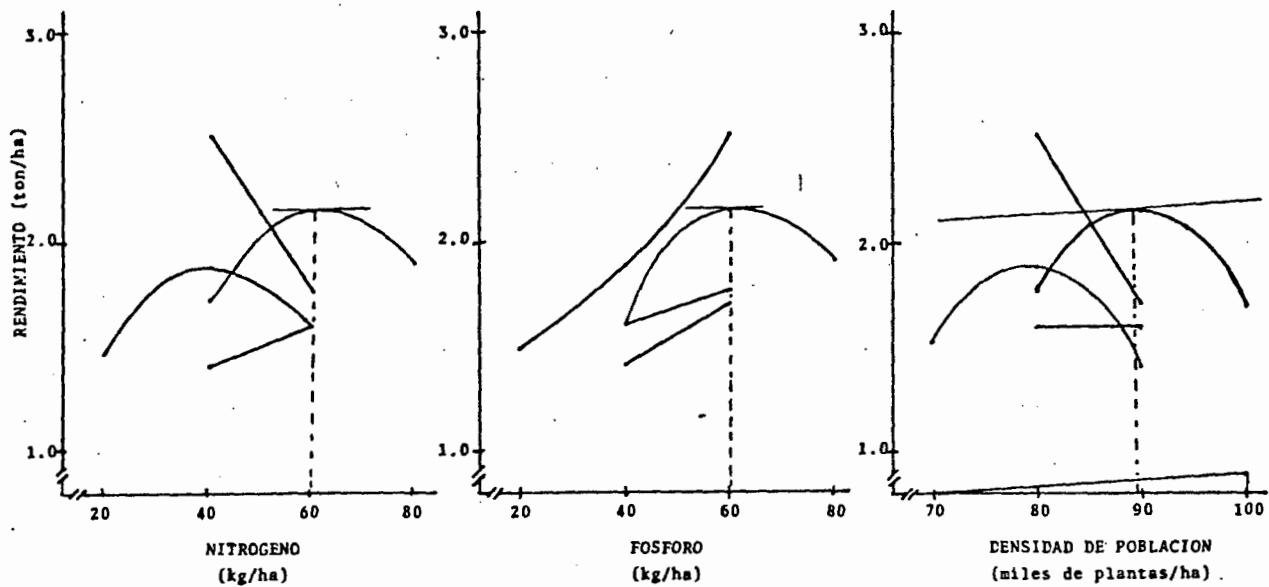
### 7.3. Análisis Económico.

#### 7.3.1. Método Gráfico.

En este método las dosis óptimas económicas (DOE) se obtuvieron después de graficar los rendimientos de cada tratamiento y los valores de las variables en estudio.

En la figura No. 4 se puede observar que para el caso del nitrógeno hay respuesta hasta los 60 kg/ha y a partir de ese punto empieza a descender el rendimiento a medida que aumenta la dosis.

Figura No. 4. Determinación de la DOE de nitrógeno, fósforo y densidad de población para capital ilimitado utilizando el método gráfico.



Al proyectar la hipotenusa de la relación inversa de precios tenemos que la dosis óptima económica (DOE) es precisamente 60 kg/ha de nitrógeno.

Para el caso del fósforo hay una respuesta muy similar a la del nitrógeno y el punto donde intersectan la recta de la relación inversa de precios y la curva de respuesta, es en los 60 kg/ha, resultando ser ésta la dosis óptima económica.

Finalmente para el caso de la densidad de población la dosis óptima económica de acuerdo a lo mostrado en la gráfica es 89 mil plantas/ha.

### 7.3.2. Método de Perrin et al.

En este método primero se trató de encontrar el tratamiento que se asociara con la máxima ganancia en términos económicos, encontrándose que el No. 3 (40-60-80) se asociaba con el mayor beneficio neto (Cuadro No.7).

En el cuadro No. 8 se presenta el análisis de dominancia, en el cual se puede observar que solamente los tratamientos 3 (40-60-80), 1 (40-40-80) y 18 (00-00-80) resultaron como no dominados y pasaron a la siguiente etapa que fue el análisis marginal.

Finalmente en el cuadro No. 9 se muestra el análisis marginal de los tratamientos no dominados, en el cual el No. 3 (40-60-80) resultó con la mayor tasa de retorno marginal (TRM) y a la vez es el de mayor beneficio neto, resultando ser el tratamiento óptimo económico tanto de capital limitado como ilimitado, lo cual solamente ocurre cuando se presentan resultados experimentales como en el presente trabajo.

Cuadro No. 7. Calculo de beneficios netos por tratamiento en el experimento de cacahuete de la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985.

No. de Tratamiento	Total de costos (\$/ha)	Beneficio bruto (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)
1	118 650	518 390	399 740
2	126 150	388 724	262 574
3	120 810	691 829	571 019
4	128 310	468 561	340 251
5	120 730	439 654	318 924
6	128 230	439 654	311 424
7	122 890	486 180	363 290
8	130 390	593 272	462 882
9	116 570	405 792	289 222
10	132 470	524 997	392 527
11	116 490	408 821	292 331
12	132 550	526 924	394 374
13	111 150	418 731	307 581
14	137 890	484 528	346 638
15	113 920	356 789	242 869
16	112 330	403 315	290 985
17	121 910	349 906	227 996
18	110 170	435 249	325 079

Cuadro No. 8. Análisis de Dominancia.

No.	TRATAMIENTOS			Beneficio neto (\$/ha)	Costos totales (\$/ha)
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	D.P. (pt/ha)		
3	40	60	80 000	571 019	120 810*
8	60	60	90 000	462 882	130 390
1	40	40	80 000	399 740	118 650*
12	60	80	90 000	394 374	132 550
10	80	60	90 000	392 527	132 470
7	60	60	80 000	363 290	122 890
14	60	60	100 000	346 638	137 890
4	40	60	90 000	340 251	128 310
18	00	00	80 000	325 079	110 170
5	60	40	80 000	318 924	120 730
6	60	40	90 000	311 424	128 230
13	40	40	70 000	307 581	111 150
11	40	20	80 000	292 331	116 490
16	00	20	80 000	290 985	112 330
9	20	40	80 000	289 222	116 570
2	40	40	90 000	262 574	126 150
15	00	00	85 000	242 869	113 920
17	20	20	90 000	227 996	121 910



Cuadro No. 9. Análisis marginal de los tratamientos no dominados.

No.	TRATAMIENTOS			BENEFICIO NETO (BN) (\$/ha)	COSTOS VARIABLES (\$/ha)	IMBN*	IMCV**	TASA DE RETORNO MARGINAL (%)
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	D.P. (pt/ha)					
3	40	60	80 000	571 019	120 810	171 279	2 160	7 929
1	40	40	80 000	399 740	118 650	74 661	8 480	880
18	00	00	80 000	325 079	110 170	-	-	-

\* IMBN = Incremento marginal en beneficio neto.

\*\* IMCV = Incremento marginal en costos variables.

TOECL : 40 - 60 - 80 000
--------------------------

TOECI : 40 - 60 - 80 000
--------------------------

### 7.3.3. Método de Perrin et al, modificado por Laird.

En este método el tratamiento óptimo económico resultó ser 40-60-80 000 (nitrógeno, fósforo y densidad de población respectivamente), o sea, el mismo que en el método de Perrin et al, esto se debió a que las curvas obtenidas a partir de dicho tratamiento no presentaron un punto máximo de rendimiento y luego decremento en el mismo, por no haber estado ubicado en alguna de las esquinas del cubo de la matriz experimental que tuviera prolongaciones en sus aristas.

### 7.3.4. Método gráfico-estadístico.

Después de aplicar la técnica de Yates sobre los rendimientos totales, a partir de los cuales se calcularon los --

efectos factoriales medios para cada factor y sus interacciones, se hizo una comparación entre éstos últimos y un efecto mínimo significativo calculado, en donde el factor fósforo y la interacción nitrógeno por densidad de población resultaron significativos al nivel de probabilidad utilizado (0.1%), lo cual involucra a los tres factores en estudio, por lo que se continuó el análisis económico hasta llegar a obtener las tasas de retorno al capital variable (Cuadro No. 10).

Por definición el tratamiento óptimo económico de capital ilimitado (TOECI) es aquel que se asocia con la máxima ganancia posible, mientras que el que alcanza la máxima tasa de retorno al capital variable (TRCV), será el tratamiento óptimo económico de capital limitado (TOECL). En este caso, el No. 3 (40-60-80) alcanzó el máximo ingreso neto con \$ 639 090.00/ha y a la vez fue el que tuvo la mayor tasa de retorno al capital variable (25.30), resultando ser el óptimo económico tanto para capital limitado como ilimitado; además debido a que no existen prolongaciones por sus aristas en el cubo de la matriz experimental, no se grafica.

#### 7.3.5. Método Matemático.

En este método se siguieron los pasos mencionados en la descripción del mismo hasta llegar al modelo de regresión reducido, que resultó ser el siguiente:

$$Y = 1140.532 - 2.575N + 40.843P - 15.913D - 0.865N^2 - 0.332P^2 - 0.391D^2 - 0.24NP + 4.177ND$$

En esta ecuación puede observarse que se tiene un rendimiento estimado de 1140,532 kg/ha con los niveles más bajos de los factores en estudio.

Cuadro No. 10. Análisis económico por el método gráfico-estadístico en el experimento de cacahuste de la comunidad de Cacalutla, Gro. Ciclo agrícola P.V. 1985.

No.	TRATAMIENTOS			Notación de Yates	Rendimientos totales (ton/ha)	Método automático de Yates			Efecto factorial medio (ton/ha)	Rendimientos promedios Y (ton/ha)	Costos variables CV (\$/ha)	Ingreso neto IN (\$/ha)	Incremento rendimiento ΔY (ton/ha)	Incremento ingreso neto ΔIN (\$/ha)	TRCV ΔIN/CV
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	D.P. (pt/ha)			1	2	EFT							
1	40	40	80 000	[ 1 ]	5.649	+9.886	+22.532	+43.877	+1.828 N	1.883	8 480	506 250	0.302	82 120	9.69
2	40	40	90 000	[ d ]	4.237	+12.646	+21.345	- 2.679	-0.223 (D)	1.412	12 230	361 200	-	-	-
3	40	60	80 000	[ p ]	7.540	+9.581	- 3.846	+ 4.943	+0.412 (P)	2.513	10 640	693 090	0.932	268 960	25.30
4	40	60	90 000	[ pd ]	5.106	+11.764	+ 1.167	+ 0.143	+0.012 (PD)	1.702	14 390	446 040	0.121	21 910	1.52
5	60	40	80 000	[ n ]	4.790	-1.412	+ 2.760	- 1.187	-0.099 (N)	1.597	10 560	418 370	0.016	-	-
6	60	40	90 000	[ nd ]	4.791	-2.434	+ 2.183	+ 5.013	+0.418 (ND)	1.597	14 310	414 620	0.016	-	-
7	60	60	80 000	[ np ]	5.299	+0.001	- 1.022	- 0.577	-0.048 (NP)	1.766	12 720	466 910	0.185	42 780	3.36
8	60	60	90 000	[ npd ]	6.465	+1.166	+ 1.165	+ 2.187	+0.182 (NPD)	2.155	16 470	579 860	0.574	155 730	9.46
9	20	40	80 000		4.423					1.474	6 400	385 630	-	-	-
10	80	60	90 000		5.721					1.907	18 550	503 380	0.326	79 250	4.27
11	40	20	80 000		4.454					1.485	6 320	389 010	-	-	-
12	60	80	90 000		5.741					1.914	18 630	505 400	0.333	81 270	4.36
13	40	40	70 000		4.564					1.521	8 480	397 650	-	-	-
14	60	60	100 000		5.279					1.760	23 970	453 860	0.179	29 730	1.24
15	00	00	85 000		3.888					1.296	-	338 630	-	-	-
16	00	20	80 000		4.394					1.465	2 160	387 170	-	-	-
17	20	20	90 000		3.814					1.271	7 990	323 140	-	-	-
18	00	00	80 000		4.743					1.581	-	424 130	-	-	-

$$EMS = \tau_0(gIE) \sqrt{\frac{CME}{2k-2r}}$$

$$EMS = 1.69 \sqrt{\frac{0.225999}{6}}$$

$$EMS = 0.328$$

Dentro de los efectos lineales, el del nitrógeno y la densidad de población resultaron negativos, pero debido a que existe una marcada respuesta a la interacción de ambos, se anula este efecto. También existe una marcada respuesta al fósforo.

En cuanto a los valores de los coeficientes de los términos cuadráticos de la ecuación, todos son negativos, lo cual nos indica que se llega a un punto máximo de respuesta al factor y luego comienza a decrecer el rendimiento a medida que aumenta la dosis, dando como resultado las curvas de respuesta.

A partir de la ecuación se derivó con respecto a cada factor para poder obtener las dosis óptimas económicas (DOE) que resultaron ser las siguientes: 69.162 kg/ha para el caso del nitrógeno; 63.165 kg/ha para el fósforo y 93,628 plantas/ha para la densidad de población.

#### 7.4. Comparación de métodos.

En el cuadro No. 11 se presentan las dosis óptimas económicas para capital ilimitado calculadas mediante cada uno de los métodos en estudio. Ahí se puede observar que para el caso del factor nitrógeno, tres de los métodos utilizados (Perrin et al, Perrin-Laird y Gráfico-estadístico) coinciden en el óptimo económico calculado.

Las dosis calculadas con el método gráfico y con el método matemático sobrestiman en 20 y 29 kg/ha respectivamente, a las tres anteriores que resultaron iguales.

En el caso del fósforo, todos los métodos en estudio a excepción del matemático, coinciden en el óptimo económico calculado; sin embargo, éste último se acerca bastante a las dosis calculadas con los otros métodos, pues solamente difiere en 3 kg.

Finalmente para el caso de la densidad de población, coinciden en el óptimo económico los mismos métodos que con el nitrógeno, mientras que las dosis calculadas con los métodos gráfico y matemático aumentan en 9 y 14 mil plantas/ha respectivamente.

Cuadro No. 11. Dosis óptimas económicas para capital ilimitado de nitrógeno, fósforo y densidad de población - calculadas con cada uno de los métodos en estudio.

FACTORES EN ESTUDIO	M E T O D O S				
	Gráfico	Perrin et al	Perrin-Laird	Gráfico— Estadístico	Matemático
NITROGENO (N) (kg/ha)	60	40	40	40	69
FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/ha)	60	60	60	60	63
DENSIDAD DE POBLACION (D.P.) (miles de pt/ha)	89	80	80	80	94

El método gráfico, en general es el que más se acerca al matemático; la razón de esta semejanza es que ambos métodos se basan en los mismos principios teóricos de optimización de insumos.

En el método de Perrin et al, necesariamente debería resultar un tratamiento de la matriz experimental como el óptimo económico, por las características propias del método. Los métodos Perrin-Laird y Gráfico-estadístico, pueden estimar valores intermedios, sin embargo en el presente trabajo no se presentaron las condiciones para poder graficar,

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de analizar los resultados del presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Se comprobó que sí existen diferencias en las dosis óptimas económicas calculadas mediante cada uno de los métodos en estudio; el caso extremo se tuvo con nitrógeno, pues entre la dosis más baja obtenida con los métodos Perrin et al, Perrin-Laird y Gráfico-estadístico, y la más alta calculada con el matemático, que se utilizó como patrón de comparación, hubo una diferencia de 29 kg/ha.

2.- El método que presentó mayor riesgo de error fue el gráfico, mientras que el que mostró más ventajas fue el gráfico-estadístico, ya que combina el procedimiento estadístico con el económico lo cual permite aumentar la precisión al calcular las dosis óptimas económicas.

3.- El método Perrin-Laird puede tener más precisión que el Perrin et al, porque se calculan valores intermedios entre los niveles de los factores en estudio; sin embargo presenta algunas limitantes que no lo hacen muy práctico en experimentos de temporal.

4.- El método matemático muestra gran exactitud cuando el modelo de regresión seleccionado es el apropiado y se ajusta a las curvas de respuesta graficadas.

5.- El cultivo de cacahuete, sí responde a los factores estudiados (nitrógeno, fósforo y densidad de población), lo que permite lograr aumentos substanciales en los rendimientos por unidad de superficie.

En base a las conclusiones planteadas anteriormente, se hacen las siguientes recomendaciones:

- 1.- Seleccionar el método que más se ajuste a las características de los experimentos y a las condiciones en que se trabaja, así como a las facilidades de cálculo.
- 2.- Se debe usar el método gráfico-estadístico siempre que las condiciones de trabajo lo permitan y usar el método gráfico únicamente en los casos en que necesariamente se requiera por no poder aplicar otro.
- 3.- El método de Perrin et al se recomienda cuando se requiere rapidéz combinada con una precisión aceptable y cuando se trabaja con una matriz experimental que no se puede graficar.
- 4.- Se recomienda utilizar el método matemático siempre que se tenga acceso a una computadora.
- 5.- Se recomienda continuar con el estudio de los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población durante tres o cuatro años más con el objeto de llegar a tener una recomendación más precisa y confiable.
- 6.- Se sugiere utilizar varios métodos diferentes cuando las condiciones de trabajo lo permitan, para que en base a un análisis y discusión de los mismos se obtenga una buena recomendación.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aveldaño S.,R. y Volke H.,V. 1980. Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población para maíz de temporal en Tlaxcala, Mex. Agricultura Técnica en México. Vol.6 Num. 2.
- 2.- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. UNAM. - México.
- 3.- Gillier, P. y P. Silvestre. 1970. El Cacahuete. Editorial Blume. Barcelona, España.
- 4.- Laird, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 5.- Little, T.M. y Hills, F.J. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. - México.
- 6.- López A., F. 1987. Evaluación sobre el efecto de dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz en la zona del Plan Montaña de Tlapa, Gro. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. México.
- 7.- Ocampo M., J. 1979. Respuesta del nitrógeno, fósforo y densidad de población en el rendimiento de grano de maíz de temporal, en dos agrosistemas de planicie y lomerío en la región de Chiautla, Pue. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nayarit, México.



- 8.- Ocampo M., J. 1982. Evaluación de siete métodos para generar recomendaciones de producción en maíz de temporal en la región de Chiautla, Pue. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 9.- Perrin, et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México.
- 10.- Sánchez T., M.A. 1983. Factores que afectan la producción en el cultivo del cacahuate (Arachis hipogea) en temporal, en el agrosistema migajón arenoso del Plan Matamoros, Puebla. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nayarit. México.
- 11.- SARH. 1984. Estudio agrológico de reconocimiento del Distrito de Temporal No. VI, Tlapa, Gro.
- 12.- SARH. 1985. Prpuesta de diagnóstico del Distrito de Desarrollo Rural No. 049, Tlápa, Gro.
- 13.- Turrent F., A. 1978. El Método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 14.- Turrent F., A. y Laird, R.J. 1980. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 15.- Volke H., V. 1981. Estimación de funciones de producción mediante regresión en experimentos con fertilizantes y densidad de plantas, con fines de determinación de óptimos económicos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- 16.- Volke H., V. 1982. Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.