1530

Secretaría de Agricultura y Ganadería
Escuela Nacional de Agricultura
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS SISTEMAS AGRICOLAS TRADICIONALES A VARIAS PRACTICAS DE PRODUCCION EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO, COLOMBIA.

T E S I S

Que como requisito parcial para
obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS
Especialidad Suelos

p r e s e n t a

JOSE HIRIAM TOBON CARDONA

CHAPINGO, MEXICO 1974

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE Y ALICIA

A MIS HERMANOS

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y Colegio de Postgraduados de Chapingo, que facilitaron los medios para la realización de los estudios de postgrado.

Al Doctor Antonio Turrent F., por la valiosa asesoría durante todo el desarrollo del presente trabajo y su constante preocupación por mi preparación técnica y académica.

Al Doctor Angel Martínez G. y al M.C. Néstor Estrella Ch., por su asesoría en ciertas fases del trabajo.

A la Srita. M.C. Graciela Bueno Aguilar, por sus condiciones humanas, su inolvidable amistad y la valiosa ayuda en el análisis estadístico y computacional.

A los compañeros del ICA del Proyecto Oriente Antioqueño, los Programas de Suelos, Tuberosas, Maíz y los agricultores que cooperaron eficazmente en la investigación de campo.

INDICE DE CONTENIDO

Pág.

I. INTRODUCCION..... 1

II. TECNOLOGIA LOCAL DE PRODUCCION..... 5

2.1. Sistemas Agrícolas..... 5

2.2. Características Climáticas de la Zona..... 15

2.3. Insumos, Comercialización y Costos de Producción..... 15

2.4. Suelos..... 17

III. REVISION DE LITERATURA..... 24

3.1. Investigaciones Realizadas por el ICA, en el Oriente Antioqueño..... 24

3.2. Algunos resultados obtenidos de investigación agronómica sobre Cultivares en que coinciden varias especies..... 27

IV. OBJETIVOS - ESTRATEGIAS - HIPOTESIS - SUPUESTOS..... 36

V. MATERIALES Y METODOS..... 45

5.1. Características de los experimentos..... 45

5.2. Prácticas de Cultivo y fuentes de fertilizantes usados..... 53

5.3. Procedimiento de Laboratorio..... 55

5.4. Metodología de Análisis para Ajustes de Rendimiento..... 56

5.5. Características, medición y Procedimiento Estadístico para Selección de Variables de Sitio... 58

5.6. Procedimiento Estadístico para los Experimentos de Papa y Maíz..... 63

5.7. Ecuación de Regresión Generalizada..... 64

5.8. Análisis de Experimentos sobre Sistemas, formas de Siembra y Asociación o Rotación de Papa-Maíz..... 66

5.9. Análisis Económico..... 66

VI. RESULTADOS Y DISCUSION..... 69

6.1. Lluvias, Cantidad y Distribución..... 69

6.2. Respuesta a N, P, K y Variedades de Papa..... 74

6.3. Pruebas de Hipótesis Planteadas..... 79

6.3.1. Respuesta al reabonamiento y elementos menores..... 82

6.3.2. Variedades de Papa..... 84

6.4. Experimentos con Maíz..... 85

6.4.1. Respuesta del maíz a N, P, K, DP y Variedad.. 86

6.4.2. Respuesta del Maíz criollo a Calcio, Magnesio y elementos menores..... 88

6.5. Sistema Agrícola II: Papa-Maíz-Frijol..... 89

6.6. Comparación de Sistemas Agrícolas..... 94

6.7. Selección de Variables..... 95

6.8. Ecuaciones de Regresión Generalizada para Papa y Maíz por el Método de Regresión a Pasos..... 99

6.9. Consideraciones sobre aplicación práctica de la ECRG de Papa y Maíz..... 108

VII. CONCLUSIONES..... 115

VIII. BIBLIOGRAFIA..... 120

IX. APENDICE..... 122

I. INTRODUCCION

Entre las principales fuentes de alimentación del pueblo colombiano, están la papa, el maíz y el frijol.

En la parte Oriental del Departamento de Antioquia (Colombia), y sobre un área aproximada de 167 000 hectáreas, que comprende los Municipios de: Rionegro, La Ceja, La Unión, Carmen de Viboral, Marinilla, San Vicente y Guarne, los cultivos de papa, maíz y frijol constituyen cerca del 90% del área de cultivo. La producción de papa en La Unión, representa cerca del 10% de su producción nacional y es el cultivo que representa el principal producto de comercialización en el área, siendo el maíz y el frijol, casi exclusivamente consumidos por las familias, de las cuales el 87% cultivan en promedio 2 hectáreas (Bernal, 1971).

Los sistemas agrícolas del Oriente Antioqueño son de tipo tradicional y representan el resultado de la interacción entre el habitante de la región y su ambiente.

La ecología del Oriente Antioqueño se caracteriza por ser benigna en términos de su clima y su suelo. Sin necesidad de riego, es posible mantener plantas en desarrollo durante todo el año. Esto ha conducido al habitante de la región a diseñar sistemas agrícolas que mantienen una cubierta vegetal verde, casi todo el año.

Los sistemas agrícolas regionales están integrados por componentes como: a) Las siembras en relevo, por ejemplo: 1. papa, maíz

y frijol enredador. 2. Maíz y frijol enredador. 3. Zanahoria, maíz y frijol enredador. b) Siembras asociadas, por ejemplo: - 1. Papa y frijol arbustivo. 2. Maíz y frijol enredador. 3. Hortalizas y frijol arbustivo. c) Siembras de cultivos múltiples, por ejemplo: 1. Monocultivo de papa (2 ciclos al año). 2. Hortalizas.

Estos sistemas agrícolas se practican no sólo en Antioquia, sino también en otras partes del país, con los mismos y/u otros cultivos, si bien con características diferentes que reflejan su ecología y las necesidades del habitante. Ejemplos de ello tenemos a las asociaciones de cebada-arveja y/o haba, en los Departamentos de Nariño, Boyacá y Cundinamarca, además del sistema papa-maíz frijol enredador. En las zonas cafeteleras del país se - usan asociaciones de café-frijol arbustivo, café-plátano y/o yuca entre otras. Sin ser más extensos bastaría decir que en toda la Zona Andina Colombiana, que es el 25% del área del país, que representa cerca del 50% del área en explotación agrícola, son estos los principales sistemas de explotación de la tierra.

Gracias a la convivencia en Chapingo, con técnicos de varios países latinoamericanos fue posible conocer información sobre estos tipos de agricultura de varios países. Estos países son: México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Ecuador, Brasil, Argentina y Uruguay; los dos últimos (Argentina y Uruguay), practican asociaciones de pastos y leguminosas en forma comercial, aunque no siempre, con el éxito obtenido experimentalmente. Las asociaciones -

de maíz-frijol o cultivos en relevos de los mismos, es el más generalizado en varios países.

En Costa Rica, en las zonas de Alajuela los agricultores practican asociaciones de piña-pepino, piña-frijol, piña-yuca, entre otras. En Brasil, en la zona noroeste, son comunes las asociaciones de sisal-maíz, cereales-cucurbitáceas, algodón-maíz-frijol, higuerilla-maíz-frijol. En México, son frecuentes las asociaciones de maíz-frijol, hasta el punto de considerarse que el 40% del frijol producido, se obtiene bajo estos sistemas de producción (16). Igualmente, asociaciones maíz-calabazas, chiles-maíz, cebada-arveja, maíz-haba, papa-maíz-frijol, en asociaciones y en relevo.

Seguramente que en muchos otros lugares y países se practiquen estos sistemas de cultivo, con las variantes dictadas por los aspectos ecológicos y los aspectos culturales de las gentes.

Los informantes estuvieron de acuerdo en que existen ciertas características que los hacen comunes, como son la de que estos sistemas agrícolas son practicados por agricultores situados en zonas de temporal, en explotación familiar, en áreas consideradas de minifundio en el país respectivo, amplio uso de variedades criollas, poco uso de insumos agrícolas y rendimientos considerados bajos, con respecto a los obtenidos experimentalmente.

Estas situaciones han suscitado inquietudes en las esferas políticas, técnicas y económicas, y se interesan en promover solucio

nes acordes con las necesidades que aceleren un desarrollo rural. Un ejemplo de ello es el Proyecto Oriente Antioqueño (P.O.A.), - dirigido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y auxi - liado con otras Instituciones Nacionales en la región.

En el presente trabajo se intenta explorar las posibilidades agrí colas y económicas de los sistemas agrícolas más frecuentes en el Oriente Antioqueño. El método de estudio consistió en modificar cuantitativamente, componentes de los sistemas agrícolas y eva - luar el efecto sobre la productividad del sistema en cuestión.

Los componentes que se modificaron fueron: la fertilización, las densidades de población y los materiales genéticos.

También el presente trabajo representa el intento de establecer - recomendaciones sobre la fertilización de estos sistemas agríco - las, que resulte sensible a la variabilidad intrarregional en las condiciones (edáficas y económicas) de producción.

II. TECNOLOGIA LOCAL DE PRODUCCION

2.1. Sistemas Agrícolas

Los sistemas agrícolas del Oriente Antioqueño, muestran una distribución geográfica interna, que probablemente obedece a restricciones de tipo ecológico. A continuación se presenta una lista de algunos de los sistemas agrícolas estudiados y de los Municipios en los que se les observa con mayor frecuencia:

A.* Papa-papa ... - papa-maíz -¯ pasto kikuyo durante 3 ó 5 - años - papa-papa, etc. (Municipios La Unión y La Ceja).

B. Papa-¯maíz-¯frijol enredador-maíz-¯frijol enredador-papa-¯ maíz-¯frijol enredador, etc. (Municipios: El Carmen de Viboral, Marinilla, Rionegro).

C. Papa-¯maíz-¯frijol enredador-papa x frijol Arbustivo-papa-¯ maíz-¯frijol enredador, etc. (Municipios: El Carmen de Viboral, Rionegro, Marinilla).

D. Maíz-¯frijol enredador-maíz-¯frijol enredador, etc. (Municipios: Rionegro, Guarne, San Vicente, El Carmen de Viboral).

---

*Se emplean los siguientes símbolos, cuyo significado damos a continuación:

- entre un cultivo y otro, se rotura la tierra.
-¯ cultivo de relevo.
x asociación de cultivo.

El sistema agrícola A, considero, ocupa cerca del 90% del área - cultivada en La Unión y La Ceja. En el cultivo de papa se practican recomendaciones técnicas de Centros Experimentales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y de la Secretaría de Agricultura.

El suelo y la distribución de las lluvias, parece que permiten - sembrar papa casi en cualquier época del año, así, es posible observar en una misma finca, el cultivo en diferentes etapas de desarrollo, lo que resulta en una oferta constante de papa al mercado. Por ser la papa el producto principal de comercialización, - los agricultores tratan de hacer la mayor explotación de la tierra con ese cultivo a través de cosechas sucesivas por varios - años; sin embargo, la fuerte incidencia de enfermedades parece limitar esta sucesión de cultivos. Las enfermedades más comunes - son: el "Moko", causado por bacterias del género Erwinia y - Pseudomonas y la enfermedad conocida regionalmente como "Macana", causada por hongos del género Rosellinia; estas bacterias y hongos son habitantes del suelo y su daño principal es el deterioro de los tubérculos, los que pierden su valor comercial y según los agricultores, ocasionan una reducción general del rendimiento.

Cuando otras enfermedades de origen viroso, son limitantes los - agricultores hacen cambio de semilla, personalmente considero que no siempre con éxito. Ante esta situación, los agricultores rompen las secuencias de cultivo de papa y siguen con un cultivo de maíz-frijol enredador en relevo, luego se deja que el terreno se

invada de pasto "Kikuyo" (Pennisetum clandestinum), que es bien adaptado en la región y es de rápida cobertura, sin necesidad de prácticas especiales para su instalación. Las enfermedades que afectan la papa, no parecen afectar al maíz, al frijol y al pasto. Después de permanecer el terreno con pastos, unos cuatro años o más, y cuando se considera que el inóculo ha disminuído su incidencia (no conocemos los verdaderos aspectos para esta consideración, es decir, duración, reducción del rendimiento de pasto, sintomatología de los pastos, malezas, etc.), se vuelve a explotar el terreno con papa, siguiendo la misma secuencia.

Cuando se decide cambiar el cultivo a maíz-pasto, la papa se siembra en diciembre y el maíz en febrero, debido a que en este mes, la papa estará en floración, ya que el período vegetativo de la papa es de cinco meses, y el del maíz de ocho meses.

La papa se siembra en surcos distantes a 1.10 M y 0.40 M, entre matas, lo que da una población de 22.700 plantas/Ha; el maíz se siembra en las bases de los surcos de papa a una distancia de 1.0 M entre matas, de maíz, cada mata tiene generalmente tres plantas de maíz, constituyendo una densidad de población aproximada de 27 000 plantas/Ha, el pasto no se siembra, sólo hasta que el maíz haya florecido, lo cual ocurre en julio, se deja invadir el terreno por el pasto Kikuyo.

Un cultivo nuevo requiere de arar la tierra con tractor o azadón, para siembras seguidas de papa, no se requiere de preparación especial del terreno, debido a que al cosechar el cultivo anterior, se rotura el terreno.

Para fertilización, los agricultores usan de una a una y media - toneladas de una mezcla de análisis 10-30-10 (% de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente), aplicado alrededor de cada mata principalmente, al momento de la siembra y/ó 200 kilogramos de la mezcla 40 días después, al momento del "aporque". A veces usan un poco de materia orgánica comercial, o basuras, que son formas de compost~~e~~ - producidas localmente.

Ni el maíz, ni el pasto, reciben aplicaciones de fertilizantes.

La eliminación de malezas se hace cerca de los 42 días después - de la siembra, junto con la práctica del "aporque", que consiste en arrimar mayor tierra al surco inicial, asegurándose así, un mayor espacio para el desarrollo de los tubérculos. El control de plagas y enfermedades, se hace en conjunto, usando mezclas de fungicidas e insecticidas, desde la emergencia hasta la floración. El autor apreció que el control es satisfactorio para la enfermedad conocida localmente como "Gota", causada por el hongo - Phythophthora infestans y también para la plaga de "pulguillas", del género Epitrix sp. Sin embargo, las enfermedades causadas - por el hongo Rosellinia sp. y las bacterias Pseudomonas sp. y - Erwinia sp., no reciben ningún control químico especial, sólo la práctica de eliminación en el terreno de plantas y tubérculos - afectados.

El maíz es sembrado con azadón u otras herramientas locales localizando las semillas sobre las bases del surco, para que no interfiera en la recolección de la papa y en esta misma operación se -

eliminan las malezas y se aporca el maíz. Posteriormente, y según la invasión de malezas, se eliminan por segunda, tercera y última vez, cada 45 días.

La semilla de papa usada, es la variedad mejorada ICA-Puracé y en maíz y pastos, se usan variedades locales considerándose todas ellas bien adaptadas a la zona.

Parece que los agricultores usan la estrategia de sobrefertilizar la papa, especialmente en La Unión, para asegurar rendimientos máximos, como una defensa a las fluctuaciones fuertes de precios en el mercado de papa (Turrent, Tobón y Díaz, 1972). en el año, en el mes y en el día de mercado, se sufren fluctuaciones de precios, por ejemplo, la variación observada en el año 1971 fue desde $0.60 hasta $3.00 el kilogramo; además, se espera que los cultivos de papa-maíz y pastos, capten los residuos de fertilizantes.

Por esta estrategia y la parte de tecnología experimental aplicada, parece lógico que los rendimientos promedio en papa sean los más altos de la zona.

Bernal (1971), con datos del estudio socioeconómico de la zona señala una producción promedio para La Unión de 10 553 Kg/Ha; sin embargo, personalmente conocí con bastante frecuencia, rendimientos superiores a este promedio, en la mayoría de los lotes comerciales de los agricultores cooperadores de este trabajo, medimos su rendimiento resultando de 18 a 20 toneladas en promedio por hectárea.

Los rendimientos de maíz, Bernal (1971), señala un promedio de - 2 032 Kg/Ha, lo que al autor le parece acorde con lo observado - personalmente en este sistema agrícola A.

Aceptando los costos de producción realizados por la Oficina POA, (Cuadro 1), que son de $11 033.00 y de $1 857.50 para papa y - maíz respectivamente, consideradas como empresa privada y supo - niendo un rendimiento promedio de papa de 18 Ton/Ha y de 2 Ton/Ha de maíz y un precio promedio para el año de $1.00 por kilogramo - de papa (apreciación personal, debida a las fuertes fluctuaciones) y de $4.40 por kilogramo de maíz,* tendremos un ingreso neto de - cultivo de $6 967.00 para papa y de $6 942.50 para maíz. Durante los años 1971 y 1972, el precio de maíz era de $2.00 por kilogramo. Cabe recordar al lector, que el maíz es exclusivo de consumo familiar y esta situación puede tener apreciación diferente respecto al ingreso neto, para algunos economistas; sobre ello, se espera que posteriormente, se adelanten estudios respecto al ingreso neto familiar, en estas explotaciones.

El sistema agrícola B, el autor considera que ocupa cerca del 70% del área de cultivo de los Municipios de El Carmen de Viboral, Marinilla y Rionegro, donde es más frecuente. En este sistema se - usa una fertilización de papa similar, pero menor (media tonelada menos), que en el sistema agrícola A, y como en el caso anterior, el maíz criollo no recibe ninguna fertilización, esperando que capte los residuos del fertilizante de la papa.

---

*Revista Agrosíntesis Año VII No. 308, Marzo 21, 1974.

El sistema está diseñado para que la competencia al cultivo anterior, sea mínima. En este sistema se obtienen tres cosechas diferentes (papa-maíz-frijol), lo cual se traduce en una oferta de productos diferentes al mercado.

Nos quedan interrogantes serios sobre el sistema agrícola B, tales como:

1) El clima, especialmente en lluvias no será favorable para sembrar papa todo el año como en La Unión?

2) El maíz y el frijol en relevo serán un control biológico para las enfermedades de la papa, antes mencionadas?

3) No serán los agricultores de este sistema menos receptivos de los riesgos por fluctuaciones de los precios de la papa, por alguna condición?

Este sistema se inicia con la siembra de papa en la época del 15 de noviembre al 15 de diciembre, con las mismas características - del sistema de La Unión.

Después del 15 de febrero se inician las siembras de maíz. Para esta época ha florecido la papa y en 15 días más iniciará el proceso de maduración, considerando los agricultores que la papa no recibirá competencia por el maíz, y la competencia de ésta, al - maíz será sólo en unos días iniciales pero aprovechará el residuo de la fertilización.

La semilla de maíz criollo Montaña parece estar bien adaptada a - esta condición de competencia inicial, y su período de recupera-

ción es sorprendentemente rápido. El maíz se siembra a distancia de un metro en cuadro y 2 a 3 gramos por sitio (23 000 plantas/Ha). El lugar de la semilla queda sobre una de las bases inferiores del caballón. Se evita dejarlo en la calle para evitar el pisoteo o, en la parte alta del caballón por impedir la recolección de papa a ser destruída. En la misma operación de cosecha de la papa, se aporca el maíz. En el mes de julio el maíz se encuentra en estado lechoso y por esta época se siembra el frijol Cargamanto, variedad criolla con valor comercial superior hasta doble, a los frijoles mejorados. (Ejemplo: Frijol Nima, $12.00/Kg y frijol Cargamanto varía de $16.00 a $28.00/Kg).

El frijol Cargamanto es de características volubles y hojas grandes y de gran volumen. En la siembra se usan dos granos por sitio de maíz, colocados unos cinco centímetros retirado de la base del maíz y en tal forma, que reciba la acción del viento para facilitar su enredamiento en el tallo del maíz, economizándose una gran labor.

El frijol recibe una fertilización aproximada de 200 Kg/Ha de la mezcla de análisis 10-30-10, además de una compostá de basuras. Esta situación parece razonable, pues no parece que los residuos de fertilización de papa alcancen para este cultivo, además que su valor comercial lo justifica.

Para evitar la competencia de luz ocasionada por el maíz criollo, que es alto (3.50 M) y de hojas grandes y anchas, los agricultores hacen el "aclareo" del maíz consistente en eliminar las hojas

bajas (5-6 a partir del suelo), las cuales se encuentran secas o cloróticas, claramente deficientes en nitrógeno, sin que su eliminación afecte ya al rendimiento del maíz, comprobado experimentalmente.*

En maíz y frijol no se presentan plagas limitantes. Sin embargo, las enfermedades en frijol como Antracnosis (Colletotrichum sp.) y Cenicilla (Oidium sp), son las principales limitantes en este cultivo. La recolección de maíz y frijol se hace conjunta en en el mes de enero. Los rendimientos promedio, son de 10 Ton/Ha, maíz, 1 Ton/Ha y frijol, 600 Kg/Ha. (2).

Maíz-frijol en relevo, este sistema es usado como continuación del sistema papa-maíz-frijol en relevo (Sistema Agrícola B) y también usado por agricultores que no siembran papa, y hacen este sistema maíz-frijol de relevo todos los años, sistema agrícola D. En este caso, el maíz pude sembrarse más temprano, pues no tiene la restricción de la papa y se desarrollará inicialmente sin competencia de otra especie. Las cañas del anterior cultivo de maíz se extienden e incorporan a lo largo del surco. El maíz no recibe ninguna fertilización en este sistema. Todas las demás prácticas de cultivo en maíz y frijol son iguales a las anteriormente descritas. Los rendimientos promedio son similares a los del año anterior.

El sistema agrícola C, es practicado en las mismas zonas del sistema B; ocupa aproximadamente el 20% del área de cultivo y coexis

*Información personal del Dr. Guillermo Riveros. Programa de Fisiología Vegetal, ICA.

te aún en algunas fincas con el sistema agrícola B.

Las condiciones generales del sistema, en cuanto estrategia de - fertilizantes, densidades de siembra, variedades y épocas de siembra, son similares a las anteriormente descritas. La diferencia básica es que en un año se hace cultivo de papa asociado con frijol arbustivo en el primer semestre.

Una semilla de frijol se siembra sobre el surco en medio de las matas de papa, lo que resulta en una densidad de población igual para papa y maíz de cerca de 22 700 matas/Ha. La siembra se hace al día siguiente del de la papa, sin recibir fertilización alguna. El período vegetativo de este frijol, es de seis meses. Para el control de plagas y enfermedades aprovecha el mismo de la papa.

Los rendimientos de papa son de aproximadamente 13 Ton/Ha y el - rendimiento de frijol es muy variable dependiendo negativamente - del desarrollo de la papa y puede variar desde 100 Kg hasta 400 - Kg/Ha (apreciación personal).

El agricultor en esta parte del sistema decide, según el precio - de la papa y el rendimiento del frijol, si recolectar la papa - con pérdida de frijol, o espera un mes para hacer la recolección conjunta. La papa no sufre pérdidas en rendimiento y calidad por esta última situación. Con las anteriores consideraciones de costos de producción de papa y que prácticamente el frijol no absorbe ningún gasto especial, se considera no sobrepasa de $400.00, - el ingreso neto global de esta asociación sería de aproximadamente $6 800.00/Ha.

2.2. Características Climáticas de la Zona.

Bernal (1971), con datos del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", considera dos períodos anuales de lluvia: abril-junio y septiembre-noviembre, siendo los meses más lluviosos los de mayo y octubre en los cuales la precipitación alcanza unos 238 mm. Los períodos de diciembre-marzo y junio-agosto, son escasos de lluvias. En los meses de enero y febrero las precipitaciones son bajas, cerca de 60 mm. Según Fernández (6), la precipitación varía de un año a otro y de región a región y su cantidad está comprendida entre 1 500 y 2 100 mm al año. Divide en dos períodos: lluviosos, de abril a noviembre y seco, de diciembre a marzo.

La temperatura fluctúa entre los 17 y 18°C. Sobre un área de 161 700 Ha, el 84.8% corresponde a clima frío, el 14.2% a clima medio, el 0.2% a clima cálido y el 0.8% a clima de Páramo (Bernal, 1971).

La altitud sobre el nivel del mar que determinamos, fue de 2 050 a 2 200 msnm.

No existen actualmente datos de vientos, granizadas, heladas, luminosidad, humedad relativa, pero el ICA y las autoridades de navegación aérea del país, realizan investigaciones al respecto.

2.3. Insumos-Comercialización y Costos de Producción

Los papicultores seleccionan su propia semilla y sólo en casos extremos de contaminación de su semilla, deciden cambiarla o renovarla, comprando a un vecino o en la Caja Agraria.

La cantidad de semillas de papa vendida por la Caja Agraria en - 1971 y 1972 fue de 159 y 416 toneladas respectivamente, que correspondería aproximadamente a igual número de hectáreas sembradas.* Suponiendo que el 50% de esta cantidad hubiese sido destinada al Oriente Antioqueño en la Zona del Proyecto, sería incosteable un programa de producción de semillas para este Proyecto, por las costumbres de los agricultores de seleccionar su propia semilla, los riesgos del productor particular y el alto costo. - Ese porcentaje de papa nueva revela la poca reposición de semilla en cada año. El ICA controla la entrada de semillas de otras zonas del país para evitar enfermedades y plagas mayores y actual - mente desarrolla trabajos para superar esta situación.

La disponibilidad de maíces híbridos es suficiente para la baja - demanda por parte de agricultores tradicionales. En 1972 la Caja Agraria vendió 57 387 kilogramos, para siembra de cerca de 2 800 hectáreas en todo el Departamento de Antioquia,* del cual el área del POA, es el 0.37%. Insecticidas y plaguicidas usados son de - fácil consecusión en los almacenes agrarios y su calidad es supervisada y controlada por el ICA. Por varios años los agricultores han usado los mismos productos sin hacer rotación de ellos, lo - que podría causar que los insectos y enfermedades desarrollen resistencias a estos productos, llegando a ser costosos o incosteable su control. Hasta el presente no se ha iniciado ninguna campaña al respecto.

---

*Información suministrada por Oficinas del POA y de Desarrollo Rural - ICA, Colombia.

Los abonos ofrecidos son algunos orgánicos, en base a estiércol de gallina y deshechos urbanos.

En fertilizantes la mezcla de análisis 10-30-10 es la de mayor - demanda y otras mezclas como: 10-20-20 ó 6-24-6, también se venden pero tienen poca demanda. Sólo el nitrógeno puede conseguirse individualmente en forma de urea o nitrato de amonio. Las cales Agrícola y Dolomítica existen en buena cantidad, pero sin mayor demanda la segunda. El comercio de papa se hace principal - mente a través de intermediarios mayoristas, quienes deciden cada semana unilateralmente el valor del producto.

En el Municipio de La Unión existe una cooperativa, formada por - unos 850 socios activos, pero controla menos del 10% de la producción del Municipio.

El maíz y el frijol, como se mencionó antes, son de casi exclusivo consumo familiar y sus precios son más estables.

Los cuadros 1 y 2 muestran los costos de producción de papa y - maíz respectivamente, con precios de 1972.

2.4. S u e l o s

Fernández (6) dice que en un estudio casi semidetallado de suelos del Oriente Antioqueño, que los materiales parentales son constituídos de rocas ígneas y metamórficas, así como también de terrazas y aluviones cuaternarios y mantos de cenizas volcánicas depositadas sobre las rocas mencionadas.

CUADRO 1. Costos de Producción de una Hectárea de Papa en Condiciones Promedio en el Oriente Antioqueño. FUENTE: Oficinas del Proyecto Oriente Antioqueño y de Desarrollo Rural - ICA.

C O N C E P T O	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Preparación del Terreno	H o r a s	$ 60.00	10	$ 600.00
S e m i l l a	Kilogramo	" 2.50	1 000	" 2 500.00
S i e m b r a	J o r n a l	" 20.00	18	" 360.00
F e r t i l i z a n t e	Cargas 10-30-10	"304.00	5	" 1 520.00
G a l l i n a z a	Kilogramo	" 0.30	200	" 60.00
Recolección Basuras	J o r n a l	" 20.00	5	" 100.00
Aporque y Desyerbe	J o r n a l	" 20.00	20	" 400.00
Fungicidas (Manzate)	Kilogramo	" 35.00	10	" 350.00
Insecticidas (Parathion)	L i t r o	" 35.00	2	" 70.00
Aplicación plaguicidas	J o r n a l	" 20.00	20	" 400.00
R e c o l e c c i ó n	J o r n a l	" 20.00	15	" 300.00
Lavada y Clasificada	J o r n a l	" 20.00	20	" 400.00
T r a n s p o r t e	Carga (120 Kg)	" 5.00	90	" 1 800.00
E m p a q u e	C a r g a	" 6.00	90	" 540.00
A r r e n d a m i e n t o	Hectárea	"600.00	90	
Sub-Total				"10 030.00
Interés Mensual				" 1 003.00
%				$11 033.00

Producción 11 toneladas
Total jornales : 98

NOTA: Si la preparación se hace a mano, se aumentan 20 jornales.

CUADRO 2. Costos de Producción de Maíz por Hectárea, a Nivel de Agricultores. - Fuente Oficinas POA y de Desarrollo Rural, ICA.

C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Preparación del Terreno	Jornal	28	$25.00	$ 700.00
S e m i l l a	Kilogramo	13	" 3.50	" 32.50
S i e m b r a	Jornal	4	"25.00	" 100.00
Primer Desyerbe	Jornal	15	"25.00	" 375.00
Segundo Desyerbe	Jornal	12	"25.00	" 300.00
Recolección	Jornal	10	"25.00	" 250.00
T O T A L				$1 857.50

El material ígneo se caracteriza por dar como resultado de su meteorización, suelos profundos, de texturas medianas y livianas, con muy buena permeabilidad y de colores rojizos a pardo amarillentos con diferentes tonos. El material metamórfico está constituído predominantemente por esquistos cuarcíticos y micáceos, originándose de su meteorización, suelos arcillosos y franco-arcillosos, de colores rojo y marrones rojizos. El material cuaternario está formado por aluviones y terrazas de los ríos y se caracterizan por presentar un horizonte gley a profundidades que varían de 70 a 100 cm. Las cenizas volcánicas se encuentran en las tierras onduladas y ligeramente quebradas, variando en profundidad estos depósitos, según la topografía (planos, 1.50 a 2.0 M y en pendientes, de 40 a 50 cm.). Scheibe, citado por Fernández, señala que la parte superior de este depósito, aflora a veces directamente, pero en la mayoría de los sitios está influído por un alto contenido de materia orgánica.

La influencia del relieve sobre la formación del suelo se caracteriza principalmente por su control sobre la acción del drenaje, la escorrentía y diferentes grados de erosión. En la zona de estudio se presentan terrenos planos, ondulados y pendientes fuertes; estas últimas están sujetas a mayor erosión y, en los planos es casi nula. Sin embargo, parece que la tecnología que actualmente aplican los agricultores, de mantener una cubierta vegetal verde todo el año, aunado con las siembras en contorno, puede atenuar significativamente el grado de erosión de las pendientes.

Fernández (6), divide los suelos según sus geoformas en: colinas altas, colinas, terrazas y aluviones.

En las colinas altas, las pendientes varían del 21 al 50%, de forma redondeada y con una altura relativa de 15 a 25 M. En las colinas, las pendientes varían de 15 a 25% con alturas relativas promedio entre 10 y 15 M. Las terrazas y aluviones tienen topografía plana.

Según la nomenclatura francesa, Fernández (6), clasifica los suelos como: Podzólicos, Hidromórficos con Seudogley y, según la Séptima Aproximación, los clasifica como del Orden Andepts y según Wright, como Alofano Húmico derivado de cenizas volcánicas.

Según Koyi, Naganori y Wright, citados por Fernández (6) y León, citado por Monsalve (15), uno de los primeros productos de la meteorización de las cenizas volcánicas es una arcilla amorfa que posee características físicas y químicas definidas, y que no es posible determinar cuantitativamente por los métodos comunes de laboratorio. Los mismos autores aseveran su presencia en estos suelos. Se trata de diferentes tipos de arcillas alofánicas (silicatos hidratados de Aluminio) que, en su estado de transición a materiales cristalizados, imparten al suelo características tales como alta capacidad de cambio, alta saturación de hidrógeno, baja saturación de bases intercambiables, altos contenidos de compuestos alumínicos y aluminio soluble y baja fertilidad de los suelos.

Los resultados de análisis de suelo, determinados en el Laborato-

rio de Suelos del ICA, indican que los suelos del Oriente Antioqueño, en la parte correspondiente a los 8 Municipios del POA, son ricos en materia orgánica (superior al 15%) y con textura franco a arcillo-franco; el pH de los suelos es ácido y va desde 4.5 hasta 5.8, hay presencia de Aluminio intercambiable desde 0.5 hasta 5.0 m.e./100 gr de suelo, contenido variable de potasio, desde 0.10 hasta 1.0 m.e./100 gr de suelo y considerados en general, pobres en fósforo según el método de Bray II.

Varios autores (6,15,22), aseguran un alto poder fijador de fósforo en los suelos volcánicos. Estudios llevados a cabo por la Fundación Rockefeller, indican que un suelo de la zona fijó todo el fósforo agregado en cantidades de 800 ppm, y que los análisis mineralógicos indican la presencia en cantidad apreciable, de alofano, el cual es responsable de la mayor parte de esta fijación; idénticos resultados encontró León, citado por Mansalve (15).

El análisis físico de los suelos presentado por Fernández, indica predominancia de arenas, suelos livianos, porosos de buen drenaje interno y de una gran capacidad para liberar la saturación del agua, circunstancias éstas que facilitan grandemente el lavado, el perfil de estos suelos es de consistencia friable, el primer horizonte negro intenso, franco, franco-arenoso orgánico, el subsuelo es pardo amarillento con texturas un poco más pesadas. Los horizontes superiores sin pegajosidad ni plasticidad, propiedades éstas que aumentan con la profundidad. Baja densidad aparente y generalmente agregados porosos.

Rodríguez (21) dice que los suelos tienen un drenaje interno y - externo excesivos, por lo cual a pesar de que las lluvias caen - en buena cantidad, los cultivos sufren por escasez de agua, especialmente en épocas de sequía. Esta afirmación parece contraria a lo presentado por Fernández, y por nuestra observación en el - campo, creemos que las propiedades físicas de los suelos de los Andosoles, son buenas.

No se conocen trabajos sobre la actividad microbiana del suelo, - en esta zona.

Correa, Lotero e Irusta, citados por Fernández (6), atestiguan - la baja fertilidad de los suelos y la acentuada respuesta al tratamiento con cal.

Fernández (6) concluye que, por las condiciones físicoquímicas de los suelos anotadas, se infiere claramente la baja productividad de estos suelos en su estado natural, que sólo es posible obtener resultados positivos, acudiendo a buenas prácticas de manejo, previos estudios de la aplicación económica de fertilizantes.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Investigaciones realizadas por el ICA, en el Oriente Antioqueño*

El Programa de Maíz y Sorgo del ICA, en la SubEstación La Selva, obtuvo el híbrido de maíz denominado ICA H-452, recomendado para la zona, proveniente de las cruzas de maíz criollo Montaña blanco x (Mezcla L.S.B.)I sin 2. Algunas de las características del ICA H-452 y sus progenitores, eran: adaptación de 1700 a 2200 m.s.n.m., semilla blanca dura y redonda, resistencia moderada a Helminthosporium turcicum y a Puccinia spp. y poca resistencia a Phyllacora maydis. Las formas de las plantas eran medianas con mazorcas bajas y gruesas.

El Programa de Maíz y Sorgo desarrolló pruebas regionales de rendimiento de maíz ICA H-452, en zonas del Oriente Antioqueño, así: En Sonsón 5, en Peñol 3, en Rionegro 3, en La Ceja 1 y en Granada 1, utilizando diferentes cantidades de fertilizantes, desde 200 - hasta 400 Kg/Ha de mezcla de análisis 10-30-10, obteniéndose un - promedio general de 5 773 Kg/Ha, en el sistema de monocultivo; el rendimiento del maíz criollo en el mismo sistema y las mismas condiciones fue de 5 612 Kg/Ha en promedio.

En un ensayo llevado a cabo en el Municipio de Sonsón, el rendi - miento de Montaña amarillo más frijol Cargamanto fue de 6 032 Kg/ Ha de maíz, el ICA H-452 más frijol Cargamanto fue de 5 846 Kg/Ha

---

* Información suministrada por el Ing.Agr. Jorge E. Llano, Programa de Maíz, ICA. CNIA, Tuliospina Medellín.

de maíz. No se conocen los rendimientos del frijol Cargamanto en este ensayo.

Baird y otros (1), con el tratamiento de fertilización 80-80-80, ($N-P_2O_5-K_2O$) obtuvieron un rendimiento de 2.39 Ton/Ha, en La Selva, dicen los autores que los bajos rendimientos se debieron a la baja fertilidad del suelo. El tratamiento de nitrógeno más potasio, rindió solamente el 10% del tratamiento completo, lo que indica que el fósforo aprovechable de los suelos de ese lugar es muy bajo. Concluyen que los resultados sugieren que el máiz de clima frío no necesita una fertilización directa cuando el cultivo se hace después de uno de papa.

Fertilización de Maíz y Papa

El Programa de Suelos del ICA en el Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CNIA) de Tuliospina, en Medellín ha sido responsable de las investigaciones sobre el particular. Rodríguez en anexo de trabajo de Bernal (2), dice que cuando se siembra maíz en un suelo que no ha sido cultivado con papa bien fertilizada, necesita grandes aplicaciones de fertilizantes, especialmente fósforo, pero la aplicación de altas dosis de fertilizantes en maíz no es económica, por tal motivo, debe sembrarse conjuntamente con la papa o en terrenos anteriormente sembrados de papa. Rodríguez, resume así sus resultados:

> "El N se estudió en tres dosis :0,75 y 100 Kg/Ha, la mayor producción se obtuvo con la dosis de 100 Kg/Ha de N. Se encontró que cuando se siembra en suelos que no han sido cultivados; es decir, que estaban en pastos naturales o bosques, en las dos o tres primeras cosechas, no -

se necesita aplicar N. Sin embargo, después de la tercera cosecha es indispensable su aplicación para una buena producción.- El P se estudió en 4 dosis; 0,100,200 y 400 Kg/Ha de P_2O_5. Cuando el suelo va a ser cultivado por primera vez, no se puede sembrar maíz sin hacerle aplicaciones de P, y posiblemente es justificable una aplicación de 400 Kg/Ha de P_2O_5.- Parece que después de que el suelo ha sido cultivado y recibido unos 400 Kg/Ha de P_2O_5, una aplicación de 200 Kg/Ha es suficiente. El P fue estudiado en varias dosis y fue [illegible] de K. La mejor producción se obtuvo con 75 Kg/Ha de K. La deficiencia de potasio en las plantas de maíz es muy notable, especialmente cuando los suelos en donde se va a sembrar, fueron encalados.- La materia orgánica se estudió en dos dosis: 0 y 4 Ton/Ha. La mejor producción se obtuvo cuando se aplicó; el aumento fue de 700 Kg/Ha de maíz. La aplicación depende del precio del maíz y de la materia orgánica. Una de las conclusiones obtenidas cuando se estudió la aplicación de materia orgánica, fue la de que sería conveniente estudiar su aplicación en dosis más altas y combinada con fertilizantes químicos. La recomendación de fertilizantes en maíz en estos suelos, depende de varios factores, especialmente de la historia del terreno y del análisis del suelo".

El mismo Rodríguez (21) y en Bernal (2), presenta resultados de fertilización de papa, con varios nutrimentos como: N,P,K, mezclas de elementos menores que contenía Fe,Cl,B,Zn,Mo,Mn y materia orgánica. En cada caso usaron varias dosis, obteniendo los mayores rendimientos con las dosis de 100 Kg/Ha de N, 450 Kg/Ha de P_2O_5, 100 Kg/Ha de K_2O y 20 Ton/Ha, de materia orgánica.

Las recomendaciones cuando el terreno está sembrado con pastos o en bosques, en papa no se aconseja aplicar nitrógeno. Si el terreno fue ya cultivado con papa y otros cultivos, se aconseja aplicarle 100 Kg/Ha de N.

Las aplicaciones de P, dependen especialmente de la solvencia económica del agricultor, siendo de 300 a 400 Kg/Ha de P_2O_5 para los

de recursos económicos escasos y altos, respectivamente. El K - se aplica según el análisis de suelo, cuando su contenido es menor de 0.30 m.e./100 gr de suelo se recomienda 100 Kg/Ha de K_2O. cuando el contenido de K en el suelo es mayor de 0.30 m.e./100 - gr de suelo, no se recomiendan aplicaciones de potasio.

Recomienda además Agrimins (mezcla de elementos menores), en la cantidad de 100 Kg/Ha. Para materia orgánica, recomienda 10 Ton/ Ha.

3.2. Algunos resultados obtenidos de investigación agronómica sobre Cultivares en que coinciden varias especies

Podría decirse que la investigación sobre cultivos asociados, es bien escasa, si tenemos en cuenta la necesidad, el área y las familias numerosas que cubren este sistema, la antiguedad, el uso de estos sistemas desde antes de Cristo, según Orville y Wyss, - 1937 citados por Moreno (16) y la gran necesidad de alimentos en América Latina.

Compatibilidad de especies y rendimiento

La compatibilidad entre especies en asociación es considerada especialmente en el sentido de que una planta no afecta los rendi - mientos de las otras, o reciba beneficios de asociación mutua, como soporte, uso y aporte de nutrimentos, aprovechamiento de efecto residual de fertilizantes, uso de agua a diferentes estratos y aún cuando exista cierta incompatibilidad fisiológica, económicamente la asociación puede ser beneficiosa.

Generalmente, las más estudiadas han sido gramíneas y leguminosas por el efecto benéfico de aporte de N por la leguminosa a la gramínea.

La mayoría de los resultados experimentales de pastos y leguminosas, no han podido ser adaptados satisfactoriamente a niveles comerciales.

En la práctica se encuentran asociaciones de cultivos no leguminosos, toda la literatura reporta que el rendimiento por hectárea en grano, en cultivos asociados siempre fue menor que los correspondientes en sistema de monocultivo; sin embargo, las ganancias netas son superiores en asociados (16,23),.debido al precio diferente de los productos agrícolas.

Los investigadores (3,10,11,13,16) señalan que el rendimiento en forraje del cultivo asociado ha resultado superior al logrado en ambos cultivos por separado. Es de anotarse que estos investigadores han comprobado en asociaciones con leguminosas y gramíneas.

Figueroa (7) encontró una correlación negativa entre los rendimientos de maíz y frijol de guía, asociados. Señala que la disminución del rendimiento de maíz, no es debida tanto a la competencia que ejerce la buena carga de frijol sino a su altura, actuando la guía como un freno al crecimiento y desarrollo normal del maíz. El factor más limitante de la asociación fue el vuelco del maíz H-205 ocasionado por el frijol. El mejor método de siembra probado fue el usado por los agricultores, maíz y frijol en el mismo sitio.

Contrario al reporte general, Moreno (16) encontró que el rendimiento de frijol de guía en grano fue superior al rendimiento en sistema de monocultivo, en promedio general 1 433 y 1 300 Kg/Ha, respectivamente. Ello haría suponer la posibilidad de aumentar el rendimiento aún bajo condiciones de asociación; sin embargo, los rendimientos de maíz no superaron a los de maíz en monocultivo.

Núñez (17), señala que no es conveniente asociar trigo con leguminosas, si éstas son para incorporar al suelo, porque las ganancias en el próximo cultivo no son satisfactorias.

Peregrina, aunque sin trabajar específicamente en asociados sobre compatibilidad, concluye en uno de sus trabajos que el éxito de la asociación de maíz con leguminosas depende de que se adapte a las condiciones de siembra del maíz que no perjudique sus propios rendimientos.

La importancia de estudios de compatibilidad de especies, radica en que en el futuro se puedan ofrecer alternativas de asociar otros cultivos, diferentes a los usados en una región, para fines de diversificación de la producción.

Competencia de Nutrimentos

La mayoría de los investigadores han señalado y orientado sus trabajos hacia el aporte de nitrógeno por la leguminosa a la gramínea (4,8,11,13,16,17,18,19). Los resultados del aporte y del aumento del rendimiento fueron variables naturalmente por la dife -

rencia de los lugares y las especies usadas. En general, el aporte de N fue positivo, aunque en algunos casos como una asociación de leguminosa con trigo, cuando se desea incorporar la leguminosa, no es ventajoso ni económico (Núñez, 1957-1958).

Referente a fósforo, se ha encontrado respuesta a aplicaciones de P; según Moreno (16), en su revisión bibliográfica cita un caso en el que el frijol se favoreció con las aplicaciones de P y el maíz con las de N.

Kalra (12) estudió el comportamiento de diferentes especies de cultivos para la absorción de fosfatos, siendo la soya quien mayor absorción hizo en comparación con la mostaza, así: 2.03 ppm de P para mostaza y de 21.77 ppm de P, para soya.

Garmashov (8) obtiene similares resultados con guisante y trigo, análogamente Petukhov (19) con trigo y trébol y Samokhvalov (22) con avena y guisante.

Turrent (23) en experimentos conducidos en Puebla, México, encontró que el efecto principal de la densidad de población de frijol (DPF) y de la interacción NxDPmaízxDPF, fueron negativas y significativas sobre el rendimiento del maíz y sugerían que el cultivo de maíz responde en términos de competencia con el frijol; lo que podría ser una alternativa ventajosa respecto a los dos cultivos sembrados por separado. La ventaja parecía residir en la tolerancia que mostró el frijol de guía a la competencia con el maíz si bien la comunidad había prosperado en condiciones favorables al -

frijol. El maíz registró el efecto de la competencia del frijol, pero sus rendimientos parecieron aún atractivos.

Moreno (16) y Turrent (23) notan que el rendimiento de frijol - asociado con maíz, aumenta al aumentar la cantidad de N aplicada. El rendimiento de frijol no respondió a la densidad de población de ambos cultivos, ni a la dósis de P. Con niveles altos de N y P, los rendimientos de frijol de guía, aumenta aún cuando se aumentó la densidad de población del maíz asociado, parece entonces, suponer no sólo competencia por estos nutrimentos, sino además, una complementación entre ambas especies. El efecto principal de N en frijol (+ 181 Kg/Ha) y la interacción NxPxDPmaíz (+83 Kg/Ha), son ambas significativas.

Referente a K, pocos investigadores han intervenido pero no dejan claridad sobre el comportamiento general de las asociaciones a este elemento.

Si consideramos que muchas de las especies cultivadas en nuestros suelos aún bajo condiciones de monocultivos altamente exigentes - en K, como la papa o yuca, se desarrollan bien, es de predecir - que los requerimientos no serán muy altos, hecho que requiere su comprobación en estos sistemas y las diferentes condiciones.

Competencia por luz

Núñez (17), en un estudio de varias leguminosas (alfalfa trébol, hubam y blanco y veza de invierno) asociados con trigo, encontró que en todos los casos, el rendimiento de la leguminosa (fertili-

zado y no fertilizado) sus rendimientos fueron bajos, indicando que ello se debió a que el trigo vence a la leguminosa en la competencia por luz y se acentúa con la fertilización.

Peregrina (18), llega a iguales conclusiones en asociación de zacates con alfalfa.

Moreno (16) al estudiar fechas de siembra en cultivos asociados de maíz con frijol de guía, demuestra la competencia por luz, mediante la relación frijol/maíz que decrece a medida que aumentan los días de la siembra de maíz a la de frijol. La actividad fotosintética por ser dependiente de la cantidad de luz principalmente, se reflejara en el rendimiento.

Gerick (9) encontró que el cambio de distancia dentro de dos cultivos diferentes, fue menos pronunciado sobre la actividad foto - sintética, encontrándose además que ésta es menor en asociaciones que en monocultivos; además demuestra reducciones en el área fo - liar.

El éxito de una asociación será cuando las plantas tengan una tolerancia biológica recíproca, para que sus rendimientos no se abatan considerablemente en la asociación.

En la práctica los agricultores han desarrollado prácticas culturales para el mejor aprovechamiento de luz por los cultivos en asociación. Pueden citarse prácticas como: variación de épocas de siembra, bajas densidades de población, control de la distribu - ción de plantas (forma y variación del ancho de surcos y distan -

cia entre plantas), regulación del sombrío, podas, deshoje de - plantas, de maíz cuando inicia el crecimiento de frijol, doblado de las plantas en mayor avance de desarrollo o en la etapa de madurez fisiológica, eliminación de malezas cuando se inicia el desarrollo del nuevo cultivo, selección de especies por resistencia a asociación.

Competencia por agua

Recordando que estos sistemas de cultivo se desarrollan o practican en zonas bajo temporal, las especies a asociarse deben tener una competencia mínima por agua. La competencia por agua disminuye al aumentar el contenido de humedad del suelo, generalmente. Esfuerzos altos de humedad en el suelo en épocas de floración abatirían los rendimientos considerablemente.

Chang y otros, citados por Moreno (16), señalan que el consumo de agua en cultivos asociados es de 30 a 40% mayor que el de los correspondientes cultivos por separado en la etapa de floración.

Estudio sobre necesidades mínimas de láminas de riego para praderas de gramíneas y leguminosas han sido estudiadas, las menores - investigaciones han sido bajo condiciones de temporal.

En resumen, diferentes autores señalan algunas ventajas de los sistemas de asociación o relevo; algunas de ellas son:

1) Mejor aprovechamiento de la tierra, en ciertas condiciones.
2) Mejor aprovechamiento del agua.
3) Mayor economía de fertilizantes.
4) Mayor conservación de suelo contra la erosión.
5) Mayor control simultáneo de plagas y enfermedades.
6) Mayor uso de mano de obra familiar campesina.
7) Mayor ingreso por un riesgo menor al temporal y el mercado.

Los requerimientos principales son los de: condiciones ambientales especiales, y el de especies y variedades de cultivos compatibles.

Estas ventajas y requerimientos pueden mejorarse cuando se solucionen aspectos agronómicos de estos sistemas de cultivo, así como asegurar buen mercadeo de los productos.

Por la complejidad del sistema se hacen necesarias líneas de investigación integrales, interdisciplinarias, que brinden alternativas en sus fórmulas de producción, disminución de riesgos y que esté acorde con la realidad social y económica de estas áreas.

Monsalve y Lotero (15) y Rodríguez (22), estudiaron el efecto residual del fósforo con un suelo de la Granja La Selva, usando individualmente el método de campo y de invernadero. En 1959, se instaló el trabajo de campo con un ensayo de rotación papa-pastos, la última aplicación de fertilizante se hizo en 1967 y un año después se tomaron muestras de suelo de las parcelas para el ensayo de invernadero; en éste, se usó lechuga romana. Presentan sus resultados por separado, los primeros concluyen que prácticamente -

no hubo efecto residual del P, haciéndose necesario aplicar di - cho elemento en cada cosecha y en cantidades relativamente altas, para producir buenos rendimientos. Rodríguez concluye que siempre y cuando se aplique N y K, a mayor cantidad de P en el suelo, mayor producción de pastos.

Finalmente, Turrent, Tobón y Díaz (23), en documento de trabajo presentan recomendaciones de fertilizantes para papa con resultados de experimentos realizados directamente en parcelas de agricultores, para cuatro sistemas de producción, caracterizados por los factores inmodificables de topografía, grado de erosión y - drenaje.

IV. OBJETIVOS-ESTRATEGIAS-HIPOTESIS-SUPUESTOS

El objetivo de la presente investigación fue el de producir recomendaciones agronómicas, especialmente de fertilización, densidad de población y variedades para complementar la tecnología local de producción de los agricultores de papa y maíz, con fines de aumentar la productividad de los recursos: tierra, capital y trabajo.

Conocidas las formas de explotación de la tierra y de la mano de obra en la región de estudio, con mayor amplitud mostradas en el Estudio Socioeconómico realizado por el ICA, Bernal (2), y cuyas características sobresalientes para nuestro interés inmediato, son: el predominio de pequeños propietarios (83%), que en la época de la colonización explotaban familiarmente parcelas de subsistencia, continúa aún vigente. El tamaño familiar promedio de la zona determinado fue de 8 miembros, donde el 83% del total se encuentran entre 1 y 24 años de edad, tratándose así de una población joven. Dado el conjunto de circunstancias sociales, si esta población joven no logra ubicarse favorablemente en la estructura de producción del área, forzosamente tiene que emigrar y parte de esta mano de obra va a ser absorbida e incorporada en los estratos de baja calificación de las empresas industriales antioqueñas. Sin embargo, en el aspecto agrícola tradicional podría suponerse que es una mano de obra de buena calidad, además de ser suficiente, en el sentido que el 52% es económicamente activa.

Con las consideraciones anteriores, se decidió hacer investigación

agrícola, con la prioridad de no desplazar mano de obra, plan - teándose la siguiente estrategia para el año de trabajo de 1971:

concentrar los recursos de la investigación en el estudio de la respuesta de la papa y el maíz a las dosificaciones de nitrógeno fósforo, potasio, densidad de población, formas de siembra, va - riedades, épocas de siembra y manejo. Consecuentes éstas, en par te con la estrategia que aparentemente han adoptado los agricultores de sobrefertilizar la papa, para asegurar rendimientos máxi - mos, con el optimismo de lograr buenos precios dentro de un mercado con fuertes variaciones de los precios de papa, así como el de aprovechar los residuos de esta fertilización para el cultivo siguiente: maíz.

Se adoptó la posición de que los factores enumerados serían los - más sensibles a las condiciones de producción de los agricultores a nivel de sitio experimental. En cambio, factores como formas - de aplicación de fertilizante, sistemas de siembra, serían poco - sensibles y en estos casos, se aprovecharía la experiencia de los agricultores y de la experimentación realizada por los centros - experimentales del ICA.

Para el sistema agrícola A: papa-papa-papa...(3 ó más años) - maíz-pastos (3 ó más años) papa-papa... etc., practicado especialmente en La Unión y La Ceja, las bases de este sistema parecen - ser:

a) No se puede sembrar papa en el mismo lugar dos veces al año en

más de 3 años consecutivos, debido a la acumulación de inóculo de enfermedades en el suelo, como el "moko", causadas por Pseudomonas o Erwinia y de la "macana", causada por el hongo Rosellinia; por tanto, debe cambiarse de especie.

b) Si se sobrefertiliza la papa, los residuos son captados por - el maíz y el pasto.

c) Después de unos (3 ó más) años con pasto y cuando se considera, según la experiencia del agricultor, de que el inóculo de enfermedades del suelo ha disminuído, regresa a las siembras de papa en monocultivo.

La fertilización del primer semestre de papa: N,P,K dejará residuos para el segundo semestre y éste al tercero, que se irán acumulando hasta la sexta siembra consecutiva de papa, si es posible debido a la incidencia de las enfermedades. A la vez, la productividad de papa disminuye debido a la acumulación de inóculo. También la presencia del inóculo interacciona con el semestre en que se siembra la papa: comenzando en diciembre o empezando en julio, debido probablemente a los regímenes de lluvia, de energía y - otras no determinadas.

De aquí surgen las hipótesis para este sistema de cultivo, denominado Monocultivo de papa:

1. Hay residuo del fertilizante N,P y K al pasar de la i^{ava} a la $(i+1)^{ava}$ siembra consecutiva de papa.

2. Estos residuos interaccionan, desde luego, que negativamente con las dosis del mismo elemento aplicados en la siguiente siembra y positivamente con los otros elementos.

3. La respuesta a los fertilizantes de la i^{ava} y la $(i+1)^{ava}$ siembra, interacciona negativamente con la incidencia de enfermedades del suelo.

S u p u e s t o s

1) Las prácticas de cultivo tradicionales del agricultor seguirán siendo razonables cuando se modifiquen las fertilizaciones y las variedades, para la respuesta a los factores aplicados.

2) La variedad de papa ICA/Puracé usada, era la adecuada para las condiciones de la zona y podría manifestar la respuesta a los estímulos aplicados.

3) La densidad de población de papa usada por los agricultores, y que es la misma recomendada por el ICA, es la adecuada para observar la respuesta a los estímulos aplicados.

Para el sistema agrícola B: (papa-maíz-frijol, en relevo) y sigue (maíz-frijol) en relevo, dentro de un ciclo de 2 años.

Algunas de las bases de este sistema parecen ser:

a. Cuando se sigue la regla local de la fecha de siembra, ya mencionada en la descripción de este sistema, el maíz no afecta a la papa, pero el desarrollo de la papa si afecta al maíz.

b. Si el maíz se sembrara antes de lo que la regla local indica, se afectaría negativamente el desarrollo de la papa.

c. La fertilización de papa deja un residuo al maíz y probablemente algo al frijol, y

d. La variedad de maíz debe ser de ciclo largo para que resista sin acamarse, la carga del frijol de enredadera.

De aquí surgen las hipótesis para este sistema de relevo, en el ciclo correspondiente a papa-maíz-frijol:

1) La fertilización de la papa deja suficiente residuo de P y de K al maíz, más no deja suficiente N.

2) La densidad de población de maíz limita la producción del mismo grano, ~~según la práctica local, cuando se elimina la deficiencia de N al maíz~~.

3) Cuando se sigue la regla local de fechas de siembra, el maíz no afecta el desarrollo de la papa.

S u p u e s t o s

Los anteriores son igualmente válidos para este sistema, además de que los maíces criollos e ICA H-452 usados, son los adecuados y podrían manifestar la respuesta a los estímulos aplicados.

Para comparación de sistemas agrícolas, con las experiencias adquiridas en los Centros Experimentales del ICA, cuyos resultados son presentados en la revisión bibliográfica, se decidió probar -

las siguientes hipótesis:

El sistema de monocultivo de papa, ó maíz o frijol, es de superior rentabilidad que los sistemas en relevo o asociación de los mismos cultivos.

Es decir, en vez de sembrar maíz criollo, con su baja densidad de población en el sistema de relevo: (papa-maíz-frijol), sería mejor destinar terreno por separado a un solo cultivo anual de maíz, con alta densidad de población, con híbrido altamente tecnificado. Para frijol se abandonaría el frijol de enredadera y en su lugar se sembrarían dos ciclos (monocultivo) de frijol arbustivo, también llamado frijol de mata.

S u p u e s t o s

1) Las prácticas de cultivo de los agricultores, para todos los sistemas de cultivo, son los adecuados para las respuestas a los estímulos aplicados.

2) La densidad de población de papa tradicional es la adecuada y no limita el desarrollo de los demás cultivos.

3) El tratamiento 100-450-100 Kg/Ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente, más 10 toneladas de gallinaza por hectárea, aplicados a la papa en monocultivo, alcanzaría el rendimiento potencial de fertilidad, es decir, que no falta ningún elemento mineral esencial.

4) El tratamiento 100-100 Kg/Ha de N y P_2O_5 más 10 toneladas de -

gallinaza por hectárea aplicados al maíz criollo en el sistema maíz-frijol en relevo y también en el monocultivo de maíz ICA H-452, alcanzaría el rendimiento potencial de fertilidad.

5) El tratamiento 40-150-40 Kg/Ha de N, P_2O_5 y K_2O más 10 Ton/Ha de gallinaza, aplicados al monocultivo de frijol de mata, alcanzaría el potencial de fertilidad.

6) El tratamiento de 80-240-80 Kg/Ha de N, P_2O_5 y K_2O más 10 Ton/Ha de gallinaza, aplicados a la papa en el sistema papa-maíz-frijol en relevo, así como para el sistema papa-frijol de mata-maíz-frijol asociados los dos primeros y relevo el complejo, alcanzaría el rendimiento potencial de fertilidad.

7) Los genotipos usados de papa ICA Puracé, maíz ICA H-452, frijoles y maíces criollos, eran los adecuados para las condiciones de la zona y podrían manifestar la respuesta a los estímulos aplicados.

El sistema de producción ha sido definido por Laird, citado por Torrent (23), como:

> "una parte del universo en la que los factores inmodificables de la producción de un cultivar, son razonablemente constantes".

Los factores inmodificables de la producción se contaron: la morfología y geomorfología del suelo, así como los regímenes de lluvia y esta última en términos de probabilidad.

Con fines de desarrollar tecnología que sea sensible a la varia-

bilidad local en las condiciones inmodificables de la producción, resulta de interés probar la hipótesis respecto a la diferencia en sistemas de producción de papa o maíz.

Las observaciones preliminares de campo mostraban diferencias en producción de los cultivos. Para medir la variabilidad entre sitios con el cultivo de papa y maíz por separado, se probaron las siguientes hipótesis:

1. Los regímenes de sequía y las propiedades físicas, químicas y morfológicas de los suelos afectarían las respuestas de la papa y el maíz al N,P y K.

2. La fertilidad nativa en términos de N,P y K, limita la producción de papa y maíz.

3. La variación en la respuesta a N,P y K en ambos cultivos por separado, es menor dentro de los sitios experimentales que entre los mismos sitios.

S u p u e s t o s

1) Las prácticas de cultivo de los agricultores para ambos cultivos, son las adecuadas para la respuesta a los factores aplicados.

2) El tratamiento de 100-300-100 Kg/Ha de N, P_2O_5 y K_2O más 10 - Ton/Ha de gallinaza, alcanzaría el rendimiento potencial de fertilidad, en cualquier sitio experimental.

3) Los genotipos criollos que se usan en la zona para una condi -

ción dada de un agricultor, prosperaría satisfactoriamente en condiciones geográficas vecinas de producción.

En el segundo año (1972), bajo supuestos similares, se escogió la estrategia de profundizar más en la respuesta de la papa a los nutrimentos N,P,K y además la respuesta de la papa y el maíz a los elementos menores, utilizando de base las experiencias del año anterior.

La hipótesis adicional sería: los nutrimentos calcio, magnesio y los micronutrimentos: Boro, Molibdeno, Zinc y Cobre, limitan la producción.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Características de los experimentos

Se decidió probar las hipótesis planteadas en el capítulo anterior, siguiendo el método de campo, situando los experimentos en parcelas de agricultores de la región que usaban la tecnología local de producción, descrita en el capítulo II.

En el Cuadro 3, se presentan las características generales de los experimentos, tratando de mostrar los espacios de exploración, observaciones sobre el diseño de tratamientos y objetivos de cada tipo, aunque varios tipos de experimentos pueden servir para probar una misma hipótesis y viceversa, como se mostrará en la presentación de resultados.

Además de los 47 experimentos presentados en el Cuadro 4, otros fueron sembrados, cada uno con diseño de tratamientos diferente, los cuales serán presentados en el apéndice. En tres de estos experimentos se probaban variedades de papa con 2 tratamientos de fertilización de los elementos mayores, además de Boro y Molibdeno. En otro experimento, se trataba de estudiar varias formas de siembra de papa, en otros 4 experimentos se estudiaba respuesta a N,P,K y densidad de población en maíz y, finalmente, en el último se comparaban 6 materiales de maíz, considerados por el Programa de Maíz del ICA, como promisorios, con 3 densidades de población, en un arreglo factorial de 6x3.

En todos los experimentos se usó el diseño de BLOQUES AL AZAR, y

CUADRO 3. Características Generales de los Experimentos

TIPO DE EXP. Y OBJETIVO	# DE EXP.	CULTIVOS	ESPACIOS DE EXPLORACION N	P_2O_5	K_2O	@	DP	VARIEDAD	OBSERVACIONES DE DISEÑOS
I Comparación Parcial de Sistemas Agrícolas 1971	1	PAPA	80	240	80	0	22 750	Puracé	La comparación consistió en considerar una parte del sistema agrícola más complejo y compararlo con sus variaciones hasta el sistema de un solo cultivo
			100	300	100	10			
		MAIZ	0	0		0	24 793	Criollo	
			0	0		10			
			100	100		0	45 000	ICA H452	
		FRIJOL	20	60	20	0		Criollos	
			40	120	40	5			
II Estudio de Fechas de Siembra de papa-maíz 1971	1	PAPA	100	300	100		22 750	Puracé	El experimento contenía 14 tratamientos, inicialmente concebidas para variar fechas de siembra en papa, en maíz y en frijol. Las fechas de siembra para papa fueron 1o. y 21 de feb. y 13 de marzo. El maíz se sembró el 19 de febrero, 10 de marzo y 1o. de abril.
		MAIZ	0	0	0		24 793	Criollo ICA H452	
III Respuesta de Papa a N,P,K y Residuos captados por Maíz 1971 y 1972	10	PAPA	0	0	0		22 750	Puracé	En 4 experimentos se probaron 4 niveles igualmente espaciados, con una matriz de cubo doble con prolongaciones. Los restantes era un factorial 2² de los factores N(40-80) y P_2O_5(120-240)
			150	450	90				
		MAIZ	0	0			25	Criollo ICA H452	
			90	180			45		

Para mejor información ver Diseño de Tratamientos en el Apéndice

CUADRO 3. Características ... (Cont.)

TIPO DE EXP. Y O B J E T I V O	# DE EXP.	CULTIVOS	ESPACIOS DE EXPLORACION N	P_2O_5	K_2O	G	DP	VARIEDAD	OBSERVACIONES DE DISEÑO
IV Estudio de Efecto residual en papa-papa	2	P A P A	50 100	200 300	50 100		25	Puracé	Los mismos factores-niveles se usaron para la 2a. siembra de papa, todo en un arreglo de un factorial 2^6, confundiendo la interacción de 6 factores en las 2 repeticiones y a su vez en estos se confunden la interacción de 5 factores en subrepeticiones
V Medir la Variación de la Respuesta de la papa a N,P,K en diferentes sitios	9	P A P A	50 100	150 300	50 100	0 10	25 000	Puracé	En arreglo factorial 2^3 para N-P-K y 4 tratamientos adicionales que corresponden a las mayores dosis de N,P,K más 10 Ton. de Gallinaza y los 3 restantes, el nivel cero de cada factor
VI Respuesta a Mg,Mo gallinaza y Reabono con Nitrógeno	5	P A P A	120 90+30 120 120	200 200 200 200	120 120 120 120	0 0 0 10	25 000 25 000 25 000 25 000	Mg Mo 0 0 0 0 40 2 0 0	En el segundo tratamiento, los 90 Kg/Ha de N, se aplicaron en la siembra y el resto de N al momento del aporque
VII Respuesta a NPK - DP y Variedad en Maíz	5	M A I Z	0 50	0 50	0 50		25 000 35 700	ICA H-452 Criollo	Para N,P, DP en arreglo factorial 2^3 - más 3 tratamientos adicionales con maíz ICA H-452

Obsérvese en Apéndice, lista de Tratamientos

CUADRO 3. Características ... (Cont.)

TIPO DE EXP. Y OBJETIVO	# DE EXP.	CULTIVOS	ESPACIOS DE EXPLORACION							VARIEDAD	OBSERVACIONES DE DISEÑO
			Mg	Mo	Zn	B	Ca	Cu	DP		
VIII Respuesta a Mg y elementos menores en maíz	7	M A I Z	0 200	0 1	0 20	0 10	0 0	0 0	35 000	Criollo	Arreglo factorial 2^4. Fertilización constante de 80-80 Kg/Ha de N y P_2O_5 respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en la aplicación, así: 2/3 a la siembra y 1/3 a los 50 cm de altura del maíz
IX Respuesta del maíz a Mg, Ca y elementos menores	7	M A I Z	0 200	0 1	0 20	0 10	0 200	0 10	35 000	Criollo	Se escogieron 7 tratamientos sin arreglo especial, además, el maíz llevó una fertilización constante igual al anterior tipo de experimento

Obsérvese en Apéndice, lista de Tratamientos

el número de repeticiones (varió entre 2 y 16, siendo lo común 4) limitado por las capacidades de área de los lotes facilitados por los agricultores. En 1971 para papa y maíz, en general, se usaron parcelas de 4 ó 5 surcos con 10 metros de largo y 1.10 M de ancho, se tomó como parcela útil los surcos centrales. Para 1972 en ambos cultivos, se decidió usar parcelas de 2 surcos con iguales dimensiones en ancho de surcos y 6 M de largo, basados en que se observó poco efecto de borde, aunque no cuantificado y además por la forma de aplicación del fertilizante, que fue en corona a cada mata; esto aunado al ancho de surco, el sistema de aporque o caballón usado por los agricultores, el espacio de exploración y de los fertilizantes estrecho (véase apéndice) usado en los tratamientos. Se cuidó de conservar el borde para los surcos laterales del experimento. Esto permitió obtener más repeticiones y por consiguiente, más información a nivel de sitio experimental, confiando que no se afectaba el tamaño mínimo óptimo de parcela. Durante el desarrollo de los cultivos se llevaron visitas periódicas con anotaciones del comportamiento de los ensayos. Se tomaron datos de maduración de maíz, conteos de floración y altura de plantas, sequía, se controlaron plagas y enfermedades.

Al momento de la recolección en papa se tomaron observaciones de número de matas cosechadas y faltantes, número de matas enfermas, peso de papas en 3 categorías por tamaño, peso de papas enfermas, correspondientes a las plantas enfermas, en kilogramos por parcela útil. En maíz se anotaron al momento de la recolección, observaciones de número de matas cosechadas de plantas, de plantas estéri

les, de mazorcas recolectadas, de mazorcas perdidas, porciento de grano en las mazorcas, porciento de humedad, porciento de daño - debido a plagas. Al final se calculó el rendimiento de grano - de maíz al 14% de humedad.

Los experimentos en su mayoría fueron muestreados para análisis - de suelo, cuyas determinaciones se efectuaron en el laboratorio de Suelos del ICA, en Palmira, Valle, ~~Colombia.~~

Adicionalmente en 7 experimentos se hizo una medición independiente de los errores debidos al muestreo y al proceso de determinación, dentro de un diseño jerárquico desbalanceado. Se muestreó el estrato de suelo de 0-20 cm. El procedimiento fue el de tomar una muestra de suelo compuesta de 10 submuestras al azar en - cada repetición, cuidando de cubrir el terreno en longitud y ancho, luego se hizo un remuestreo en dos repeticiones escogidas al azar en cada experimento (en algunos se remuestrearon más de dos repeticiones), para medir el error de muestreo. Finalmente, del total de muestras obtenidas se escogieron 21 al azar y de cada sitio experimental había por lo menos una muestra; cada muestra se mezcló varias veces para homogeneizarlas y después de extenderla sobre un papel limpio, se dividió en dos nuevas muestras, las cuales fueron identificadas y enviadas al laboratorio para análisis sin que éste conociera su procedencia. Con el valor de estas determinaciones repetidas sobre una misma muestra, podríamos estimar el error de "determinación".

Otras variables del sitio experimental fueron determinadas así:

Sequía, no se tuvo cuantificación exacta, sólo se califica la - presencia de marchitez o daños severos o ausencia total de ellos.

Topografía: se tomó discretamente plano y pendiente (menos de 10% y mayor de 10% respectivamente, en forma aproximada).

Profundidad de capa arable: se determinó en centímetros, tomando un promedio de varios puntos al azar en todo el sitio experimental.

En este capítulo en el Cuadro 4 se presenta una lista de varia - bles, su simbología, codificación y significado, también en la - sección 5.5. se hace una discusión sobre estas variables de sitio, su procedencia, sus características y el procedimiento estadístico para su selección.

Con respecto al manejo de los experimentos en general, estos fueron confiados a los agricultores participantes, bajo la supervi - sión y asesoría con visitas periódicas de los técnicos y auxiliares del ICA.

Se destacó especial interés en comunicar al agricultor participante y a sus vecinos de la importancia del ensayo, objetivos y responder a las preguntas formuladas por ellos, durante el desarrollo de los ensayos. Gracias a esta labor, fue posible conocer más detalles de su tecnología local de producción, por cierto muy desconocida para nosotros. Ningún experimento sufrió pérdidas por invasión de malezas, incidencia de enfermedades controlables, animales, etc., lo que consideramos un éxito para los agricultores.

CUADRO 4. Simbología, Significado y Codificación de Variables

SIMBOLO	S I G N I F I CA D O	CODIFICACION
R	Rendimiento de papa comercial	Ton/Ha
RG	Rendimiento de grano de maíz al -14% Hum.	Ton Ha
N	Nitrógeno aplicado al suelo	Kg Ha
P	Fósforo aplicado al suelo	Kg P_2O_5 , Ha
K	Potasio aplicado al suelo	Kg K_2O Ha
Ca	Calcio aplicado al suelo	Kg Ca Ha
Mg	Magnesio aplicado al suelo	Kg SO_4Mg Ha
Zn	Zinc aplicado al suelo	Kg SO_4Zn/Ha
Cu	Cobre aplicado al suelo	Kg SO_4Cu/Ha
Mo	Molibdeno aplicado al suelo	Kg SO_4Mo/Ha
pH	pH o reacción del suelo	pH
Cas	Calcio del suelo	m.e./100 gr suelo
Mgs	Magnesio del suelo	m.e./100 gr suelo
Ks	Potasio del suelo	m.e./100 gr suelo
Al	Aluminio del suelo	m.e./100 gr suelo
MO	Materia Orgánica del suelo	% (Porciento)
PBRAY 1	Fósforo por Bray I	ppm
PBRAY 2	Fósforo por Bray II	ppm
POLSEN	Fósforo por Olsen	ppm
PTRUOG	Fósforo por Truog	ppm
TOP	Topografía, plano o pendiente	ortogonal -1,+1
PF	Profundidad de capa arable	cm
DP	Densidad de población	miles de plantas/ Ha
VP	Variedad de papa	ortogonal -1,+1
VM	Variedad de maíz, criollo e ICA	ortogonal -1,+1
Z	Zona A: Unión, B: Rionegro, Marinilla, Carmen	
	C: Guarne y San Vicente	ortogonal -1,+1
SIS	Sistema de cultivo: monocultivo y relevo	ortogonal -1,+1
SEQ	Sequía, presencia y ausencia	ortogonal -1,+1

5.2. Prácticas de Cultivo y Fuentes de Fertilizantes Usados

Las formas de siembra de papa en general fueron las utilizadas - por los agricultores de la región. Inicialmente la semilla de - papa fue suministrada por el Programa de Tuberosas del ICA en - cantidad y calidad satisfactorias. Sólo cuando los tubérculos - eran de gran tamaño, se decidió partir la semilla y prevenir la herida contra pudriciones, con fungicidas.

Las distancias de siembra en general, fueron de 1.10 M x 0.40 M. Para evitar quemar los tubérculos con el fertilizante se puso - una cubierta inicial de tierra, luego se aplicó el fertilizante en corona a cada mata, y se tapó la semilla, en forma de caballón. En la germinación, que ocurrió en promedio a los 20 días en toda la zona, se tuvo especial cuidado de defenderla desde ese momento de las enfermedades y plagas. A los 60 días se hizo el aporque - con aterrado final, que coincide con una eliminación de malezas. Ninguna eliminación de malezas se hace más en todo el desarrollo del cultivo. Durante el desarrollo del cultivo se eliminaron las matas con síntomas severos de enfermedades del suelo, para evitar mayor contaminación de los lotes.

En el cultivo del maíz, cuando se asoció con papa o en relevo se sembró con azadón lateralmente a la papa, en la base del caballón, en los períodos de aporque de la papa, en la floración de la papa o un poco después de la floración, según los propósitos del ensayo. La regla local de siembra son los dos últimos períodos. El fertilizante fosfórico fue aplicado al momento de la siembra, ma-

teado, el nitrógeno se aplicó cuando el maíz tenía una altura de 50 centímetros, o cuando se hiciera la recolección de la papa y después del aporque del maíz.

Para asegurar una buena población, se decidió sembrar 4 ó 5 granos de maíz por sitio y luego eliminar las sobrantes, según la densidad de población de maíz planeado en cada ensayo. En los primeros ensayos esta eliminación de matas sobrantes se hizo cuando las plantas alcanzaron unos 10 cm; sin embargo, se observó que esta medida, usada comúnmente en monocultivo, causó en el sistema asociado y de relevo, fallas de población. Se decidió para los próximos ensayos hacer esta eliminación cuando las plantas alcanzaron unos 25 cm de altura.

El control de plagas en maíz no fue un problema para el primer año; sin embargo, en el segundo año se presentaron trozadores sin incidencia grave. En el caso de fallas fuertes de población se hicieron resiembras con maíces criollos de los agricultores, considerados por ellos como "más rápidos".

En el aspecto de malezas se conservaron limpias las parcelas dando las mismas labores que el agricultor acostumbra en cada sitio, según la invasión y persistencia de éstas.

Las fuentes de fertilizantes usadas fueron: de N, urea con 46% de N, de fósforo superfosfato triple (46% de P_2O_5) y en potasio, el sulfato de potasio (60% de K_2O). Además, se usaron carbonato de calcio comercial, sulfatos de cobre, de magnesio, Borax y Molibdeno.

5.3. Procedimiento de Laboratorio

En muestras de suelo secadas al aire y tamizadas por una malla - de 2 mm, se realizaron las determinaciones químicas y físicas de: pH, materia orgánica, fósforo, cationes intercambiables y textura.

Los métodos químicos fueron los siguientes:

pH : Potenciométricamente, con electrodo de vidrio, usando una relación suelo:agua de 1:1, por volumen.

Fósforo Bray I: Solución extractora de fluoruro de amonio .03 N y HCL .025 N.

Fósforo Bray II: Solución extractora igual a la anterior, pero el ácido clorhídrico con .1 N.

Fósforo por OLSEN: Solución extractora de carbonato de sodio de - normalidad .5 N a un pH de 8.5.

Fósforo por Truog: con solución extractora de ácido sulfúrico .002 N taponada a pH 8. con sulfato de amonio o sulfato de potasio.

Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio (Aluminio), en miliequivalentes - por 100 gramos de suelo usando como solución extractora el acetato de amonio normal y neutro. Las determinaciones de calcio y magnesio se hicieron por titulación con Versenato. El Sodio y el Potasio, se determinaron por fotometría de llama. El aluminio se determinó por titulación con Hidróxido de Sodio, *duplazado en KCl*.

La materia orgánica se determinó por el Método de Walkley y Black con calentamiento espontáneo con Acido sulfúrico comercial, y oxidando la materia orgánica con Acido Crómico. El exceso de Acido Crómico se titula con una solución ferrosa.

5.4. Metodología de Análisis para Ajuste de Rendimiento.

Para todos los experimentos de papa se realizaron análisis de correlación simple y los siguientes gráficos:

1) Rendimiento por parcela vs. población real consechada
2) Rendimiento por parcela vs. número de plantas enfermas
3) Población real cosechada vs. número de plantas enfermas.

Las plantas enfermas se contaron al momento de la recolección y se consideró cuando el 50% o más de los tubérculos estaban afectados por "moko" y "macana" sin valor comercial. Además, se determinó el peso de estas papas enfermas.

Cuando las Gráficas 1 y 2 muestren baja asociación entre las variables, los experimentos se analizarán según el diseño. Si una de las gráficas sugiere una asociación con el rendimiento, o el coeficiente de correlación es significativo, se usará la variable correspondiente como covariable al realizar el análisis de covarianza. Si las dos gráficas y sus coeficientes de correlación sugieren relación con rendimiento, se tomará una como covariable y se ajustarán las medias de tratamientos por esa covariable; para este caso, población real cosechada y en el caso de plantas enfermas, su

corrección podría hacerse sumando el peso de las papas enfermas, bajo el supuesto que son independientes de tratamiento. Si la fluctuación entre parcelas es pequeña, podría eliminarse. La covariable que no mostrara variación entre parcelas se eliminaría como covariable.

Se hará un análisis de correlación de las variales experimentales de cada caso, con el peso de papas enfermas para determinar su grado de asociación.

En maíz se calcularan coeficientes de correlación entre todas las variables y observaciones medidas, además se graficarán:

1) Rendimiento de grano vs. número de matas cosechadas
2) Rendimiento de grano vs. número de plantas cosechadas

La Gráfica 1 se haría sólo en aquellos experimentos donde la densidad de población no era una variable experimental. Si las gráficas sugieren baja asociación, análogamente como en papa, los experimentos se analizarán según su diseño. Si sugieren alta correlación significativa, el rendimiento será corregido por la fórmula empírica siguiente, la cual fue propuesta en Iowa (E.U.A.), para corrección de producción de maíz por matas:*

$$RG = R \times \frac{M - 0.3\ N}{M - N}$$

*Citado por: Laird, R.J., Moisés Guillén y Rodolfo Peregrina, 1955. "Fertilizantes comerciales y densidad óptima de población para maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. Folleto Técnico No. 16, p:20.

donde:

RG = Rendimiento de grano por parcela (corregido)
R = Rendimiento de grano por parcela
M = Número de matas planeado
N = Número de matas perdidas o faltantes.

5.5. Características, medición y procedimiento estadístico para selección de Variables de Sitio

En varios sitios experimentales la respuesta del cultivo estará en parte, en función de las variables controladas experimental - mente (variables experimentales), o factores que están siendo estudiados. Ejemplo: aplicación de N. Sin embargo, la variación - de producción entre los sitios y aún dentro de ellos, parte de la respuesta se debe a variación de los niveles de factores diferentes a las variables experimentales y que son característicos del suelo; por ejemplo: Niveles de N del suelo, reacción del suelo, - profundidad, etc, otras son variaciones ecológicas de carácter - climático, como los regímenes de lluvias y temperaturas. Estas variables son denominadas "variables de sitio".

Como el mayor interés en la interpretación de resultados de una serie de experimentos es la determinación de una ecuación general de rendimiento, con un modelo de respuesta entre rendimiento y variables experimentales que permitan estimar el rendimiento en todos - los sitios; esta función de respuesta debe ser afectada a través - de interacciones reales entre las variables de sitio y las varia - bles experimentales controladas.

Algunas de estas variables de sitio son incontrolables económica -

mente; sin embargo, su medición es posible, ejemplo: profundidad del suelo, sequía, topografía, etc. Podrán estimarse los parámetros de su distribución sobre el tiempo para el caso de sequía, heladas y lluvias. Otras variables de sitio podrán ser controlables económicamente, es decir, pueden modificarse en parte, ejemplo: cambios de pH por encalamiento, elevación del nivel de N en el suelo por aplicaciones de N o por aplicaciones de gallinaza.

En una serie de experimentos, gran número de variables de sitio - pueden ser medidas, especialmente algunas que el investigador considera de gran valor. Ahora, el problema principal con estos datos es decidir cuáles variables de sitio deben entrar en el conjunto de datos que servirá para estimar la ecuación de regresión generalizada.

Esta decisión no es fácil, principalmente debido a errores en las variables, Estrella (5). Algunas características podrán medirse casi sin error; sin embargo, variables que caracterizan propiedades del suelo como pH, N del suelo, etc., no es posible, por el - momento, medirlas sin error.

En la práctica sabemos que hay diferencia en los resultados de - las determinaciones de análisis de suelos, tanto en el muestreo - como en la repetición del análisis. Es decir, si tomamos una - muestra de suelo compuesta en un terreno, recolectada al azar, y posteriormente se remuestrea también al azar el mismo terreno, y si luego estas dos muestras se dividen cada una y se envían al laboratorio las 4 muestras para análisis, y si el proceso se repite

en varios sitios, se obtendrán resultados diferentes. Así, las inferencias quedan afectadas por errores que se expresan en términos de estados de probabilidad, sujetos a repeticiones del proceso aleatorio.

La determinación de las propiedades físicas y químicas se considera que incorpora la variación al azar al valor "verdadero" de las variables.

Una fuente de error podría ser cambios de los reactivos, equipo, manipulación, etc. Este conjunto de errores los denominamos: - "Error de determinación". Otra fuente de error es la debida al - muestreo, y esto puede ocurrir por variaciones de estas propiedades en las dimensiones del terreno: ejemplo tomar muestras más - profundas, heterogeneidad nativa en las propiedades del suelo, - además del "Error de determinación". Este conjunto de errores - los denominamos: "Error de Muestreo".

Para ambos tipos de Error, estaríamos en real dificultad de determinar la fuente de error, cuantificarla y eliminarla. Así, una característica determinada en varios sitios, tendrá una componente de variación sistemática debida a la diferencia real de niveles en los valores de la variable, además de una componente de variación al azar, debida al muestreo y/o a la variación en la determinación.

¿Qué procedimiento seguir para la corrección?

Una forma podría ser cuantificar e identificar algunos tipos de - errores. La decisión sobre los datos erróneos podría ser simple:

eliminarlos y estaríamos ante el peligro de quedarnos sin datos y desperdiciar esta información. Otra forma sería, algún artificio, que permita seleccionar valores más representativos que los datos "verdaderos". También podrían ser escogidos según el juicio de personas bien experimentadas, en el contenido y significado de los datos. Esta práctica se realiza, pero présenta problemas aparte de la subjetividad en conseguir personas con experiencia para varios sitios y regiones.

Otra forma sería recurrir a las conocidas estadísticamente como - pruebas de hipótesis, donde se establecen estados de probabilidad (Error Tipo I y Error Tipo II), además, pueden establecerse intervalos de confianza y/o índices de confiabilidad.

Varios casos de errores en las variables se presentan como el de correlaciones lineales entre algunas variables de sitio, por ejemplo, es conocido que el N es aproximadamente un 1/20 de la materia orgánica total en los suelos; es decir, hay correlación lineal, entre estas dos características químicas del suelo.

En el método de regresión convencional, esta situación crea problemas y sería necesario usar otros métodos de regresión. Esta situación puede obviarse, usando sólo una de las variables. Este - criterio lo usaremos en el presente trabajo. Otro criterio es el eliminar aquellas variables que presenten espacios de exploración muy estrechos.

Un tercer criterio que se usará será el análisis jerárquico del estudio de muestreo de suelos, realizado en 7 experimentos, usando el análisis de varianza, para el caso de desigual número de observaciones en las celdas.

En la presentación de resultados se presentará la tabla de análisis de varianza, para el caso que nos ocupa.

Ante la no evidencia de distribución normal de los errores, no haremos pruebas de hipótesis con el estadístico F, sino que se hará una estimación independiente de las varianzas de determinación y de muestreo, tomadas del cálculo de E(CM), así,

σ_d^2 = Varianza de error de determinación, σ_H^2 = Varianza debido a la heterogeneidad del terreno y, σ_s^2 = varianza de los sitios experimentales;

$\sigma_d^2 + (c\sigma_H^2) = \sigma_m^2$ = Varianza de error de muestreo.

σ_m^2, lo aceptamos como error experimental y también que las variabilidades obtenidas en estos siete experimentos, son de igual magnitud en todos los sitios experimentales.

Para seleccionar la variable usaremos la relación de:

σ_s^2 / σ_m^2 = o mayor de 5. ,

es decir, la componente de variación sistemática (σ_s^2) es 80% mayor que la componente al azar (σ_m^2).

5.6. Procedimiento Estadístico para los Experimentos de Papa y Maíz

Con los resultados de los rendimientos comerciales de papa y maíz individualmente se procederá a hacer análisis de varianza para cada experimento, con el fin de conocer los efectos de tratamientos y de repeticiones, además, desarrollar una opinión sobre la precisión experimental.

En los experimentos que presenten significancia estadística en tratamientos se realizarán gráficas con los rendimientos promedio de tratamientos vs. N,P,y K, individualmente y mediante ellos, seleccionar los posibles modelos de regresión, calcularlos y observar su ajuste. No se considerarán en la regresión los rendimientos con tratamiento de gallinaza, en ambos cultivos.

Los criterios de selección de Modelos en cada sitio, serán: el cuadrado medio del error experimental (CME), mejor ajuste gráfico con los valores reales obtenidos.

Se seleccionarán los rendimientos de los tratamientos, que según la diferencia mínima significativa al 5% (DMS), y el modelo de regresión para cada sitio, resulten ser los más "convenientes" para cada sitio, y con ellos se formarán grupos de experimentos con las variables de Zona, Topografía, Profundidad, Sistema de producción, intensidad de sequía, tratando de formar celdas con mayor información posible, para establecer posibles relaciones entre ellas.

Se hará un análisis de correlación con las variables del análisis químico de suelos, para observar su grado de asociación, haciendo nuevamente selección de estas variables. La razón de hacer esto, es seleccionar tratamientos en que las variables controladas experimentalmente no limitan el rendimiento y luego, buscar una asociación entre los rendimientos de ese tratamiento y algunas variables ambientales o sus complejos. Se espera que estos rendimientos (sin limitaciones) de los factores experimentales reflejen mejor el efecto de las variables inmodificables.

5.7. Ecuación de Regresión Generalizada

Con las variables seleccionadas, de acuerdo al modelo de regresión que "describe mejor" en la mayoría de los sitios experimentales, se calculará una ecuación de regresión generalizada (ECRG), para predecir rendimientos futuros en base a las variables seleccionadas. Esta ecuación permitirá probar la hipótesis sobre el efecto de las condiciones locales (sequía, profundidad, aluminio, etc) sobre la respuesta de la papa o el maíz a los factores modificables. Si por ejemplo, al probar la hipótesis de que las interacciones NxP y otras variables de sitio vale cero, podría pensarse que la respuesta a N sería independiente de las condiciones locales inmodificables.

También el trabajo sobre ECRG es para probar la hipótesis sobre el sistema de producción, enfocando a componentes de los sistemas agrícolas por separado. Por ejemplo: en el caso de papa, la hipótesis sobre los sistemas de producción está probada al calcular

la ECRG. Si algunos de los factores inmodificables del clima o del suelo, interaccionan con la respuesta de la papa a los factores controlados experimentalmente, entonces habremos encontrado evidencia de que no refuta las hipótesis sobre el sistema de producción.-

Para calcular la ECRG, parece ser que no existe un consenso entre los investigadores de estadística en Modelos Lineales, sobre la mejor técnica de selección de Modelos y los diferentes métodos de selección pueden llevar a conclusiones diferentes; es decir, a ECRG diferentes.

Se decidió usar el método de Selección de Regresión a Pasos (RP) (descrito en libros sobre Análisis de Regresión)*, debido a las siguientes consideraciones:

1) No sólo considera la aportación que brinda una variable al incluirla en el modelo, sino también considera la información de cada variable en el Modelo brinda, dado que existen ya nuevas variables en el Modelo. Así, puede ocurrir que una variable que brindó en un paso anterior "mucha" información y por ello fue incluída en un proceso posterior, su información puede ser anulada debido a que está implícita en nuevas variables que han sido incluídas en el Modelo. Así, se obtendrá al final del proceso un Modelo que contendrá el menor número de variables posibles, pues se han eliminado aquellas "redundantes" (implícitas en nuevas variables), pero que ha incluído a cada paso, las variables más importantes.

*Ejemplo: Draper, N.R. y H. Smith, 1966. Applied Regression Analysis. Ed. Wiley, New York, N.Y. p. 171.

2) Su tiempo de computación puede ser más eficiente que otras - técnicas de selección, para este fin, especialmente en los que se refieren a las técnicas de todos los Modelos posibles, y su ma de cuadrados predictiva (PRESS).

3) Facilidad de operación debido a que los datos inicialmente fueron codificados con miras a este trabajo y el sistema SAS, permite hacer fácilmente, inclusión de nuevas variables, así como, modificaciones, accesibles a personas sin mucha experiencia en computación.

5.8. Análisis de Experimentos sobre Sistemas, Formas de Siembra y Asociación o Rotación de Papa-Maíz

Para el caso del sistema de monocultivo de papa, las hipótesis se probaron por comparación de medi[illegible] de incidencia de enfermedades - en los ciclos consecutivos; además, se calcularon los efectos de las interacciones: residuo x aplicación reciente y se harán análisis de varianza de papa y maíz.

Con los datos de rendimiento corregidos, según el numeral 5.4 de este capítulo, se realizarán análisis de varianza, con rendimientos unitarios, con rendimientos en ingresos netos, para establecer los efectos de tratamientos y repeticiones, en los sistemas - de asociación y de relevo.

5.9. Análisis Económico

Para finalizar y lograr el objetivo propuesto en papa y maíz, se - estimarán las dosis óptimas económicas (D.O.E.) de los insumos Ni-

trógeno, Fósforo, Potasio, Densidad de Población, si aparecieren en el modelo obtenido por el procedimiento RP.

Sustituyendo los valores de las variables de sitio, en la ecuación empírica generalizada, se tiene la ecuación específica para el lugar en términos de N,P,y K. Las derivadas parciales de rendimiento, con respecto a cada insumo, se igualarán a su correspondiente relación costo-beneficio, así:

$$\frac{\partial R}{\partial N} = \frac{P_N}{P_R} \quad , \quad \frac{\partial R}{\partial P} = \frac{P_P}{P_R} \quad , \quad \frac{\partial R}{\partial K} = \frac{P_K}{P_R}$$

$$\frac{\partial R}{\partial DP} = \frac{P_{DP}}{P_R} \quad , \text{ donde:}$$

P_N = Costo global de aplicar un kilogramo de Nitrógeno

P_P = Costo global de aplicar un kilogramo de P_2O_5

P_K = Costo global de aplicar un kilogramo de K_2O

P_{DP} = Costo de 1 000 plantas/Ha

P_R = Precio Neto del Producto

Finalmente, podrán hacerse generalizaciones según algunos aspectos climáticos, edafológicos, principalmente.

Si se presentaren problemas de análisis por la gran cantidad de datos (1 500 parcelas de papa y 1 444 parcelas de maíz, cada una con 20 variables cuantificadas), podría usarse las medias de tratamien

tos de cada experimento para la obtención de la ecuación de re - gresión.

Si se presenta una ecuación que no permite obtener un máximo y, por consiguiente, ofrece resultados ilógicos en las dosis de N, P,K y DP óptimas económicas, se usará el método sugerido por el Dr. A. Martínez Garza,* para funciones de producción anómalas.

*Martínez Garza, A., 1971. Aspectos Económicos del Diseño y Análisis de Experimentos. Colegio de Postgraduados. p: 32-35.