

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**"DETERMINACION DE AGROSISTEMAS PARA GENERAR
RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION
NITROGENADA, FOSFORICA Y DENSIDAD
DE POBLACION, QUE SEAN MAS PRECISAS
Y DE BAJO RIESGO PARA EL CULTIVO
DE MAIZ, APLICABLE A LAS PARTES ALTAS DE
QUETZALTENANGO"**

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía.

POR

MIGUEL EDUARDO GARCIA TURNIL

En el Acto de Investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

**LICENCIADO
EN CIENCIAS AGRICOLAS**

GUATEMALA, ENERO DE 1985

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

D.L.

01

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

T(802)

C

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	:	Ing. Agr. César Castañeda S.
VOCAL 1o.	:	Ing. Agr. Oscar René Leiva R.
VOCAL 2o.	:	Ing. Agr. Gustavo Méndez G.
VOCAL 3o.	:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.
VOCAL 4o.	:	Prof. Heber Arana.
VOCAL 5o.	:	Prof. Leonel Arturo Gómez.
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Rodolfo Alvizurez.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO

DECANO	:	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR:		Ing. Agr. Arnulfo Hernández S.
EXAMINADOR:		Ing. Agr. Edgar Ríos.
EXAMINADOR:		Ing. Agr. Ricardo Miyares.
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Carlos Salcedo.

Guatemala, enero de 1985.

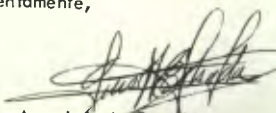
SEÑOR DECANO
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Su Despacho

De acuerdo a la designación de ese decanato, he procedido a asesorar al estudiante MIGUEL EDUARDO GARCIA TURNIL para la elaboración de su trabajo de tesis intitulado "DETERMINACION DE AGROSISTEMAS PARA GENERAR RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION NITROGENADA, FOSFORICA Y DENSIDAD DE POBLACION, QUE SEAN MAS PRECISAS Y DE BAJO RIESGO PARA EL CULTIVO DE MAIZ, APLICABLE A LAS PARTES ALTAS DE QUETZAL TENANGO", para ~~ser~~ presentado como requisito parcial para recibir el título de Ingeniero Agrónomo.

Completada la asesoría y revisado el trabajo, considera que el aporte del mismo es de gran beneficio para el desarrollo de la agricultura en el área de estudio, por lo que merece la aprobación correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme del Señor Decano.

Atentamente,



Ing. Agr. Lóis A. Estrada Ligorria
Colegiado No. 140

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al Título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, someto a su criterio el trabajo de Tesis titulado:

DETERMINACION DE AGROSISTEMAS PARA
GENERAR RECOMENDACIONES DE FERTILI
ZACION NITROGENADA, FOSFORICA Y DEN
SIDAD DE POBLACION QUE SEAN MAS PRE
CISAS Y DE BAJO RIESGO PARA EL CUL
TIVO DE MAIZ, APLICABLE A LAS PAR
TES ALTAS DE QUETZALTENANGO.---

Esperando merezca su aprobación

Respetuosamente,

P.A. Miguel Eduardo García Turnil.-

TESIS QUE DEDICO

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mis agradecimientos:

En especial al Asesor de la Presente Tesis, Ingeniero Agrónomo M. S. LUIS ALBERTO ESTRADA LIGORRIA, por su constante apoyo, consejos y sugerencias en la misma.

Al Ingeniero Agrónomo WOTZBELY MENDEZ ESTRADA, quien motivó e impulsó en la realización de la misma.

Al Personal Técnico, Administrativo y de Campo de ICTA, Región I.

A los agricultores colaboradores que permitieron experimentar en sus terrenos.

NOTA:

Los siguientes datos fueron recabados mediante la utilización de recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, por lo que la publicación parcial o total de los mismos, únicamente puede hacerse con previa autorización de dicho Instituto.

CONTENIDO:

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS Y SUPUESTOS	5
1. HIPOTESIS	5
2. SUPUESTOS	5
IV. DESCRIPCION DEL AREA	7
1. UBICACION Y EXTENSION	7
2. CLIMA	7
3. SUELO	7
4. CULTIVOS PRINCIPALES	8
5. TECNOLOGIA TIPICA DE PRODUCCION	8
V. REVISION DE LITERATURA	11
VI. MATERIALES Y METODOS	17
1. DATOS EXPERIMENTALES	17
1.1 Diseño Experimental	17
1.2 Matriz Experimental	18
1.3 Tratamientos	18
1.4 Dosis Optimas Económicas	20
1.5 Factores de Diagnóstico	20
2. APLICACION DEL METODO CP EN LA DEFINICION DE AGROSISTEMAS	22
2.1 Etapas	24
2.1.1 Primera Etapa	24

	Página
2.1.1.1 Agrupación en categorías	24
2.1.1.2 Análisis de Varianza	25
2.1.2 Segunda Etapa.	31
2.1.2.1 Agrupación de categorías	32
2.1.2.2 Análisis de Varianza	32
2.1.3 Etapas Siguientes.	36
2.2 Prueba de Permanencia	37
2.2.1 Permanencia para la Segunda Etapa.	37
VII. RESULTADOS Y DISCUSION.	39
1. DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS.	39
2. DE LOS COEFICIENTES DE VARIACION	43
3. DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS FACTORIALES	43
4. DE LAS DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS. . . .	46
5. DE LOS FACTORES DE DIAGNOSTICO DE LA PRODUCCION	47
6. DEL METODO CP PARA GENERAR AGRO-SISTEMAS	48
6.1 Del Parámetro Agronómico rendimiento medio	48
6.1.1 Primera Etapa	49
7. DE LA APLICACION DEL METODO CP COMO DIAGNOSTICO.	49

	Página
7.1 Del Parámetro Agronómico Dosis Optima Económica del Fertilizante Nitrogenado	49
7.1.1 Primera Etapa	49
7.2 Del Parámetro Agronómico Dosis Optima Económica del Fertilizante Fosfórico.....	52
7.2.1 Primera Etapa	52
7.2.2 Segunda Etapa.....	52
7.3 Del Parámetro Agronómico Dosis Optima Económica de Densidad de Población	58
7.3.1 Primera Etapa	58
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
1. CONCLUSIONES	61
2. RECOMENDACIONES.....	62
IX. BIBLIOGRAFIA.....	63
X. APENDICE.....	67

LISTA DE CUADROS:

1. Rangos de exploración de los parámetros agronómicos NPD, estudiados en los años 1,978-1,982	17
2. Tratamientos de la matriz Plan Puebla I., utilizada durante los años 1,978-1,982	19

3.	Valores de cuatro parámetros agronómicos de 30 experimentos de maíz en las partes altas de Quetzaltenango	21
4.	Factores edáficos y de manejo que caracterizaron a los 30 experimentos	23
5.	Codificación de los factores de diagnóstico para cada uno de los experimentos en categorías	26
6.	Organización de los rendimientos medios en dos categorías, según el factor pH. Primera Etapa	27
7.	ANDEVA de los rendimientos medios de dos categorías, según el factor pH. Primera Etapa	29
8.	Agrupación de los rendimientos medios en cuatro categorías, según fecha de siembra en presencia de pH. Segunda Etapa.	33
9.	ANDEVA de los rendimientos medios, agrupados en cuatro categorías, según los factores pH x fecha de siembra. Segunda Etapa.	35
10.	Resumen de los rendimientos por tratamientos de los 30 experimentos, realizados en las partes altas de Quetzaltenango	41
11.	Coeficientes de variación de los 30 experimentos de maíz	44
12.	Significancia de los efectos factoriales de los factores Nitrógeno, Fósforo y densidad de población por localidad	45

	Página
13. Organización de los rendimientos medios en dos categorías según once factores de la producción. Primera Etapa.	50
14. ANDEVA de los rendimientos medios según dos categorías, definidas por once factores. Primera Etapa	51
15. Organización de las DOE del fertilizante fosfórico, según dos categorías, definidas por los once factores de la producción. Primera Etapa	53
16. ANDEVA de las DOE del fertilizante fosfórico según dos categorías, definidas por los factores de la producción. Primera Etapa	54
17. Organización de las DOE del fertilizante fosfórico en cuatro categorías, definidas por los factores de la producción en presencia del factor Arcilla. Segunda Etapa	55
18. ANDEVA de las DOE del fertilizante fosfórico, según cuatro categorías, definidas por los factores de la producción en presencia del factor Arcilla. Segunda Etapa	57
19. Condiciones de producción definidas por la combinación de categorías para Arcilla y fósforo asimilable y sus requerimientos de fósforo	59

RESUMEN

En las partes Altas de Quetzaltenango (San Carlos Sija, Sibilia y San Francisco La Unión) se realizaron 30 experimentos de fertilidad nitrogenada-fosfórica y densidad de población en el cultivo de maíz, durante los años 1,978 a 1,982.

En el presente estudio se aplica la estratificación de las condiciones de producción, con el objeto de tratar de definir dos o más sub-regiones (Agrosistemas) que tengan mayor uniformidad interna que la región entera para los factores suelo, clima y manejo y de esa manera determinar recomendaciones que sean más precisas, de bajo riesgo y que permitan máximos ingresos a los agricultores.

Se usó el Método CP (Colegio de Post-Graduado), que trata de determinar la homogeneidad entre las condiciones cambiantes de los sitios de estudio, tomando como base ciertos factores.

No se logró definir agrosistemas, por lo que se considera el área en estudio como uno solo. Además se determinó que el Nitrógeno y densidad de población no fueron influenciados por ninguno de los factores inmodificables considerados, mientras el fósforo si lo fué por el factor Arcilla. Las recomendaciones que se lograron establecer son las siguientes:

Para la fertilización nitrogenada y densidad de población, 75 Kg/Ha., de elemento puro y 44.1 miles de plantas/Ha., respectivamente.

Para la fertilización fosfórica se establecieron cuatro condiciones de producción definidas por la combinación de categorías para Arcilla y fósforo asimilable y cuyos requerimientos son:

No.	Arcilla (1)	P. Asimilable (2)	P ₂ O ₅ (Kg/Ha.)
-----	-------------	-------------------	--

C A T E G O R I A S:

1	B	B	14.55
2	B	A	6.67
3	A	B	34.00
4	A	A	0.00

(1) 34.02 o/o parteaguas entre categorías de ese factor.

(2) 9.98 p.p.m. parteaguas entre categorías de ese factor.

I. INTRODUCCION

En el Altiplano Occidental de Guatemala, el maíz constituye el cultivo más importante, ya que a él se dedica el mayor número de agricultores, ocupa la mayor extensión por cultivo y es el principal alimento de la población.

Este cultivo es de subsistencia, siendo por lo tanto muchos los factores que influyen en el bajo rendimiento, pero donde sobresalen, el minifundio, los escasos recursos económicos de los agricultores, falta de acceso al crédito, poca asistencia técnica y una tecnología de cultivo no apropiada.

Dentro del marco limitado, se ha determinado con relación a la tecnología de cultivo, que las prácticas más influyentes son: el uso inadecuado de niveles de fertilizantes y densidad de población. Estas prácticas usadas provienen principalmente de criterios empíricos o de extrapolar recomendaciones técnicas de otras regiones con características diferentes de clima, suelo y manejo.

Ante la problemática anteriormente expuesta, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ha generado recomendaciones para el cultivo de maíz en las partes altas de Quetzaltenango (San Carlos Sija, Sibilia y San Francisco La Unión), sobre fertilización nitrogenada y fosfórica, así mismo de densidad de población. Estas recomendaciones son generales, resultado del promedio general de las dosis óptimas económicas de estos factores estudiados durante cinco años consecutivos de investigación (1,978 - 1,982).

Otro enfoque usado por ICTA para generar recomendaciones de fertilización es a través de los resultados del análisis de suelo.

Ambos enfoques son de baja precisión y de alto riesgo, aunado a que en la región de estudio existe una gran variabilidad de los factores de producción como suelo, clima y manejo, por lo que se hace necesario implementar un enfoque que elimine lo descrito, lo cual se logra al

estratificar estos factores para dar lugar a la deficiencia de agrosistemas, considerándose esta última como:

“Un agrosistema de una región agrícola es una parte del universo de producción de un cultivo, en el que los factores de diagnóstico (Inmodificables), fluctúan dentro de un ámbito establecido por conveniencia”. (16).

“Dentro del agrosistema, cualquier fluctuación geográfica o sobre el tiempo, en la función de respuesta a los factores controlables de la producción, será considerada como debida al azar en el proceso de generación de tecnología de la producción”. (16).

Por lo que en el presente trabajo se definirá (an) el (los) agrosistemas que resulten de la aplicación del Método CP (Colegio de Posgraduado), lográndose con esto, que las recomendaciones sean de bajo riesgo, precisa y de máximo ingreso para el agricultor.

II. OBJETIVOS

1. Afinar las recomendaciones para que los pequeños y medianos agricultores que se dedican al cultivo de maíz obtengan mayores rendimientos, aumenten su relación beneficio/costo, que disminuyan sus riesgos y que no incrementen sus costos de producción en relación a los actuales, utilizando los insumos necesarios.
2. Lograr un mejor aprovechamiento de los datos experimentales obtenidos durante cinco años de investigación en el área, usando el enfoque de agrosistemas, para hacer una mejor inferencia, maximizando el uso de los recursos destinados a la experimentación.

III. HIPOTESIS Y SUPUESTOS

1. HIPOTESIS:

- 1.1 Los efectos de los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de población sobre el rendimiento serán iguales.
- 1.2 Los agrosistemas que se definirán serán iguales.

2. SUPUESTOS:

- 2.1 Las dosis óptimas económicas se encuentran dentro de los espacios de exploración.
- 2.2 Los factores agronómicos escogidos serán factores de diagnóstico para definir agrosistemas.
- 2.3 Los factores inmodificables influirán en la máxima expresión de las aplicaciones de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

IV. DESCRIPCION DEL AREA

1. UBICACION Y EXTENSION:

El área de estudio comprende las partes altas de Quetzaltenango y cubre 90 Km²., y corresponde a los municipios de Sibilia, San Carlos Sija y San Francisco La Unión, comprendidos en la Sub-Región I-3 (Regionalización del Sector Público Agrícola del Ministerio de Agricultura). (4).

Esta zona se encuentra en las coordenadas geográficas comprendidas entre 14° 34' y 15° 24' de Latitud Norte y entre 91° 30' y 91° 40' de Longitud Oeste, con respecto al Meridiano de Greenwich. (6).

2. CLIMA:

Según la clasificación de Holdridge esta área está comprendida dentro de la zona: bosque muy húmedo montano bajo tropical (9). El sistema de clasificación de Thornthwaite lo localiza como clima semifrío húmedo con Invierno benigno y seco y con una vegetación característica natural de bosque. (7).

Además la altitud oscila entre 2,500 y 3,000 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 12.5° C. y una precipitación pluvial media anual de 1050 mm. (6).

3. SUELOS:

Los suelos de esta zona pertenecen a los grupos de suelos de las montañas volcánicas; son profundos, francos, franco arcillosos y arcillosos.

El relieve comprende áreas de topografía escarpada, quebrada, fuertemente ondulada y erosionada.

Están comprendidas las series de suelos Comanche (Cm),

Totonicapán (Tp), Ostuncalco (Os), Patzité (Pz), Quiché (Qi) y Sinaché (Si). (15).

4. CULTIVOS PRINCIPALES:

En el área de estudio el cultivo principal es maíz, ocupando un 55o/o de la misma, equivalente en aproximadamente 4,700 Has., siendo la mayor parte de las unidades de explotación de tipo subsistencia que involucra empresas familiares que operan en extensiones de 0.2 a 2 Has. Los rendimientos promedios de este cultivo es alrededor de 1,000 Kg/Ha. (5).

Otros cultivos de importancia son: Trigo, Papa, Frijol, Haba y Avena.

5. TECNOLOGIA TIPICA DE PRODUCCION:

En esta zona existen dos sistemas de cultivo; el primero en forma de asocio; maíz, haba y frijol (50o/o del área) y el segundo en forma de monocultivo (50 o/o), la siembra en ambos casos se realiza bajo condiciones de humedad residual (uno o dos meses antes de que se establezcan las lluvias). (6).

La preparación de suelo se realiza principalmente en el mes de Enero, (posterior a la cosecha con la finalidad de conservar una buena humedad), siendo ésta manual o mecanizada. En la preparación a mano (con azadón), se efectúa un picado completo a todo el terreno, o en camellones, removiendo la mitad de cada uno de los dos camellos vecinos hacia la parte que no estuvo cultivada. La preparación mecanizada (en menor escala) consiste en un arado y una rastra. (6).

La época de siembra va desde el 15 de Marzo al 15 de Abril, variando la fecha de acuerdo a la localización de la unidad de explotación, ya que el agricultor juega con la fecha de siembra, sobre todo para disminuir el riesgo a los daños que puedan causar heladas tempranas o tardías. (6).

La siembra se efectúa con azadón y la generalidad de los agricultores aplican materia orgánica al momento de la siembra a razón de 3-9 Ton/Ha., ésto debido a que los suelos son demasiado fríos y solo con la incorporación de materia orgánica se logra mantener una temperatura favorable para la germinación de la semilla. De no hacer aplicación los agricultores han comprobado tener problemas serios de baja población. (6).

En la siembra se quita primeramente la capa de suelo seco superficial, (separándola), luego se realiza un agujero, hasta encontrar suficiente humedad residual (20-30 cms.) depositando en el fondo de cada postura la materia orgánica, posteriormente se tapa con un poco de suelo húmedo (aproximadamente 5 cm., espesor) y se deposita las semillas, para finalmente tapar con otra capa de suelo húmedo y a la superficie con suelo seco. (6).

En asociación la siembra se realiza al mismo tiempo, colocando en cada postura, 5 a 7 granos de maíz, 1 grano de frijol y 1 grano de haba, esta última alterna entre 2 matas de maíz, tanto en monocultivo como en asocio las distancias entre surco varían de 0.80 a 1.20 mts., colocando ésta al cuadro o encadenado (Tresbolillo), para hacer poblaciones que van desde 60,000 a 90,000 plantas/Ha. (6).

El agricultor conoce las bondades de los fertilizantes y cuando está a su alcance lo aplica, a veces en mayores o menores cantidades, dependiendo del precio. Por lo general se acostumbra una sola aplicación en cantidades que van de 4 a 5 qq/Mz., de las mezclas de análisis 20-20-0 ó 16-20-0 (equivalente aproximadamente a niveles de 50 a 70 Kg/Ha., de Nitrógeno y P_2O_5 respectivamente). La época de aplicación varía desde la primera labor hasta la floración. (6).

Otras labores culturales del cultivo son: la primera limpia o raspa manual a los 60-75 días aproximadamente, después de la siembra y el aporque o calza en los meses de Julio y Agosto.

La cosecha a finales de Noviembre y todo Diciembre, consiste en el desprendimiento de la mazorca de la mata, pero con la tuza o doblador y luego es acarreado para la casa del agricultor. El deshojado o pelado y el desgrane o aporreado del maíz lo realizan generalmente mujeres por ser más económico. (6).

V. REVISION BIBLIOGRAFICA

Posiblemente, el primer intento por definir un agrosistema fué realizado por Jenny citado por Laird, quien lo conceptualizó como un cultivo en el cual los factores suelo, clima y manejo son prácticamente constantes. (10).

Liard citado por turrent define el agrosistema como una parte del universo en el cual los factores no controlables de la producción de un cultivo son razonablemente constantes. (17).

Turrent (1,977) define el agrosistema como un cultivo, en el que los factores de diagnóstico (inmodificables) fluctúan dentro de un ámbito establecido por conveniencia y que dentro de éste, cualquier fluctuación geográfica o sobre el tiempo, en la función de respuesta a los factores controlables de la producción será considerada como debida al azar en el proceso de generación de tecnología. (17).

Se entiende por ámbito agronómico de un factor inmodificable de una región agrícola, a la amplitud de la variación efectiva de dicho factor, juzgado desde el punto de vista agronómico. (17).

Los factores controlables e incontrolables de la producción son concebidos dentro de una razón económica a plazo corto. La dosificación de fertilizantes, pesticidas, etc., representan a los factores controlables y la textura, profundidad del suelo, régimen de lluvia, son ejemplos de factores incontrolables. (17).

Los factores incontrolables de la producción pueden ser modificables e inmodificables por razones económicas de plazo largo. Así por ejemplo, la textura, profundidad y estructura de suelo, son inmodificables para la agricultura de temporal-subsistencia y son modificables para el cultivo de pastos, en cancha de golf ó balompié. El régimen de humedad en el suelo es inmodificable para la agricultura de temporal y modificable para la agricultura bajo riego. (17).

En la definición de agrosistema solamente figuran los factores inmodificables, ya que los modificables se pueden aproximar a niveles óptimos mediante la manipulación de los factores controlables correspondientes. (17).

Factor de diagnóstico de una región agrícola es aquel factor inmodificable que figura en la definición del agrosistema y que lógicamente tendrá un ámbito agronómico amplio. La amplitud en el ámbito agronómico es una condición necesaria para que el factor inmodificable sea de diagnóstico. (17).

La suposición en que se basa el enfoque de agrosistema es en que la mayoría de los factores de la producción varían en forma continua y que para fines prácticos se pueden estratificar estos factores de acuerdo a límites específicos establecidos a conveniencia, considerando el factor como una constante dentro de cada grupo. (12).

El número de estratos que se formen para cada factor estará en función del nivel de precisión que se quiera al hacer la recomendación final sobre el uso de insumos. Una vez escogidos y clasificados los factores más importantes de la producción en la región de estudio, se procede a formar agrosistemas. Estas agrupaciones deberán ser postuladas a manera de hipótesis, que habrán de ser probadas en la realidad mediante observaciones obtenidas de experimentos conducidos para tal objeto. (1).

Según Laird citado por Estrada (1) dentro de las propiedades o elementos de los factores, suelo, clima y manejo, los cuales sirven para la definición de agrosistemas, deben considerarse aquellos que, se esperan puedan afectar el rendimiento potencial del cultivo o del tipo de respuesta del cultivo a la adición de los insumos de la producción, éstas propiedades son las siguientes: a) La profundidad, la textura y la estructura de los horizontes A y B; b) La pendiente; c) La posición fisiográfica; d) La capacidad de retención de humedad; e) La permeabilidad; f) la toxicidad de aluminio; g) El contenido de sodio intercambiable; h) El contenido de sales solubles; i) El contenido de alófono

y, j) Los niveles nativos de los nutrimentos esenciales para las plantas. Como elementos principales de clima: a) La precipitación; b) La temperatura; c) Radiación solar y d) Fenómenos tales como heladas, granizo y vientos fuertes. Finalmente, dentro de los factores de manejo incluye: a) El cultivo anterior; b) El uso previo de fertilizantes y estiércoles; c) La fecha de siembra y, d) Las diferencias en las prácticas de manejo que no se puede cambiar fácilmente.

Los resultados obtenidos en los terrenos donde se lleva a cabo investigación agronómica se ven influenciados por las características de clima, suelo del área; así como por las prácticas de manejo empleadas por los agricultores.

Es por ésto que en regiones donde existe alta variabilidad para los factores suelo, clima y manejo, la tecnología óptima de producción no sería la misma para toda la región, éste es precisamente el caso en donde se encuentra la agricultura tradicional, por lo que se hace necesario dentro de esas regiones, aplicar la estratificación de las condiciones de producción con la finalidad de definir dos o más sub-regiones que tengan mayor uniformidad interna que la región entera para los factores suelo, clima y manejo. (12).

Si el investigador tiene los resultados de varios ciclos de trabajo sobre fertilización y densidad de población en el cultivo de maíz, información que comprende las propiedades del suelo, físicas y químicas, manejo del terreno, condiciones climatológicas, etc., y se desea asociar la variación en sus tratamientos óptimos económicos con la variación en aquellos factores medidos a nivel de sitio experimental, por un procedimiento que permita hacer pruebas de hipótesis pero que sea fácilmente manejable y no reclame instalaciones de cómputo electrónico, el Método CP reúne tales requisitos. (8).

Estrada (1), González (2), Rodríguez (13) y Schmooch (14), utilizaron ecuaciones empíricas en las cuales las ecuaciones de respuesta, necesitan de cálculo computarizado para ser analizadas.

Según Herrera (8), el procedimiento del método CP da las metodologías que se adaptan a las condiciones del medio en el cual no es posible proceder a la aplicación de métodos sofisticados como el empleo de ecuaciones empíricas descritas por Schmoock (14), en el cual la ecuación de respuesta para cada condición particular es planteada a través de un procedimiento de computadora que resultaría económica y técnicamente fuera de las posibilidades actuales.

Laird citado por Ortíz (12), reporta que el primer uso explícito del enfoque de agrosistema se realizó durante el ciclo 1,955-1,956 en un estudio de fertilización de Trigo en el Valle de Yaqui, Sonora. Con la información previa al inicio del ciclo agrícola, se había seleccionado para estudio ocho sistemas de producción, los cuales fueron definidos en términos de área geográfica (diferencias en suelo) y el cultivo anterior. Los resultados obtenidos en 16 experimentos realizados en el ciclo 1,955-1,956 sirvieron de base para generar recomendaciones preliminares de fertilización para la producción de trigo en seis sistemas de producción.

Laird citado por Estrada (1), reporta la realización de un trabajo en el Bajío, donde se instalaron 82 experimentos de maíz para muestrear las diferencias en pendiente, profundidad, textura de los suelos y precipitación. Posteriormente en base a la respuesta del maíz a la aplicación de fertilizantes y las estimaciones de probabilidad de sequía, para cuatro condiciones de suelo en diez localidades, se tuvieron recomendaciones de fertilizantes para 16 agrosistemas que se definieron en función de la precipitación media, textura y profundidad del suelo.

Laird citado por Ortíz (12), reporta que cuando se inició el Plan Puebla en 1,967, se reconoció el área como un único agrosistema (117 mil Hectáreas). A través de los años, después de haberse acumulado información sobre los factores de suelo, clima y manejo y su relación a la respuesta de los cultivos a la adición de fertilizantes, se generaron un número mayor de agrosistemas. Para 1,972, ya se contaban con recomendaciones específicas para 16 agrosistemas que estaban definidos en función de las diferencias en características del suelo, fecha de siembra, altura sobre el nivel del mar y cultivo anterior.

El método del criterio agronómico para generar agrosistemas fué utilizado por varios alumnos del Colegio Posgraduados citados por Ortíz (12), Zárate, citado por el mismo autor, usando la información generada en 48 experimentos de la región del Sur del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, diseñó recomendaciones para la aplicación de fertilizantes y densidad de población en maíz para cuatro agrosistemas definidos en función de la textura, época de siembra y distancia del cultivo a la cortina rompeviento.

Un enfoque en la estratificación de las condiciones de producción solamente en término de las diferencias en las propiedades del suelo, se ha usado para generar recomendaciones sobre la fertilización de la papa en Perú (10), los 73 sitios involucrados en el estudio en tres sistemas de producción con base en las diferencias en el pH del suelo.

Schmoock (14), evaluando agrosistemas en el Valle de Quetzaltenango en los cultivos de maíz y trigo, concluyó que, la agrupación en agrosistemas no permite mejorar la precisión de las recomendaciones y cuando generó agrosistemas con los factores de diagnóstico de mayor significancia y valor de predicción, una agrupación generada al azar, pudo lograr la misma precisión.

Ortíz (12), probando la respuesta del maíz y trigo bajo condiciones de temporal a varias prácticas de la producción en Totonicapán, concluyó: que la agrupación por agrosistema permite aumentar la precisión en las recomendaciones para Nitrógeno y Fósforo en relación a las recomendaciones difundidas por la Disciplina de Manejo de Suelos de ICTA.

Herrera (8) usando el Método CP y la información proveniente de 22 experimentos, conducidos en el Valle de Quetzaltenango, durante los años 1,975-1,978, concluyó que: se separaron dos agrosistemas en función del factor de diagnóstico arcilla del suelo, permitiendo la estratificación una mayor precisión para la recomendación de Fósforo de 15 Kg/Ha., para el agrosistema 2, lo que representa un ahorro de

Q. 11,00.00 en 1,000 Has. de cultivo.

Usando el Método CP y la información de 35 experimentos de fertilidad y densidad de población, en el cultivo de trigo durante 6 años consecutivos de investigación (1,975-1,980) en el Valle de Quetzaltenango, Méndez (11) concluyó: que en el área de estudio solo existía un agrosistema, logrando definir cuatro condiciones diferentes de producción, en función de los factores limo y arena que incidieron en los requerimientos de Nitrógeno y Fósforo y que mediante el uso de las recomendaciones generadas, se obtienen ahorros en el uso de fertilizantes de Q. 15,800.00 en 1,000 Has., de cultivo.

VI. MATERIALES Y METODOS

1. DATOS EXPERIMENTALES:

Con el objetivo de determinar las Dosis Optimas Económicas (DOE) de los factores Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población (NPD) se establecieron en las partes altas de Quetzaltenango, treinta experimentos durante los años 1,978 a 1,982 y cuyos espacios de exploración se indican en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1

RANGOS DE EXPLORACION DE LOS PARAMETROS
AGRONOMICOS N-P-D ESTUDIADOS EN LOS AÑOS
1,978 - 1,982

AÑO	N Kg/Ha.	P ₂ O ₅ Kg/Ha.	DENSIDAD MILES DE PLANTAS POR HECTAREA
1978	50 - 140	0 - 60	37.5 - 50.0
1,979	60 - 120	0 - 60	37.5 - 50.0
1,980	60 - 120	0 - 60	37.5 - 50.0
1,981	60 - 120	0 - 60	37.5 - 50.0
1,982	60 - 120	0 - 60	37.5 - 50.0

1.1 Diseño Experimental:

Se utilizó en todos los experimentos el diseño Bloques al Azar, con cuatro repeticiones de acuerdo al modelo estadístico.

$Y_{ij} = M + R_i + T_j + \Sigma_{ij}$ de donde:

j = Número de tratamientos.

i = Número de repeticiones.

Y_{ij} = j -ésimo tratamiento y j -ésimo repetición.

M = Media General

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

R_i = Efecto de la i -ésimo repetición.

Σ_{ij} = Efecto aliatorio asociado a la ij -ésima observación.

1.2 Matriz Experimental (Plan Puebla I).

En esta Matriz Plan Puebla I, está implícito el conocimiento agronómico sobre la relación de respuesta de un cultivo en conjunto a varios factores limitativos.

La determinación de las Dosis Optimas Económicas (DOE) se logra interpretar gráficamente, siendo precisa y eficaz y atractiva por su facilidad de manejo.

Esta matriz al permitir estudiar varios factores a la vez e involucrar pocos números de tratamiento se adapta eficientemente al área de estudio, donde las unidades de producción son de minifundio, ya que ésto implicaba que los ensayos tendrían limitaciones de espacio.

1.3 Tratamientos.

El número de tratamientos de la Matriz Plan Puebla I, es igual a la siguiente expresión:

$2^k + 2k$, de donde: k = No. de factores estudiados. Los niveles 2o. y 3o. de la matriz, se usan para integrar el factorial completo 2^k (cubo), en tanto los niveles 1o. y 4o. se usan para formar las prolongaciones de algunas aristas del factorial 2^k .

En el presente estudio se evaluaron 3 factores, por lo tanto el

número de tratamientos es de 14 y cuyo listado se detalla en el cuadro No. 2.

CUADRO No. 2

LISTA DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I UTILIZADA DURANTE LOS AÑOS 1, 978 - 1,982

No.	N (Kg/Ha.)		P ₂ O ₅ (Kg/Ha.)	D* 1,978 - 1,982
	1,978	1,979-1,982		
1	80	80	20	41.6
2	80	80	20	45.8
3	80	80	40	41.6
4	80	80	40	45.8
5	110	100	20	41.6
6	110	100	20	45.8
7	110	100	40	41.6
8	110	100	40	45.8
9	50	60	20	41.6
10	140	120	40	45.8
11	80	80	0	41.6
12	110	100	60	45.8
13	80	80	20	37.5
14	110	100	40	50.0

* Miles de plantas / Ha.-

1.4 Dosis Optimas Económicas (DOE).

En el Cuadro No. 3 se presentan las DOE y rendimientos promedio obtenidos durante el período de investigación, siendo éstos los cuatro parámetros que se utilizaron como parámetros agronómicos.

De los cuatro parámetros: 1) Rendimientos promedios, 2) DOE de Nitrógeno, 3) DOE de Fósforo, 4) DOE de densidad de población, solamente el rendimiento promedio, es un parámetro de diagnóstico. El rendimiento promedio involucra el concepto de que ninguno de los nutrientes minerales es limitativo para el cultivo, por lo tanto las deferencias entre localidades han de asociarse con la variación de los factores inmodificables del suelo, clima y manejo. (17).

El rendimiento promedio corresponde a los ocho tratamientos del factorial 2^3 que forman parte de la matriz Plan Puebla I.

Las Dosis Optimas Económicas de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población se incluyen porque al relacionarlos con los factores de diagnóstico, se podrán determinar qué factores están limitando su máxima expresión.

También se observa en el cuadro No. 3 el promedio general de las DOE para los factores estudiados, que es de 71-15 Hg/Ha. de N y $P_2 O_5$ respectivamente y de 44,140 plantas / Ha. siendo ésta la recomendación disponible para los agricultores y que se trata de hacer más precisa en el presente estudio.

1.5 Factores de Diagnóstico.

El Cuadro No. 4 presenta datos de los factores edáficos y de manejo para cada experimento, los que se consideran factores de diagnóstico en la definición de agrosistema y como asociados con la variación de los parámetros agronómicos.

Los factores físicos del suelo se determinaron por medio del Método Mecánico y de los Químicos por el Método de Carolina del Norte, métodos usados por el Laboratorio de Suelos de ICTA.

CUADRO No. 3
VALORES DE CUATRO PARAMETROS AGRONOMICOS DE
TREINTA EXPERIMENTOS DE MAIZ EN LAS PARTES ALTAS
DE QUETZALTENANGO

No. Experimentos	DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS			RENDIMIENTO
	N Kg/Ha.	P ₂ O ₅ Kg/Ha.	D Miles/Ha.	MEDIO TM/Ha.
78312	80	20	45.8	3.97
78313	100	20	77.8	4.23
78411	110	40	75.8	4.76
78412	140	40	45.8	3.06
78413	50	0	37.8	4.40
78414	80	40	44.7	2.11
78415	50	20	37.8	5.01
78511	110	40	45.8	4.21
78512	50	45	37.4	2.62
78706	80	40	41.7	5.19
78712	140	0	50.0	7.64
78713	80	0	37.8	4.84
78714	50	0	37.8	5.59
79311	80	40	41.6	4.82
79312	60	0	37.5	4.65
79313	60	0	37.5	4.12
79314	80	0	45.0	2.66
79315	100	20	44.5	5.13
79411	60	0	37.5	4.31
79412	60	20	37.5	4.09
80306	60	0	50.0	6.13
80307	60	0	50.0	5.93
80406	60	35	50.0	4.62
80407	60	60	50.0	3.25
81306	60	0	50.0	4.69
81307	60	20	50.0	3.12
81308	60	0	50.0	2.06
81406	100	20	50.0	2.93
82401	60	0	50.0	2.57
82402	60	0	50.0	1.55
PROMEDIO	75.33	17.33	44.14	

La información de fecha de siembra fué recabada en los libros de Campo de los experimentos y está representada como el número de días contados a partir de la fecha de siembra más temprana en los años de investigación.

Del total de factores se considera; la arcilla, limo, arena y pendiente como posibles factores para estratificar en agrosistemas.

El resto se incluyó con el fin de comprobar si se mantienen en rangos adecuados de suficiencia y poder asumir que no se encuentran asociados a la variabilidad de condiciones experimentales que dictan los diferentes sitios o localidades.

En la parte baja del Cuadro No. 4 se observan los promedios ($\bar{X}$) para todos los factores que se involucraron, siendo éstos valores los parteaguas o separadores entre categorías Alta (A) y Baja (B) para cada factor.

2. APLICACION DEL METODO CP EN LA DEFINICION DE AGROSISTEMA:

El Método CP trata de determinar la homogeneidad entre las condiciones cambiantes de los sitios de estudio, tomando como base ciertos factores de diagnóstico.

Estos factores se agrupan en categorías, para efectuarles un análisis de varianza completamente al azar, calculando una F para categorías, así como su coeficiente de determinación (R^2), ambos estadísticos servirán para no rechazar o rechazar la inclusión del factor dentro del diseño, ésta será la primera etapa.

En la segunda y siguientes etapas se van cambiando dos, tres, etc., factores y se va probando su aceptación. Al no existir en cualquier etapa factor o combinación de factores significativos, en la prueba de F 5o/o y 10o/o se finaliza el método, quedando el o los factores significativos como los que determinan los agrosistemas

CUADRO No. 4
FACTORES EDAFICOS Y DE MANEJO QUE CARACTERIZARON
A LOS 30 EXPERIMENTOS DE CAMPO

No. Experi- mento	Fecha Siem- bra	o/o Arci- lla	o/o Limo	o/o Arena	pH	p.p.m. P K		Ca.	Mg.	Ca/Mg.	o/o Pen.
78312	21	28.99	45.05	25.96	5.5	2.00	50	4.00	0.20	20.00	12
78313	23	26.93	38.43	34.64	6.4	2.25	320	5.60	0.60	9.30	6
78411	2	40.56	31.08	28.36	5.3	5.50	130	2.40	0.30	8.00	3
78412	4	18.48	32.11	49.51	5.4	5.50	202	5.90	0.95	6.20	10
78413	0	43.00	29.00	28.00	6.0	22.50	160	6.20	0.75	8.30	5
78414	6	36.60	28.84	34.56	6.2	4.25	160	6.30	0.95	6.60	20
78415	8	22.32	21.38	56.30	6.3	25.00	156	6.00	0.70	8.60	5
78511	24	29.25	29.70	41.05	5.8	6.50	144	7.88	1.00	7.80	5
78512	29	53.50	20.73	25.77	6.6	3.50	216	6.70	1.25	5.40	18
78706	7	75.00	13.36	11.64	7.2	3.50	102	4.90	0.50	9.80	20
78712	29	21.69	31.81	46.50	6.6	13.25	212	6.40	1.00	6.40	4
78713	21	15.61	31.67	52.72	6.5	13.25	100	3.70	0.32	11.60	15
78714	20	44.28	24.44	31.28	6.7	65.00	110	3.50	0.40	8.80	2
79311	20	43.28	29.36	27.36	7.2	3.00	202	9.30	1.00	9.30	7
79312	21	32.08	30.92	37.00	6.3	25.00	156	6.00	0.70	8.60	13
79313	12	19.98	37.81	42.41	6.9	19.25	118	3.10	0.25	12.40	3
79314	13	33.02	21.34	45.64	7.0	28.25	124	3.20	0.45	7.10	2
79315	40	30.67	44.26	25.07	6.8	5.00	104	3.00	0.35	8.60	8
79411	15	20.97	36.06	39.97	6.3	3.00	300	5.60	0.50	11.20	1
79412	29	9.92	37.70	52.38	5.3	4.25	160	2.60	0.30	8.70	5
80306	24	25.07	35.11	39.82	8.1	2.25	112	8.30	0.55	15.10	10
80307	25	26.86	33.18	39.92	6.8	2.25	132	7.00	0.60	11.70	5
80406	40	38.00	27.00	35.00	5.8	2.25	250	3.20	0.30	10.67	15
80407	45	48.00	22.00	30.00	7.0	1.75	128	7.60	0.65	11.70	4
81306	9	51.28	27.60	21.12	5.3	10.00	33	6.17	1.08	5.71	25
81307	6	51.00	27.00	22.00	4.9	6.50	82	4.75	0.77	6.17	28
81308	23	26.72	29.28	44.00	5.5	3.00	46	3.29	0.27	12.19	10
81406	9	37.00	28.00	35.00	5.4	5.00	72	6.46	1.75	3.69	15
82401	36	38.21	35.23	26.56	6.0	1.75	85	5.07	0.29	17.48	4
82402	44	32.42	40.64	26.94	5.7	1.75	232	3.07	0.23	13.35	5
$\bar{X}$	20.20	34.02	30.67	35.22	6.3	9.88	146.6	5.24	0.63	9.68	10.7

definidos en las etapas anteriores.

2.1. Etapas:

Cada etapa consiste en clasificar el parámetro agronómico en estudio, en un número arbitrario de categorías, dictadas por uno de los factores de diagnóstico y de su respectivo análisis de varianza.

El número de categorías está dado por el factorial 2^n : de donde, n =la etapa en turno del procedimiento, ejemplo:

ETAPA	No. DE CATEGORIAS
1	$2^1 = 2$
2	$2^2 = 4$
3	$2^3 = 8$
4	$2^4 = 16$
etc.	

2.1.1 Primera Etapa:

2.1.1.1. Agrupación en categorías:

Cada uno de los factores de diagnóstico se clasificaron en un número arbitrario de categorías (Alta y Baja) siguiendo estos pasos:

- Determinación del promedio de los 30 experimentos para cada factor (Cuadro No. 4), valores que son usados como parteaguas para separar categorías.
- Codificación de cada uno de los factores en los experimentos para facilitar las agrupaciones y cálculos. En la codificación se usaron las literales A, B, (Alta, Baja), siendo categoría Alta aquellos que obtuvieron un valor mayor al parteaguas y c

categoría Baja a los valores menores del promedio (Cuadro No. 5).

- c) Posteriormente se separaron las dos categorías, para lo cual se ejemplifica las del parámetro rendimiento promedio en el Cuadro No. 6.

En el Cuadro No. 6 se presenta las categorías del rendimiento promedio: 1) Categoría Alta, el asociado con los suelos de valores pH mayor a los 6.3, 2) Categoría Baja, el asociado con los suelos de pH menores de 6.3.

El rendimiento 4.23 Ton/Ha., que aparece en primer término para la categoría Alta corresponde al experimento 78313 (Cuadro No. 3), que estuvo localizado en un suelo de pH. 6.4 (Cuadro No. 4), valor mayor al parteaguas 6.3, este último valor adoptado para definir las dos categorías respecto al pH.

El rendimiento 3.97 Ton/Ha., en primer término de la categoría Baja, corresponde al experimento 78312 que se localizó sobre un suelo de pH 5.5 el cual es menor que el límite arbitrario 6.3. De esta forma fueron 16 sitios experimentales, con pH mayor de 6.3 (categoría Alta) y 14 de pH menores (categoría Baja).

De igual manera se prosiguió con el resto de factores de diagnóstico, siempre usando el promedio del factor en cuestión (parteaguas), para separar las categorías, de igual forma se organizó en categorías los demás parámetros agronómicos, como lo son las DOE de N.P.D.

2.1.1.2. Análisis de Varianza:

Para cuantificar el aporte y grado de asociación de cada factor con los parámetros agronómicos se procede al análisis de varianza completamente al azar individual por factor, estableciendo si existe diferencias estadísticas entre categorías en las que se organizó cada

CUADRO No. 5
CODIFICACION DE LOS FACTORES DE DIAGNOSTICO PARA CADA UNO DE LOS
EXPERIMENTOS EN CATEGORIAS

No. Experimentos	Fecha de siembra	Arcilla	Limo	Arena	pH.	P	K	Ca.	Mg	Ca/Mg.	Pendiente
78312	A	B	A	B	B	B	B	B	B	A	A
78313	A	B	A	B	A	B	A	A	B	B	B
78411	B	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B
78412	B	B	A	A	B	B	A	A	A	B	B
78413	B	A	B	B	B	A	A	A	A	B	B
78414	B	A	B	B	B	B	A	A	A	B	A
78415	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A
78511	A	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B
78512	A	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A
78706	B	A	B	B	A	B	B	B	B	A	A
78712	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B
78713	A	B	A	A	A	A	B	B	B	A	A
78714	A	A	B	B	A	A	B	B	B	B	A
79311	A	A	B	B	A	B	A	A	A	B	B
79312	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A
79313	B	B	A	A	A	A	B	B	B	A	B
79314	B	B	B	A	A	A	B	B	B	B	B
79315	A	B	A	B	A	B	B	B	B	B	B
79411	B	B	A	A	A	B	A	A	B	A	B
79412	A	B	A	A	B	B	A	B	B	B	B
80306	A	B	A	A	A	B	B	A	B	A	B
80307	A	B	A	A	A	B	B	A	B	A	B
80406	A	A	B	B	B	B	A	B	B	A	A
80407	A	A	B	B	A	B	B	A	A	A	A
81306	B	A	B	B	B	A	B	A	A	B	A
81307	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
81308	A	B	B	A	B	B	B	B	B	A	B
81406	B	A	B	B	B	B	B	A	A	B	A
82401	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	B
82402	A	B	A	B	B	B	A	B	B	A	B

CUADRO No. 6**ORGANIZACION DE LOS RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN DOS CATEGORIAS SEGUN EL FACTOR pH. PRIMERA ETAPA**

NUMERO	C A T E G O R I A S	
	BAJA TON/Ha.	ALTA TON/Ha.
1	3.97	4.23
2	4.76	5.01
3	3.06	2.62
4	4.40	5.19
5	2.11	7.62
6	4.21	4.84
7	4.09	5.59
8	4.62	4.82
9	4.69	4.55
10	3.12	4.12
11	2.06	2.66
12	2.93	5.13
13	2.57	4.31
14	1.55	6.13
15		5.93
16		3.25
TOTAL	48.14	76.02
PROMEDIO	3.44	4.75
No. SITIOS	14	16

factor. Este análisis se efectuó en serie, aplicando el criterio de la Prueba de F al 10o/o para esta primera etapa.

Modelo estadístico del Andeva completamente al azar:

- $Y_i = M + C_i + \sum ij$ de donde:
 Y_i = Rendimiento
 C_i = Categorías
 $\sum ij$ = Residuos o Error
 n = Número de observaciones totales
 m = Número de observaciones por categorías
 c = Número de categorías
 i = 1, 2....c
 j = 1, 2...m

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS
CATEGORIAS	c-1	$\frac{\sum C_i^2}{m} - Fc$
RESIDUAL	(c-1) - (n-1)	SCt - SCc
TOTAL	(n-1)	$\sum Y_i^2 - Fc$

$$\text{Factor de corrección} = Fc = \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$$

$$F \text{ calculada} = \frac{CMc}{CMt} \text{ de donde:}$$

CMc = Cuadrado medio de categorías.

CMt = Cuadrado medio residual.

A la vez se determinó el coeficiente de determinación (R^2), por medio de la fórmula siguiente:

$$R^2 \text{ (o/o)} = \frac{SCc}{SCt} \times 100, \quad \text{de donde}$$

SCc = Suma de cuadrado de categorías.

SCt = Suma de cuadrato total.

A manera de ejemplo se presenta al Andeva para el factor pH en base a sus rendimientos medios.

CUADRO No. 7.

ANDEVA DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS DE DOS CATEGORIAS SEGUN EL FACTOR pH. PRIMERA ETAPA.

FACTOR	g.L	SC	C.M.	Fc	R^2 o/o
CATEGORIAS	1	12.86600	12.86600	8.950	24.221
RESIDUOS	28	40.25335	1.43762		
TOTAL	29	53.11935			

Factor de corrección:

$$Fc = \frac{(\sum Y_i)^2}{n} = \frac{(48.14 + 76.02)^2}{30} = 513.85685$$

CALCULOS DE SUMAS DE CUADRADO:

$$\begin{aligned}
 SCT &= \sum Y_i^2 - F_c \\
 &= (3.97)^2 + (4.76)^2 + \dots + (3.25)^2 - F_c \\
 &= 53.11935 \\
 SC_c &= \frac{(48.14)^2}{14} + \frac{(76.02)^2}{16} - F_c \\
 \\
 SC_t &= SCT - SC_c \\
 &= 53.11935 - 12.86600 \\
 &= 40.25335
 \end{aligned}$$

CALCULOS DE CUADRADOS MEDIOS:

$$\begin{aligned}
 CMC &= \frac{SCC}{g. l. c} = \frac{12.86600}{1} = 12.86600 \\
 CMR &= \frac{SCR}{g. I. R} = \frac{40.25335}{28} = 1.43762
 \end{aligned}$$

CALCULO DE LA F CALCULADA PARA CATEGORIAS:

$$F_c = \frac{CMC}{CMR} = \frac{12.86600}{1.43762} = 8.950$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R^2):

$$\begin{aligned}
 R^2 (o/o) &= \frac{SCC}{SCT} \times 100 \\
 &= \frac{12.86600}{53.11935} \times 100 \\
 &= 24.221 \%
 \end{aligned}$$

El valor de la F calculada se compara con la F de tablas, con 1 grado de libertad en el numerador y 29 en el denominador, a nivel de probabilidad seleccionada a priori del 10o/o en esta primera etapa, observándose que la magnitud de la F calculada (8.950) es mayor que la F de tablas (2.890), siendo significativo y por lo tanto evidenciando que el pH es factor de diagnóstico.

Para el parámetro en estudio, se efectuó los andevas del resto de factores de la misma manera que se mostró en el ejemplo, realizando dicho análisis en serie, ya que el factor de corrección y suma de cuadrado totales permanecen constantes. Para cada factor tanto el valor de F calculada para categorías como el coeficiente de determinación, sirven para no rechazar o rechazar la inclusión del factor dentro del diseño.

Como regla general se considera en esta primera etapa solamente valores de F calculada mayores que la F de tablas al 10o/o de probabilidades y de los factores que cumplan con esa regla, se selecciona el que tenga mayor F calculada y el valor del coeficiente de Determinación (R^2) más alto.

Si ningún factor se asocia con una F_c mayor que F_t (10o/o), la metodología se dá por finalizada, concluyendo que ninguno de los factores se asocia con la variabilidad del parámetro en estudio, en caso contrario se procede a una segunda etapa.

2.1.2. Segunda Etapa:

El factor seleccionado en la primera etapa se hace interaccionar con el resto de factores, para establecer que otro factor puede incidir en el parámetro agronómico en estudio, para lo cual se procede en forma similar a la primera etapa, agrupando en categorías y realizando los andevas para cada interacción. El factor pH por ser modificable no estratifica en agrosistema pero para fines de ilustración del Método CP es usado en ésta y siguientes etapas.

2.1.2.1. Agrupación en Categorías:

El número de categorías de dos factores a dos niveles (Alta y Baja) generan cuatro categorías (2^2) las cuales son las siguientes:

BB = Baja en pH y Baja en el otro factor.

BA = Baja en pH y Alto en el otro factor.

AB = Alto en pH y bajo en el otro factor.

AA = Alto en pH y alto en el otro factor.

2.1.2.2. Análisis de Varianza:

Este se realiza de la misma forma como se explicó en la primera etapa, con la diferencia de que la suma de cuadrado para categorías se calcula de la siguiente manera:

$$SC_c = \frac{(BB)^2}{mbb} + \frac{(BA)^2}{mba} + \frac{(AB)^2}{mab} + \frac{(AA)^2}{maa} - F_c$$

Utilizando la interacción pH x Fecha de Siembra se ejemplifica esta segunda etapa.

CUADRO No. 8.

AGRUPACION DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS EN CUATRO CATEGORIAS SEGUN FECHA DE SIEMBRA EN PRESENCIA DE pH. SEGUNDA ETAPA.

	C A T E G O R I A S			
	BB	BA	AB	AA
1	4.76	3.97	5.01	4.23
2	3.06	4.21	5.19	2.62
3	4.40	4.09	4.12	7.64
4	2.11	4.62	2.66	4.84
5	4.69	2.06	4.31	5.59
6	3.12	2.57		4.82
7	2.93	1.55		4.55
8				5.13
9				6.13
10				5.93
11				3.25
SUMAS	25.07	23.02	21.29	54.73
PROMEDIOS	3.58	3.29	4.26	4.98

La suma de cuadrado para categorías en el modelo pH x F. de siembra se calcula como sigue:

$$SC_c = \frac{(25.07)^2}{7} + \frac{(23.02)^2}{7} + \frac{(21.29)^2}{5} + \frac{(54.73)^2}{11} - F_c$$

$$= 14.92114$$

El divisor de cada término en la expresión anterior corresponde al número de valores existentes en cada categoría las cuales son 7, 7, 5, y 11 respectivamente en las categorías BB, BA, AB y AA.

Los numeradores de los mismos términos son la suma de los rendimientos promedios de cada categoría (Cuadro No. 8).

El coeficiente de determinación (R^2) se calcula dividiendo la suma de cuadrado de categorías entre la suma de cuadrado total multiplicada por cien.

El procedimiento anterior se continuó para las demás interacciones de pH con los otros factores, efectuando el análisis en serie (Cuadro No. 2A).

El valor de la F calculada 3.385 (Cuadro No. 9) corresponde a las categorías definidas en conjunto de los factores pH x F. de siembra y para poder juzgar la contribución adicional del nuevo factor F. de siembra, conviene separar su efecto de la del pH. Los tres grados de libertad asociados con categorías (Cuadro No. 9) puede separarse como sigue:

1. El efecto principal de pH.
2. El efecto principal de Fecha de Siembra.
3. La interacción de pH x F. S.

Se considera como modelo reducido (MR) al factor seleccionado en la etapa anterior (pH) y como modelo completo (MC), al modelo de calcular en la presente etapa (efecto pH, efecto F. Siembra, interacción pH x F. Siembra).

La separación de los efectos pH y F. Siembra consisten en restar la suma de cuadrado de residuos (SCRMC) con 26 g.l., del análisis del modelo completo pH x F. Siembra de la suma de cuadrados del residuo (SCRMR) con 28 g.l., del análisis de varianza

CUADRO No. 9

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS, AGRUPADOS EN CUATRO CATEGORIAS SEGUN LOS FACTORES pH x FECHA DE SIEMBRA. SEGUNDA ETAPA.

Modelos	Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	R ² o/o	PARICIALES				
							GL	SC	CM	Fc	Ft
	Total	29	53.11935								
pH	Categorías	1	12.86600	12.86600	8.950	24.221					
	Residuos	28	40.25335	1.43762	3.385	38.090					
pH	Categorías	3	14.92114	4.97371			2	2.05514	1.02757	0.699	3.37
x											
Fecha de Siembra	Residuos	26	38.19821	1.46916							

FACTOR DE CORRECCION = 513.85685

del modelo reducido con solo pH.

$$\begin{aligned}\text{SC parcial (2 g.l.)} &= \text{SCRMR (28 g.l.)} - \text{SCRMC (26 g.l.)} \\ &= 40.25335 - 38.19821 \\ &= 2.05514\end{aligned}$$

El cálculo de la F. calculada parcial para dos grados de libertad de los efectos pH, F. Siembra y pH. x F. Siembra es de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\text{Fc parcial (2 g.l.)} &= \frac{\text{CM parcial (2 g.l.)}}{\text{CMR (26 g.l.)}} \\ &= \frac{1.02757}{1.46916} \\ &= 0.699\end{aligned}$$

Este valor (0.699) se compara con el valor de la F. tabulada con 2 g.l., en el numerador y 26 g.l., del denominador. A partir de esta segunda etapa, se usó el nivel de 5o/o de probabilidad.

En esta segunda etapa se selecciona el factor que en presencia del factor significativo en la primera etapa, se asocie con la mayor F parcial calculada. Si ningún factor es significativo se finaliza el método en esta etapa.

2.1.3. Etapas Siguientes:

En las etapas siguientes se continúan agrupando los factores significativos seleccionados, hasta que no exista significancia alguna, siempre guardando la condición, de que los grados de libertad de los residuos no sean menor de 15.

2.2. Prueba de Permanencia:

A partir de la segunda y sucesivas etapas, siempre que exista más de un factor significativo, se realiza pruebas de permanencias, para los factores ingresados en las etapas anteriores, con la finalidad de juzgar si merece permanecer, por expresarse su contribución asociada a la significancia de la F., a una probabilidad del 10o/o.

2.2.1. Permanencia para la Segunda Etapa:

Al factor significativo seleccionado en la segunda etapa, se le denomina X2, y es al que se le reexamina su permanencia, mientras al seleccionado en la primera etapa X1.

Las pruebas de permanencia se efectúan por medio de los modelos X2 y X2 x X1 pero se invierte el nombre para sugerir que se pruebe X1 en presencia de X2.

La suma de cuadrado para X1 y X2 X1 se obtienen restando las sumas de cuadrado de los residuos del modelo completo X2 x X1 de la suma de cuadrado de los residuos del modelo reducido X2.

$$SC = SCRMR - SCRMC$$

La F calculada para X1 en presencia de X2 debe superar a la F tab., al 10o/o. En caso de que el factor no sea significativo, no puede permanecer y se repite la segunda etapa, eliminando al factor y usando como modelo reducido al factor X2.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

1. DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS:

Al observar los rendimientos promedios por experimento (Cuadro No. 10), se puede notar que la mayor media la presentó el 78712, la cual fue de 7.56 TM/Ha., mientras las más baja, la mostró el 82402 con 1.60 TM/Ha., existiendo una diferencia de 5.96 TM/Ha., estando el resto de experimentos dentro de ese rango. Lo anterior indica que se muestrearon diferentes condiciones dentro del área de estudio.

De la totalidad de experimentos, 17 (57o/o) lograron rendimientos mayores de 4.13 TM/Ha., que fue la media general, resultando 9, 4, 3, 1, ensayos en los años 1,978 a 1,981, respectivamente. Se puede observar también que en 1,981 se logró la mayor media (4.98 TM/Ha.) y en 1,982 la más baja (1.96 TM/Ha.) aunque hay que indicar que en estos años el número de ensayos fue limitado y que en un momento puede eso sesgar los promedios. Unicamente los rendimientos medios generales de los años 1,981 y 1,982 están por debajo del rendimiento medio general.

Al comparar la media general de los tratamientos 9 y 10 (mínimo y máximo nivel de Nitrógeno), se encuentra una diferencia de 0.49 TM/Ha., observándose esta tendencia en 26 experimentos (87o/o de la totalidad), mostrando el 78712 la mayor diferencia (2.26 TM/Ha.), entre estos tratamientos.

Con relación a los tratamientos 11 y 12 de fósforo (0 y 60 Kg/Ha., respectivamente), la diferencia es de 0.39 TM/Ha., reflejándose la misma tendencia en las medias generales de todos los años y en 24 ensayos de la totalidad, logrando el experimento 78313 la mayor diferencia (1.13 TM/Ha.), entre estos tratamientos.

Los tratamientos 13 y 14 de la Densidad de Población (Mínimo y Máximo nivel) muestran una diferencia de 0.51 TM/Ha.

Al observar el rendimiento de cada uno de los experimentos, se puede notar que en los tratamientos 11 y 13 se encontró el 50o/o de rendimiento más bajos, estando el resto distribuído en los demás tratamientos, así también se tiene aproximadamente el 50o/o de rendimientos más altos por experimento correspondieron a los tratamientos 12 y 14, o sea esto último se logró donde existió una mayor población, pero con altos niveles de nutrientes, especialmente de fósforo.

CUADRO 10. RESUMEN DE LOS RENDIMIENTOS POR TRATAMIENTO DE LOS 30 EXPERIMENTOS DE NITROGENO, FOSFORO Y DENSIDAD DE POBLACION (TM/Ha.) REALIZADAS EN LAS PARTES ALTAS DE QUEZALTENANGO DURANTE LOS AÑOS 1978 A 1982.

TRATA- MIENTO	1 9 7 8													1 9 7 9					1 9 8 0			
	78312	78313	78411	78412	78413	78414	78415	78511	78512	78706	78712	78713	78714	79311	79312	79313	79314	79315	79411	79412	80306	80307
1	3.61	4.20	4.70	3.49	4.34	2.58	5.25	3.90	2.35	5.12	8.02	4.58	5.24	4.60	4.24	4.82	2.54	4.63	3.89	3.63	6.45	5.66
2	4.46	4.15	4.89	2.56	4.67	1.76	4.54	4.34	2.45	4.38	7.12	5.11	5.72	4.95	4.56	4.45	3.22	4.91	4.00	4.20	6.21	6.05
3	4.18	4.34	4.92	2.74	4.62	2.39	4.90	4.53	2.83	4.50	7.55	4.84	5.33	5.57	4.64	4.21	2.10	5.34	4.01	4.37	5.78	5.75
4	4.03	4.04	5.40	3.66	4.10	2.67	5.58	4.32	2.82	5.96	7.75	5.12	5.56	4.20	4.40	3.86	2.86	4.95	4.06	4.06	6.31	5.89
5	3.96	4.12	3.78	2.96	4.24	1.79	4.86	4.13	2.51	5.66	7.49	4.63	5.83	5.34	4.59	3.99	2.49	4.79	4.37	3.86	6.13	5.86
6	3.22	4.03	3.99	2.67	4.39	1.86	5.17	4.15	2.17	5.62	8.55	4.94	5.88	4.15	4.74	4.34	2.66	5.45	4.57	3.76	6.11	6.09
7	4.18	4.26	4.51	3.55	4.41	2.18	4.82	3.66	2.93	5.66	6.78	4.80	6.02	4.82	4.53	3.98	2.90	5.11	4.35	4.45	5.82	5.99
8	4.11	4.73	5.87	2.82	4.38	1.72	4.96	4.66	2.93	4.65	7.90	4.72	5.22	4.90	4.70	4.10	2.49	5.85	5.20	4.41	6.23	6.12
9	4.02	3.78	4.63	3.38	4.57	1.96	5.62	4.16	2.57	4.06	6.98	4.57	5.97	4.60	4.44	4.06	2.65	4.87	4.32	4.01	6.33	5.60
10	4.18	4.46	5.05	4.16	4.41	2.35	5.93	4.51	2.65	5.31	8.74	5.14	5.55	5.46	5.02	4.05	2.85	5.41	5.01	4.28	6.54	5.96
11	3.96	3.17	4.68	2.55	3.40	2.34	3.40	4.15	2.39	4.94	7.12	4.73	5.06	5.04	4.93	3.89	2.72	5.92	3.47	3.66	5.82	5.35
12	4.57	4.30	4.53	3.66	4.52	2.71	4.18	4.39	2.93	5.55	7.74	4.79	5.35	5.40	4.90	3.22	2.97	5.14	3.48	4.21	6.79	6.35
13	3.96	3.97	4.38	3.61	4.27	2.19	4.00	3.90	2.05	4.37	6.17	4.55	5.74	4.41	4.21	3.69	2.48	4.52	3.85	4.01	6.10	5.56
14	3.67	4.54	4.79	3.60	5.13	1.84	4.97	4.41	2.84	5.30	8.44	5.08	6.21	5.34	4.42	4.56	2.99	5.04	4.41	4.88	7.12	5.96
15	4.01	4.15	4.72	3.22	4.34	2.17	4.87	4.23	2.60	5.08	7.56	4.82	5.58	4.91	4.59	4.03	2.71	5.14	4.06	4.21	6.27	5.87

CONTINUACION CUADRO 10.

TRATA- MIENTO	1 9 8 0		1 9 8 1				1 9 8 2		$\bar{X}$					$\bar{X}$ GENERAL
	80406	80407	81306	81307	81308	81406	82401	82402	1978	1979	1980	1981	1982	
1	4.47	2.90	4.33	3.06	1.86	2.74	3.28	2.00	4.41	3.96	4.87	3.08	2.64	4.06
2	5.11	2.99	4.56	3.17	2.08	2.85	2.90	1.30	4.32	4.33	5.09	3.17	2.18	3.45
3	4.70	3.38	4.96	3.16	1.95	2.89	2.37	1.75	4.44	4.32	4.90	3.24	2.06	4.15
4	5.04	3.79	5.24	3.09	2.08	3.11	2.57	1.27	4.69	4.06	5.26	3.38	1.92	4.26
5	3.67	2.92	4.68	3.26	2.01	3.23	2.34	1.10	4.30	4.28	4.69	3.30	1.72	4.03
6	5.53	3.35	4.46	3.02	2.13	3.02	1.86	1.90	4.35	4.24	5.27	3.16	1.88	3.13
7	4.23	3.11	4.30	2.73	2.25	2.60	2.77	1.35	4.44	4.30	4.79	2.97	2.06	4.10
8	4.20	3.58	5.00	3.44	2.08	3.02	2.57	1.65	4.51	4.52	5.03	3.38	2.11	4.27
9	4.20	3.13	5.33	3.00	2.51	2.29	1.49	1.20	4.25	4.14	4.82	3.28	1.35	3.98
10	4.65	3.82	5.31	3.03	2.47	2.88	2.96	1.96	4.80	4.58	5.24	3.42	2.46	4.47
11	4.63	2.80	5.01	3.23	2.31	2.56	1.75	1.66	4.03	4.23	4.65	3.28	1.71	3.89
12	4.84	3.74	4.66	3.89	2.08	3.31	1.98	2.18	4.56	4.19	5.43	3.48	2.04	4.28
13	3.53	2.86	4.68	2.86	1.96	2.74	1.88	1.76	4.09	3.88	4.51	3.06	1.82	3.81
14	4.32	3.45	5.72	3.43	2.55	2.62	1.68	1.30	4.68	4.39	5.21	3.98	1.49	4.32
$\bar{X}$	4.51	3.27	4.87	3.17	2.17	2.85	2.31	1.60	4.42	4.24	4.98	3.27	1.96	4.13

2. DE LOS COEFICIENTES DE VARIACION:

En el Cuadro No. 11, se presenta el o/o de coeficiente de variación de cada uno de los experimentos, notando que estos oscilaron entre 6.41o/o y 24.74o/o, lo que expresa una alta confiabilidad de la información obtenida en campo de agricultores.

3. DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS FACTORIALES (METODO YATES):

En el Cuadro No. 12 se presentan las significancias por localidad de cada uno de los factores, en sus efectos simple, doble y triple interacción, logrando observar que el factor densidad de población en su efecto simple fue significativo en el 30o/o de los experimentos, alcanzando en 1,980 la mayor proporción de este porcentaje (13o/o).

El fósforo en su efecto simple logró significancia en el 27o/o de los experimentos, resultando en 1,978 la mayor proporción (13o/o).

De los tres factores en estudio, (efecto simple), el Nitrógeno logró el menor porcentaje de significancia (13o/o).

En el efecto doble, la interacción nd, presenta el mayor porcentaje de significancia (20o/o) y la interacción pd, el menor (7o/o).

El 27o/o de los experimentos, mostraron significancia para la triple interacción npd, lográndose en 1,978 la mayor proporción de este porcentaje (20o/o).

En general, los tres factores alcanzaron similar proporción de significancia, ésto logrado por cada uno de ellos en su efecto simple o

CUADRO 11. COEFICIENTES DE VARIACION (o/o) DE LOS 30 EXPERIMENTOS DE MAIZ EN LAS PARTES ALTAS DE QUEZALTENANGO 1978 A 1982.

78312	78313	78411	78412	78413	78414	78415	78511	78512	78706	78712	78713	78714	79311	79312
15.28	12.44	16.13	23.44	21.91	24.70	24.74	6.41	15.05	17.98	11.19	11.36	15.09	11.43	9.82
79313	79314	79315	79411	79412	80306	80307	80406	80407	81306	81307	81308	81406	82401	82402
18.56	19.12	18.56	18.28	13.18	11.17	8.69	17.29	13.14	17.44	21.77	20.42	12.95	11.60	14.21

CUADRO No. 12

SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS FACTORIALES DE LOS FACTORES
NITROGENADO, FOSFORO Y DENSIDAD DE POBLACION, POR
LOCALIDAD EN LAS PARTES ALTAS DE QUETZALTENANGO.

	d	p	pd	n	nd	np	npd
78312	NS	NS	NS	NS	*	NS	*
78313	NS	*	NS	NS	*	*	*
78411	*	*	NS	NS	NS	*	NS
78412	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
78413	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
78414	NS	NS	NS	*	NS	NS	*
78415	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
78511	*	NS	NS	NS	*	NS	*
78512	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
78706	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
78712	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
78713	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
78414	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
79311	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
79312	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
79313	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
79314	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
79315	NS	**	NS	NS	*	NS	NS
79411	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
79412	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
80306	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
80307	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
80406	*	NS	*	NS	NS	NS	NS
80407	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
81306	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
81307	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
81308	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
81406	*	NS	*	NS	NS	*	*
82401	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
82402	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
o/o	30	27	7	13	20	10	27

* Significancia al 10o/o en el Efecto Medio Significativo (EMS).

** Significancia al 5o/o en la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

NS No Significancia.

ayudadas al interacción con los otros factores.

4. DE LAS DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS.

En el Cuadro No. 3 se muestran las dosis óptimas económicas (DOE), de los 30 experimentos conducidos durante los cinco años consecutivos de investigación, los cuales al utilizar la combinación de la determinación gráfica completando con los aspectos estadísticos y económicos (Método Gráfico-Estadístico), facilitó una determinación precisa de la DOE por sitio.

Puede observarse que la DOE para el factor nitrógeno varió entre 50 y 140 Kg/Ha., con una media general de 75 Kg/Ha. Además las DOE logradas durante el año 1,978 fueron las más altas, siendo el promedio de 86 Kg/Ha., mientras en los años 1,980 y 1,982 se alcanzaron las medias generales más bajas, esto último posiblemente se deba a que el número de experimentos de estos años fué reducido y que esto haya contribuido en una menor precisión de las DOE promedio para esos años. La Dosis Optima Económica de 60 Kg/Ha., fué la más frecuente (13 casos), encontrando además que la mayoría de valores se encuentran dentro de 60 y 110 Kg/Ha., (21 casos), existiendo 4 casos de 50 Kg/Ha., 2 de 110 Kg/Ha., y 2 de 140 Kg/Ha.

Las DOE del fósforo variaron entre 0 y 60 Kg/Ha., encontrando más frecuente el valor de 0 Kg/Ha., (14 casos) o sea que en estos sitios experimentales no hubo respuesta a este factor. La mayor parte de las DOE logradas están comprendidos entre los valores de 0 a 20 Kg/Ha., La media general es de 17.3 Kg/Ha., alcanzando en los años 1,978 y 1,980 el mayor promedio (23 Kg/Ha.) y 1,982 el más bajo.

En la Densidad de Población los valores de las DOE variaron entre 37.5 y 50 mil plantas/Ha., encontrando la mayoría de éstos entre 45.8 y 50 mil plantas/Ha., siendo la media general de 44.14 mil plantas/Ha.

El promedio general de los años 1,978 a 1,982 es la recomendación disponible en la actualidad para la región en estudio, siendo estas DOE de 75 Kg/Ha., de N., 17 Kg/Ha., de P_2O_5 y 44.14 miles de plantas/Ha., los cuales se ajustan a valores prácticos de usar como lo son 75-17-45 de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Planta respectivamente. Al hacer una comparación con los niveles acostumbrados por los agricultores de la región, que es equivalente a 60-60-75 Kg/Ha., de N, P_2O_5 y miles de plantas/Ha., (8), se observa que estos últimos son: deficientes en Nitrógeno, excesivo en Fósforo y Densidad de Población y más caro que la recomendación diseñada.

5. DE LOS FACTORES DE DIAGNOSTICO DE LA PRODUCCION:

Al observar el Cuadro No. 4 se encuentra con que la fecha de siembra varió entre 0 hasta 44 días después de la primera siembra, con una media de 20 días, notando el 50o/o de los valores arriba de la media y el otro 50o/o por debajo. Además en el año 1,978 se tuvieron los valores más tempranos y medios de siembra, mientras en 1,982 las siembras más tardías.

Los valores promedios del porcentaje de Arcilla, Limo y Arena (34.02, 30.67 y 35.2o/o respectivamente) corresponde a una clase textural Franco Arcillosa, variando el o/o de Arcilla entre 9.92 y 75o/o, el Limo entre 13.36 y 44.26o/o y la Arena entre 11.64 y 56.3o/o. Estas variaciones hacen suponer a manera de hipótesis que estos factores pueden estratificar el área de estudio en Agrosistema.

El Ph muestra valores que van desde 4.9 hasta 8.1 correspondiendo estos valores a los experimentos 81307 y 80306 respectivamente. La media para este factor es de 6.23, estando este valor dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo y disponibilidad de nutrimentos del suelo.

El factor Fósforo disponible, está variando entre 1.75 y 65

p.p.m., con una media de 9.98 p.p.m., estando 21 sitios experimentales por debajo de este valor. Esta media es mayor al límite establecido por la Disciplina de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), para el desarrollo normal del cultivo (7 p.p.m.) y que es utilizado como punto de referencia para proporcionar recomendaciones en base a análisis de suelos.

El potasio disponible se encuentra desde 33 a 320 p.p.m., siendo también este valor mayor al límite establecido por ICTA para este elemento, que es de 120 p.p.m., observándose que de la totalidad de sitios, 17 presentaron cantidades de disponibilidad mayores a la media (57o/o), lo que da idea de la importancia que toma este elemento en los suelos del altiplano que son de origen volcánico y que está cada vez en menor cantidad de disponibilidad, por el agotamiento continuo y el uso por parte de los agricultores de fertilizantes que contienen solamente Nitrógeno y Fósforo, sin adicionar este nutriente.

El Ca y Mg tienen medias de 5.24 y 0.63 Meg/100 grs., de suelo, encontrando valores que van desde 2.40 a 9.30 para Ca y de 0.20 a 1.75 Meg/100 grs., de suelo para el Mg. Para la relación Ca/Mg., la literatura reporta la relación 4:1 como el óptimo, mientras la media del presente estudio muestra la relación 9.7:1, observándose valores que van desde 3 7:1 hasta 17.5:1.

Como último factor a considerar está la pendiente, el cual por ser inmodificable se considera como posible factor de diagnóstico para estratificar en agrosistema, ya que muestra variaciones en sus valores que van desde 0 hasta 28o/o, con una media de 10.7o/o.

6. DEL METODO CP PARA GENERAR AGROSISTEMAS:

6.1 Del Parámetro Agronómico Rendimiento Medio.

6.1.1 Primera Etapa:

En el Cuadro No. 13 se presenta la organización en categorías de los rendimientos medios, por factor de diagnóstico. Al comparar los promedios de las categorías Alta y Baja de cada factor, se observa que la mayor diferencia la expresó el factor pH. Esta mayor diferencia entre categorías indica, que este factor de diagnóstico está agrupando experimentos de similar comportamiento y que puede llegar a ser el principal factor asociado al rendimiento medio.

Lo anterior considerando se logra comprobar al observar el Cuadro No. 14 en el cual se encuentra los análisis de varianza en serie de los once factores, notándose que los únicos factores de diagnóstico que alcanzaron significancia de 0.10 de probabilidad fueron el pH y el Fósforo disponible en el suelo, siendo la mayor F calculada la del pH (8.95), que es un valor altamente significativo, además de su coeficiente de determinación (R^2) fué el más alto (24.22o/o), indicando que el 24o/o aproximadamente del rendimiento está asociado al factor pH.

Por lo tanto se concluye en esta primera etapa que el Ph (factor modificable) fué el factor de mayor asocio con el rendimiento medio, sin embargo al no existir factores inmodificables significativos, el área de estudio no se estratifica en agrosistemas diferentes, razón por la que la aplicación de la metodología se dá por finalizada en esta etapa.

7. DEL METODO CP COMO DIAGNOSTICO:

7.1. Del Parámetro Agronómico, Dosis Optima Económica del Fertilizante Nitrogenado:

7.1.1. Primera Etapa:

Las dosis Optimas Económicas del fertilizante nitrogenado se

$\bar{X}$	3.86	4.32	4.32	3.90	3.82	4.46	3.86	4.51	3.44	4.75	3.84	4.83	4.19	4.08	3.88	4.37	4.22	4.03	4.20	4.05	4.22	4.04
STI105	12	18	17	13	15	15	17	13	14	16	21	9	17	13	14	16	17	13	18	12	17	13

Fecha	Siembra-Arcilla				Limo		Arena		pH		P		K		Ca		Mg		Ca/Mg		Pendiente		
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
4.76	1.97	4.97	4.76	4.40	3.97	3.97	3.06	3.97	4.23	3.97	4.40	3.97	4.23	3.97	4.23	3.97	3.06	4.23	3.97	4.23	3.97		
3.76	4.23	4.23	4.40	2.11	4.23	4.23	4.01	4.76	5.01	4.23	5.01	4.76	3.06	4.76	3.06	4.23	4.40	4.76	5.01	4.76	2.11		
4.40		3.06	2.11	5.01	4.76	4.76	4.21	3.06	2.62	4.76	7.64	4.21	4.40	5.19	4.40	4.75	5.01	4.08	3.06	5.01			
2.11	4.21	5.01	2.62	4.21	3.06	4.40	7.64	4.40	5.19	3.06	4.84	5.19	2.11	4.84	2.11	5.19	4.01	4.40	4.12	4.40	2.62		
5.01	2.62	4.21	5.19	2.62	7.64	2.11	4.84	2.11	7.64	2.11	5.59	4.84	5.01	5.59	5.01	4.84	4.21	2.11	4.31	2.21	5.19		
5.19	7.64	7.64	5.59	5.19	4.84	2.62	4.55	4.21	4.84	4.21	4.55	5.59	2.62	4.12	4.21	5.59	2.62	5.01	6.13	7.64	4.84		
4.12	4.84	4.84	4.82	5.59	4.55	5.19	4.12	4.09	5.59	2.62	4.12	4.12	7.64	2.66	2.62	4.12	7.64	4.21	5.93	4.82	5.59		
2.66	5.59	4.55	4.62	4.82	4.12	5.59	2.66	4.62	4.82	5.19	2.66	2.66	4.82	5.13	7.64	2.66	4.82	2.62	4.62	4.12	4.55		
4.31	4.82	4.12	3.25	2.66	5.13	4.82	4.31	4.69	4.55	4.82	4.69	5.13	4.55	4.09	4.82	5.13	4.55	7.64	3.25	2.66	4.62		
2.69	4.55	2.66	4.69	4.62	4.31	5.13	4.09	3.12	4.12	5.13		6.13	4.31	4.62	4.55	4.31	3.25	5.59	2.06	5.13	3.25		
3.12	5.13	5.13	1.12	3.25	4.09	4.62	6.13	2.06	2.66	4.31		5.93	4.09	3.12	4.31	4.09	4.69	4.82	2.57	4.31	4.69		
2.91	4.09	4.31	2.93	4.69	6.13	3.25	5.93	2.93	5.13	4.09		7.25	4.62	2.06	6.13	6.13	3.12	4.25	6.13	2.93	3.12		
	6.13	4.09	2.57	3.12	5.93	4.69	2.06	2.57	4.31	6.13		6.93	1.55	2.57	5.93	3.93	2.93	2.66	6.13	2.93			
	5.93	6.13		2.06	3.57	3.12		1.55	6.13	5.93		3.12		1.55	3.25	4.62		5.13		5.93			
	4.62	5.93		2.93	1.55	2.93			5.93	4.62		2.06				4.69	2.06		4.09		2.06		
	3.25	2.06							3.25	3.25		2.93			2.93	2.57		4.69		2.57			
	2.06	1.55					1.55			3.12						1.55		3.12		1.55			
	2.57									2.06									2.93				
	1.55									2.57													
										1.55													
46.36	77.80	75.49	50.57	57.28	66.88	65.55	58.61	48.14	76.02	80.66	43.50	71.15	53.01	54.25	69.89	71.75	52.41	75.62	48.54	71.67	52.49		
$\bar{x}$	3.86	4.32	4.32	1.90	3.82	4.46	3.86	4.51	3.44	4.75	3.84	4.83	4.19	4.08	3.88	4.37	4.22	4.03	4.20	4.05	4.22	4.04	
No. SITIOS	12	18	17	13	15	17	13	14	16	21	9	17	13	14	16	17	13	18	12	17	13		

**CUADRO 14 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS SEGUN DOS CATEGORIAS
DEFINIDAS POR ONCE FACTORES DE LA PRODUCCION. PRIMERA ETAPA.**

Modelos	Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fc.	R ²	Ft (10o/o)
		29	53.11935				
			Fc=513.85685				
FECHA DE SIEMBRA	CATEGORIAS	1	1.51617	1.51617	0.823	2.854	2.89
	RESIDUOS	28	51.60318				
ARCILLA	CATEGORIAS	1	1.33216	1.33216	0.720	2.508	
	RESIDUOS	28	51.78719	1.84954			
LIMO	CATEGORIAS	1	3.07200	3.07200	1.719	5.783	
	RESIDUOS	28	50.04735	1.78741			
ARENA	CATEGORIAS	1	3.13717	3.13717	1.757	5.907	
	RESIDUOS	28	49.98218	1.78508			
pH.	CATEGORIAS	1	12.86600	12.86600	8.950	24.221	
	RESIDUOS	28	40.25335	1.43762			
P	CATEGORIAS	1	6.20437	6.20437	3.703	11.689	
	RESIDUOS	28	46.91498	1.67553			
K	CATEGORIAS	1	0.08529	0.08529	0.045	0.161	
	RESIDUOS	28	53.03406	1.89407			
Ca.	CATEGORIAS	1	1.80518	1.80518	0.985	3.398	
	RESIDUOS	28	51.31417	1.83265			
Mg.	CATEGORIAS	1	0.26328	0.26328	0.139	0.496	
	RESIDUOS	28	52.85607	1.88772			
Ca/Mg.	CATEGORIAS	1	0.17547	0.17547	0.093	0.330	
	RESIDUOS	28	52.94388	1.89085			
PENDIENTE	CATEGORIAS	1	0.23390	0.23390	0.124	0.440	
	RESIDUOS	28	52.88544	1.88877			

agruparon para los diferentes factores de diagnóstico en las categorías Baja y Alta (Cuadro No. 3A), observándose que las mayores diferencias entre categorías la alcanzaron los factores, pendiente, relación Ca/Mg., y Limo, siendo las diferencias mínimas entre estos factores (14.84, 13.49 y 13.33 Kg/Ha., de Nitrógeno respectivamente).

El Andeva en serie de las DOE de Nitrógeno (Cuadro No. 4A) indica que ningún factor alcanza valores para su significancia (10o/o) de probabilidad), por lo que se deduce que ninguno de ellos se asoció significativamente con el requerimiento de Nitrógeno.

7.2. Del Parámetro Agronómico Dosis Optima del Fertilizante Fosfórico:

7.2.1. Primera Etapa:

La organización en categorías de cada uno de los factores de diagnóstico según el parámetro agronómico DOE del Fósforo (Cuadro No. 15) indica que la mayor diferencia entre categorías correspondía al factor Fósforo asimilable (21.59 Kg/Ha.). Por ser modificable el anterior factor, se consideró la necesidad de relacionarlo con los factores inmodificables para determinar cuál de ellos podría influir en el máximo aprovechamiento. Fué así como se observó que cuando la Arcilla tiene un o/o menor al promedio, se requiere menos aplicación de fósforo (10.59 Kg/Ha.) y cuando fué mayor, requirió de 26.15 Kg/Ha. Resultando además este factor significativo al 10o/o de probabilidad (Cuadro No. 16) y con un 17o/o de asociación con la variación de este parámetro. Por consiguiente la Arcilla es seleccionada para que pase a una segunda etapa.

7.2.2. Segunda Etapa:

En esta etapa se generaron agrupaciones de las interacciones de Arcilla por el resto de factores, como se muestra en el Cuadro No. 17, observando en la interacción Arcilla x Fósforo disponible,

CUADRO 15. ORGANIZACION DE LA DOE DE FERTILIZANTE FOSFORICO SEGUN DOS CATEGORIAS DEFINIDAS POR ONCE FACTORES DE LA PRODUCCION. PRIMERA ETAPA.

[illegible]

CUADRO 16. ANALISIS DE VARIANZA DE LA DOE DEL FERTILIZANTE FOSFORICO SEGUN DOS CATEGORIAS DEFINIDAS POR LOS FACTORES DE LA PRODUCCION. PRIMERA ETAPA

Modelo	Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fc.	R ²	Ft (10o/o)
TOTAL		28	10236.66667 FC = 9013.33333				
FECHA DE SIEMBRA.	CATEGORIAS	1	20.00000	20.00000	0.055	0.195	2.89
	RESIDUOS	28	10236.66666	366.30952			
ARCILLA	CATEGORIAS	1	1784.85671	1784.85671	5.913	17.446	
	RESIDUOS	28	8451.80995	301.85036			
LIMO	CATEGORIAS	1	1333.33333	1333.33333	4.193	13.025	
	RESIDUOS	28	8903.33332	317.97619			
ARENA	CATEGORIAS	1	1075.55556	1075.55556	3.287	10.507	
	RESIDUOS	28	9161.11110	327.18254			
pH.	CATEGORIAS	1	140.01488	140.01488	0.300	1.368	
	RESIDUOS	28	10096.65177	360.59471			
P	CATEGORIAS	1	2935.87302	2935.87302	11.260	28.680	
	RESIDUOS	28	7300.79366	260.74263			
K	CATEGORIAS	1	163.13726	163.13726	0.453	1.594	
	RESIDUOS	28	10073.52940	359.76891			
Ca.	CATEGORIAS	1	304.30060	304.30060	0.858	2.973	
	RESIDUOS	28	9932.36606	354.72736			
Mg.	CATEGORIAS	1	1348.43138	1348.43138	4.248	13.173	
	RESIDUOS	28	8888.23529	317.43697			
Ca/Mg.	CATEGORIAS	1	390.13889	390.13889	1.109	3.811	
	RESIDUOS	28	9846.52777	351.66171			
PENDIENTE	CATEGORIAS	1	756.80242	756.80242	2.235	7.393	
	RESIDUOS	28	9479.86424	338.56658			

CUADRO 17. ORGANIZACION DE LAS DOE DE FERTILIZANTE FOSFORICO EN CUATRO CATEGORIAS DEFINIDAS POR LOS FACTORES DE LA PRODUCCION EN PRESENCIA DEL FACTOR ARCILLA SEGUNDA PARTE

Arcilla x F. S.				Arcilla x Limo				Arcilla x Arena				Arcilla x pH				Arcilla x P			
BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA
40	20	40	45	20	20	0	40	20	40	40		20	20	40	45	20	20	40	0
20	20	0	0	40	20	40	0	20	20	0		40	20	0	40	20	0	40	0
0	40	40	40	0	40	45		20	40	40		40	0	40	0	40	0	45	0
0	0	40	35	0	0	40		0	0	45		20	0	35	40	40	0	40	
0	0	0	60		0	0			0	40		0	0	0	60	20	0	40	
	0	20	0		0	40			0	0		0	0	20		0	0	35	
	20	20			0	35			0	40			0	20		20		60	
	20				20	60			0	35			20	0		0		20	
	0				0	0			0	60			0			0		20	
	0				20	20			20	0			0			0		0	
	0				0	20			0	20			0			0			
	0				0				0	20									
					0				0	0									
Σ	60	120	160	180	60	120	300	40	60	120	340		120	60	155	185	160	20	340
$\bar{X}$	12.00	10.00	22.86	30.00	15.00	9.23	27.27	20.00	15.00	9.23	26.15		20.00	5.45	19.38	3.70	14.55	6.67	34.0
No. Sitios	5	12	7	6	4	13	11	2	4	13	13		6	11	8	5	11	6	10

CONTINUACION DEL CUADRO 17

Arcilla x K				Arcilla x Ca				Arcilla x Mg				Arcilla x Ca/Mg				Arcilla x Pendiente			
BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA
20	20	40	0	20	20	40	0	20	40	40	0	20	20	40	40	20	20	40	40
40	40	40	40	0	40	40	40	20	20	40	40	40	0	0	35	40	20	0	45
0	20	0	45	0	20	0	45	0	40	0	45	20	0	40	60	40	0	40	40
0	0	60	40	0	40	35	40	0	0	35	40	40	0	45	0	0	0	0	0
0	0	0	35	20	0	20	60	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	35
20	0	20		20	0	0	0	20			0	0	0	0	40	0			60
0	20	20		0	0		20	0			20	0	0	0	0	20			0
0	0	0		0	0			20			20	20	0	20		0			20
0				0				0				20		20		20			20
								0								0			
								0								0			
								0								0			
								0								0			
Σ	80	100	180	160	60	120	135	205	80	100	115	225	160	20	205	135	140	40	260
x	8.89	12.50	22.50	32.00	7.50	13.33	22.50	29.29	6.67	20.00	23.00	28.13	17.78	2.50	22.78	33.75	10.77	10.00	28.99
No. Sitios	9	8	8	5	8	9	6	7	12	5	5	8	9	8	9	4	13	4	9

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS DOE DE FERTILIZANTE FOSFORICO SEGUN CUATRO CATEGORIAS DEFINIDAS POR LOS FACTORES DE LA PRODUCCION EN PRESENCIA DEL FACTOR ARCILLA. SEGUNDA ETAPA.

MODELOS	FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc.	(R ² %)	P A R C I A L E S				
							GL	SC	CM	Fc.	Ft.
	TOTAL	29	10236.666666	Fc=9012.33333							
ARCILLA	CATEGORIAS	1	1784.85671	1784.85671	5.913	17.446					
	RESIDUOS	28	8451.80995	301.85036							
ARCILLA x F.S.	CATEGORIAS	3	1963.80953	654.60318	2.057	19.184	2	178.95282	89.47641	0.281	3.37
	RESIDUOS	26	8272.85713	318.18681							
ARCILLA x LIMO	CATEGORIAS	3	1976.17716	658.72572	2.073	19.305	2	191.32045	95.66022	0.301	
	RESIDUOS	26	8260.4895	317.71113							
ARCILLA x ARENA	CATEGORIAS	2	1886.66667	943.33333	2.937	18.430	1	101.80996	101.80996	0.317	
	RESIDUOS	26	8349.99999	321.15385							
ARCILLA x pH	CATEGORIAS	3	3562.06440	1187.35480	4.625	34.797	2	1777.20769	888.604	3.461	
	RESIDUOS	26	6674.60226	256.71547							
ARCILLA x P	CATEGORIAS	3	4603.10606	1534.36869	7.08	44.967	2	2818.24935	1409.125	6.503	
	RESIDUOS	26	5633.56060	216.67541							
ARCILLA x K	CATEGORIAS	3	2117.77778	705.92593	3.058	20.688	2	332.92107	166.461	0.721	
	RESIDUOS	26	6001.11110	230.81197							
ARCILLA x Ca	CATEGORIAS	3	2077.73810	692.57937	2.207	20.297	2	292.88139	146.441	0.467	
	RESIDUOS	26	8158.92856	313.80494							
ARCILLA x Mg.	CATEGORIAS	3	2493.12500	831.04167	2.790	24.355	2	708.26829	354.13415	1.189	
	RESIDUOS	26	7743.54166	297.82853							
ARCILLA x Ca/Mg.	CATEGORIAS	3	3106.80556	1035.60185	3.777	30.350	2	1321.94885	660.97442	2.410	
	RESIDUOS	26	7129.52777	274.21261							
ARCILLA x PEND.	CATEGORIAS	3	2005.47009	668.49003	2.112	19.591	2	220.61338	110.30669	0.348	
	RESIDUOS	26	8231.19657	316.58448							

que cuando la categoría fue Baja en Arcilla y Baja en fósforo disponible se requirió de 14.55 Kg/Ha., mientras que cuando fué Alta en Arcilla y Baja en fósforo disponible requirió de 34 Kg/Ha., y cuando ambos factores son Altos no hay requerimiento. Además se puede observar en el Cuadro No. 18 que esta interacción es la de mayor Fc., y con un o/o de 44.9 de asociación con el aprovechamiento del Fósforo adicionado, con esta información se pasó a una tercera etapa, en donde ninguna interacción fue significativa, por lo que el proceso finalizó en la segunda etapa.

7.3. Del Parámetro Agronómico Dosis Óptima Económica Densidad de Población:

7.3.1. Primera Etapa:

Las diferencias entre categoría de los once factores de producción fueron mínimos, siendo éstos casi similares (Cuadro No. 5A), por lo que no sobresale ningún factor. Lográndose verificar esto al observar el Andeva (Cuadro No. 6A) donde ningún factor fué significativo, siendo los R^2 , muy bajos, concluyendo para este parámetro que no existió ningún factor que se asociara con la variación de las DOE de Densidad de Población.

En resumen, los factores que están asociados con el aprovechamiento de Nitrógeno, Fósforo, Densidad de Población y que están limitando al rendimiento medio son:

PARAMETRO:

Rendimiento
Nitrógeno
Fósforo

Densidad de Población

FACTOR:

Ninguno
Ninguno
Arcilla, Fósforo
Asimilable
Ninguno

Puesto que se considera toda el área en estudio como un

solo agrosistema, por no haberse asociado ningún factor inmodificable al rendimiento y como se observa el Fósforo se ve afectado en su aprovechamiento por la presencia de Arcilla y Fósforo disponible, se hace necesario considerar condiciones generales por la combinación de categorías de estos factores y así definir cantidades de Fósforo a adicionar para cada uno de ellos, tal como se muestra en el Cuadro No. 19.

CUADRO No. 19.

CONDICIONES DE PRODUCCION DEFINIDAS POR LA COMBINACION DE CATEGORIAS PARA ARCILLA Y FOSFORO ASIMILABLE Y SUS REQUERIMIENTOS DE FOSFORO.

No.	Arcilla (1)	P. Asimilable (2)	P ₂ O ₅ Kg/Ha.
1	B	B	14.55
2	B	A	6.67
3	A	B	34.00
4	A	A	0.00

(1) 34.02o/o fué el parte agua usado entre categorías de ese factor.

(2) 9.98o/o p.p.m., fué el parte agua usado entre categorías de ese factor.

Las recomendaciones para el Nitrógeno y Densidad Población será la generada como media general de los 30 experimentos conducidos durante los cinco años de investigación (1,978 a 1,982), por no haber existido factores de diagnóstico que estuvieran afectando su aprovechamiento.

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. CONCLUSIONES:

De la Primera Hipótesis:

Las Dosis Optimas Económicas del Nitrógeno variaron de 50 a 140 Kg/Ha., con una media de 75.33 Kg/Ha. La DOE del Fósforo tuvieron una variación de 0 hasta 45 Kg/Ha., con un promedio de 17.32 Kg/Ha., y la Densidad de Población desde 37 a 50 miles de plantas por Ha., con una media de 44.1 miles/Ha. Lo anterior permite rechazar la Hipótesis planteada al respecto.

De la Segunda Hipótesis:

De acuerdo a los factores inmodificables considerados en el presente estudio no es posible definir agrosistemas, por lo que se considera el área como un solo agrosistema. Esto permite aceptar la Hipótesis planteada.

Del Primer Supuesto:

El 56o/o de los sitios experimentales tuvieron una DOE de Nitrógeno en el mínimo estudiado, lo cual indica que hay una tendencia a que la DOE sea menor a esta. El 7o/o de los sitios presentaron Dosis Optimas Económicas en el máximo estudiado, lo cual es indicio de tendencia a responder a dosis mayores, por lo que este supuesto debe considerarse. El Fósforo y Densidad de Población se mostraron de acuerdo a lo planteado.

Del Segundo Supuesto:

Los factores agronómicos considerados no permitieron definir agrosistemas a pesar de tener un ámbito agronómico adecuado, por lo que en estudios posteriores deberá tenerse en cuenta los resultados de lo ejecutado para probar este Supuesto.

Del Tercer Supuesto:

El Nitrógeno y Densidad de Población no fueron influenciados por ninguno de los factores inmodificables, mientras el Fósforo si lo fué por el factor Arcilla.

2. RECOMENDACIONES::

2.1 Las recomendaciones de Nitrógeno y Densidad de Población para el área de estudio son de 75 Kg/Ha., de elemento puros y 44.1 miles de plantas/Ha., respectivamente.

2.2. Para el fertilizante fosfórico se establecieron recomendaciones para cada una de las condiciones de producción así: 1a. Cuando la Arcilla es Alta (mayor de 34.02o/o) y el Fósforo disponible es bajo (menor de 9.98 p.p.m.), se requieren de aplicaciones de 34 Kg/Ha., de P_2O_5 ; 2a. cuando la condición de Arcilla es Baja y el Fósforo disponible bajo el requerimiento es de 15 Kg/Ha., de P_2O_5 ; 3a. cuando la Arcilla es Baja y el Fósforo disponible es alto el requerimiento de fertilizante fosfórico es de 7 Kg/Ha., y 4a. cuando la Arcilla y Fósforo disponible son altos, no se requieren de aplicaciones de fósforo. Para las anteriores recomendaciones el Agrónomo deberá auxiliarse con el análisis de suelo.

2.3. Es conveniente tomar en cuenta otros factores inmodificables que podrían ser factores de diagnóstico en la estratificación de agrosistemas y entre los cuales se pueden mencionar la altura sobre el nivel del mar, posición fisiográfica de cada sitio experimental, la profundidad del suelo, etc.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ESTRADA, L.A.P. El agrosistema un método práctico para diseñar tecnología de producción para el cultivo de maíz, bajo condiciones de temporal en la parte sur del estado de Tlaxcala. Tesis Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977.
2. GONZALES, G.E. Método para generar ecuaciones empíricas generalizadas de respuesta de maíz a varios factores ambientales bajo condiciones de temporal. Tesis Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1976.
3. GONZALES, G.R. Obtención de una ecuación empírica para producir rendimientos y cálculos de dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo para el cultivo de la papa, en el oriente de Cundimarca, Colombia. Tesis de Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1976.
4. GUATEMALA. CENTRO DE DESARROLLO REGIONAL OCCIDENTAL. Diagnóstico económico preliminar para la región del altiplano occidental. Quetzaltenango, Guatemala, 1975.
5. ————. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. III Censo Nacional Agropecuario 1979. Volumen II. Tomo I. 1982.
6. ————. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Registro Económico de Producción de Quetzaltenango región I. Guatemala, 1980.
7. ————. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Mapa

climatológico preliminar de la república de Guatemala, según el sistema de Thorntwaite. Guatemala, s.f.

8. HERRERA, J.M. Determinación de agrosistemas en el valle de Quetzaltenango para el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. de Agronomía, 1979.
9. HOLDRIDGE, L.R. Mapa ecológico de Guatemala. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Materiales de enseñanza en café y cacao. No. 16. 1959.
10. LAIRD, J.R. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1977.
11. MENDEZ, W. Estratificación en agrosistemas del valle de Quetzaltenango para el cultivo de trigo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. de Agronomía, 1983.
12. ORTIZ, R. Aplicaciones prácticas del enfoque de agrosistemas para estratificar diferentes condiciones de producción de cultivo con el objeto de diseñar recomendaciones para las aplicaciones de fertilizantes químicos y estiercoles al maíz temporal de Totonicapán, Guatemala. Tesis Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1977.
13. RODRIGUEZ, S.T. Comparación de algunos métodos para generar ecuaciones empíricas de respuesta del maíz a varios factores ambientales bajo condiciones de temporal. Tesis Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1975.

14. SCHMOOCK, W.S. Algunos métodos para el diseño y evaluación de agrosistemas de maíz y trigo en el valle de Quetzaltenango. Tesis Maestro en Ciencias. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-Graduados, 1976.
15. SIMONS, C., TARANO, P. y PINTO, J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José Pineda Ibarra, 1959.
16. TURRENT FERNANDEZ, A. Método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Chapingo, México, Colegio de Post-Graduados, Rama de Suelos. No. 8. 1978.
17. _____. El agrosistema un concepto útil de la disciplina de productividad. Chapingo, México, Colegio de Post-Graduados, Rama de Suelos, No. 3. 1978.
18. _____. La matriz experimental plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Chapingo, México, Colegio de Post-Graduados, Rama de Suelos. No. 1. 1975.

Vo Bo.
Capo Garmay



X. A P E N D I C E:

CUADRO 1A. ORGANIZACION DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS EN CUATRO CATEGORIAS
DEFINIDAS POR LOS FACTORES DE LA PRODUCCION EN PRESENCIA DEL FACTOR
pH. SEGUNDA ETAPA.

pH. x FECHA SIEMBRA				pH. x ARCILLA				pH. x LIMO				pH. x ARENA				pH. x P				
BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	
4.76	3.97	5.01	4.23	3.97	4.76	4.23	2.62	4.40	3.97	5.01	4.23	3.97	3.06	4.23	5.01	3.97	4.40	4.23	5.01	
3.06	4.21	5.19	2.62	2.06	4.40	5.01	5.19	2.11	4.76	2.62	7.64	4.76	4.21	2.62	7.64	4.76	4.69	2.62	7.64	
4.40	4.09	4.12	7.64	4.21	2.11	7.64	5.59	4.21	3.06	5.19	4.84	4.40	4.09	5.19	4.84	3.06		5.19	4.84	
2.11	4.62	2.66	4.84	4.09	4.62	4.84	4.82	4.62	4.09	5.59	4.55	2.11	2.06	5.59	4.55	2.11		4.82	5.59	
4.69	2.06	4.31	5.59	2.06	4.69	4.55	3.25	4.69	2.57	4.82	4.12	4.62		4.82	4.12	4.21		5.13	4.55	
3.12	2.57		4.82	1.55	3.12	4.12		3.12	1.55	2.66	5.13	4.69		5.13	2.66	4.09		4.31	4.12	
2.93	1.55		4.55		2.93	2.66		2.06		3.25	4.31	3.12		3.25	4.31	4.62		6.13	2.66	
			5.13		2.57	5.13		2.93			6.13	2.93			6.13	3.12		5.93		
			6.13			4.31					5.93	2.57			5.93	2.06		3.25		
			5.93			6.13						1.55				2.93				
			3.25			5.93										2.57				
																1.55				
Σ	25.07	23.07	21.29	54.73	18.94	29.20	54.55	21.47	28.14	20.00	29.14	46.88	34.72	13.42	30.83	45.19	39.05	9.09	41.61	34.41
$\bar{X}$	3.58	3.29	4.26	4.98	3.16	3.65	4.96	4.29	3.52	3.33	4.16	5.21	3.47	3.36	4.40	5.02	3.25	4.55	4.62	4.92
No. sitios	7	7	5	11	6	8	11	5	8	6	7	9	10	4	7	9	12	2	9	7

CONTINUACION CUADRO 1A.

pH. x K				pH. x Ca				pH. x Mg				pH. x Ca/Mg				pH. x PENDIENTE				
BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	BB	BA	AB	AA	
3.97	3.06	5.19	4.23	3.57	3.06	5.19	4.23	3.97	3.06	4.23	5.01	4.76	3.97	4.23	5.19	4.76	3.57	4.23	5.01	
4.76	4.40	4.84	5.01	4.76	4.40	4.84	5.01	4.76	4.40	5.19	2.62	3.06	4.62	5.01	4.84	3.06	2.11	7.64	2.62	
4.21	2.11	5.59	2.62	4.09	2.11	5.59	2.62	4.09	2.11	4.84	7.64	4.40	2.06	2.62	4.12	4.40	4.62	4.82	5.19	
4.69	4.09	4.12	7.64	4.62	4.21	4.12	7.64	4.62	4.21	5.59	4.82	2.11	2.57	7.64	4.31	4.21	4.69	4.12	4.84	
3.12	4.62	2.66	4.82	3.12	4.69	2.66	4.82	2.06	4.69	4.12	4.55	4.21	1.55	5.59	6.13	4.09	3.12	2.66	5.59	
2.06	1.55	5.13	4.55	2.06	2.93	5.13	4.55	2.57	3.12	2.66	3.25	4.09		4.82	5.93	2.06	2.93	5.13	4.55	
2.93		6.13	4.31	2.57			4.31	1.55	2.93	5.13		4.69		4.55	3.25	2.57		4.31	3.25	
2.57		5.93		1.55			6.13			4.31		3.12		2.66		1.55		6.13		
		3.25					5.93			6.13		2.93		5.13				5.93		
							3.25			5.93										
Σ	28.31	19.83	42.84	33.18	26.74	21.40	27.53	48.49	23.62	24.52	48.13	27.89	33.37	14.77	42.25	33.77	26.70	21.44	44.97	31.05
$\bar{x}$	3.54	3.31	4.76	4.74	3.34	3.57	4.59	4.85	3.37	3.50	4.81	4.65	3.71	2.95	4.69	4.74	3.34	3.57	5.00	4.44
No. sitios	8	6	9	7	8	6	6	10	7	7	10	6	9	5	9	7	8	6	9	7

CUADRO 2A. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS SEGUN CUATRO CATEGORIAS DEFINIDAS POR LOS FACTORES DE LA PRODUCCION EN PRESENCIA DEL FACTOR pH. SEGUNDA ETAPA.

MODELO	FUENTES DE VARIACION.	GL	SC	CM	Fc	R ² %	P A R C I A L E S				
							GL	SC	CM	Fc	Ft (%)
	TOTAL	29	53.11935	Fc=513.85485							
pH.	CATEGORIAS	1	12.86600	12.86600	8.950	74.221					
	RESIDUOS	28	40.25335	1.43762							
PH x Fecha de Siembra	CATEGORIAS	3	14.92114	4.97371	3.385	28.090	2	2.05514	1.02757	0.699	3.37
	RESIDUOS	26	38.19821	1.46916							
pH x ARCILLA	CATEGORIAS	3	15.22100	5.07367	3.481	16.654	2	2.35500	1.17750	0.808	
	RESIDUOS	26	37.09835	1.45763							
pH x LIMO	CATEGORIAS	3	17.29063	5.76354	4.182	32.551	2	4.42463	2.21232	1.605	
	RESIDUOS	26	35.82872	1.37803							
pH x ARENA	CATEGORIAS	3	14.40323	4.80108	3.224	27.115	2	1.53723	0.76861	0.516	
	RESIDUOS	26	38.71612	1.48906							
pH x P	CATEGORIAS	3	16.05903	5.35301	3.755	30.232	2	3.19303	1.59652	1.120	
	RESIDUOS	26	37.06032	1.42540							
pH x K	CATEGORIAS	3	13.05491	4.35164	2.824	24.577	2	0.16891	0.09445	0.061	
	RESIDUOS	26	40.06444	1.54094							
pH x Ca.	CATEGORIAS	3	13.29309	4.43103	2.893	25.025	2	0.42709	0.21354	0.139	
	RESIDUOS	26	39.82626	1.53178							
pH x Mg.	CATEGORIAS	3	13.02554	4.34185	2.816	24.521	2	0.15954	0.07977	0.052	
	RESIDUOS	26	40.09381	1.54207							
pH x Ca/Mg.	CATEGORIAS	3	14.75868	4.91956	3.334	27.784	2	1.89268	0.94634	0.641	
	RESIDUOS	26	38.36067	1.47541							
pH x PEN-DIENTE	CATEGORIAS	3	14.29570	4.76523	3.191		2	1.4297	0.71485	0.479	
	RESIDUOS	26	38.82365	1.49322							

23

Sit.

CUADRO 4A. ANALISIS DE VARIANZA DE LA DOE DEL NITROGENO SEGUN DOS CATEGORIAS
DEFINIDAS POR ONCE FACTORES DE LA PRODUCCION. PRIMERA ETAPA.

MODELOS	FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	R ²	Ft (10 %)
TOTAL		29	18346.66667 FC = 170253.33333				
FECHA DE SIEMBRA.	CATEGORIAS	1	93.88922	93.88922	0.114	0.512	2.89
	RESIDUOS	28	18252.77745	651.88491			
ARCILLA	CATEGORIAS	1	854.35900	854.35900	1.368	4.657	
	RESIDUOS	28	17492.30767	624.75527			
LIMO	CATEGORIAS	1	1333.33336	1333.33336	2.194	7.267	
	RESIDUOS	28	17013.33331	607.61905			
ARENA	CATEGORIAS	1	224.49475	224.49475	0.347	1.224	
	RESIDUOS	28	18112.17192	647.22043			
pH.	CATEGORIAS	1	167.20241	167.20241	0.258	0.911	
	RESIDUOS	28	18179.46426	649.26658			
P	CATEGORIAS	1	365.71431	365.71431	0.569	1.993	
	RESIDUOS	28	17980.95236	642.17687			
K	CATEGORIAS	1	15.44498	15.44498	0.024	0.084	
	RESIDUOS	28	18331.22169	652.68649			
Ca.	CATEGORIAS	1	160.95241	160.95241	0.248	0.877	
	RESIDUOS	28	18185.71426	649.48979			
Mg.	CATEGORIAS	1	499.60787	499.60787	0.784	2.723	
	RESIDUOS	28	17847.05880	637.39496			
Ca/Mg.	CATEGORIAS	1	1339.42687	1339.42687	2.205	7.301	
	RESIDUOS	28	17007.23980	607.40142			
PENDIENTE	CATEGORIAS	1	1622.68479	1622.68479	2.717	8.845	
	RESIDUOS	28	16723.98188	597.28507			

24

[illegible]

CUADRO 6A. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS DOE DE DENSIDAD DE POBLACION SEGUN DOS CATEGORIAS DEFINIDAS POR ONCE FACTORES DE LA PRODUCCION. PRIMERA ETAPA.

	F.V.	GL.	S.C.	CMs.	FC.	R ² %	F _t
TOTAL		29	59272.11				
F. SIEMBRA	CATEGORIA	1	11.35023		0.005	0.020	2.89
	RESIDUO	28	59260.75977	2116.45571			
ARCILLA	CATEGORIA	1	13.63808		0.006	0.020	
	RESIDUO	28	59258.47192	2116.37400			
LIMO	CATEGORIA	1	2.76033		0.001	0.005	
	RESIDUO	28	59269.34967	2116.76249			
ARENA	CATEGORIA	1	18.19265		0.01	0.03	
	RESIDUO	28	59253.91735	2116.21133			
P.H.	CATEGORIA	1	121.03672		0.06	0.20	
	RESIDUO	28	59151.07328	2112.53833			
P.	CATEGORIA	1	107.54935		0.050	0.002	
	RESIDUO	28	59164.56065	2113.02002			
K.	CATEGORIA	1	133.64188		0.06	0.002	
	RESIDUO	28	59138.46812	2112.08815			
Ca.	CATEGORIA	1	4.03172		0.002	0.007	
	RESIDUO	28	59268.07828	2116.71708			
Mg.	CATEGORIA	1	0.35772		0.0002	0.001	
	RESIDUO	28	59271.75228	2116.84830			
Ca/Mg.	CATEGORIA	1	59.28272		0.03	0.10	
	RESIDUO	28	59212.82728	2114.74383			
PENDIENTE	CATEGORIA	1	5.34795		0.003	0.01	
	RESIDUO	28	59266.76205	2116.67007			

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

"IMPRIMASE"

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O