

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS  
DIVISION DE POSTGRADO



EVALUACION DE CARACTERISTICAS  
MORFOFISIOLÓGICAS Y DE PRODUCTIVIDAD  
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD  
ALPHA PROVENIENTE DE DIFERENTES  
CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS

TESIS

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN BOTANICA

PRESENTA

GLORIA ESTELA TERAN SARABIA

MONTERREY, N. L.

MARZO, 1995

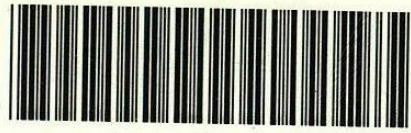
TM

Z5320

FCB

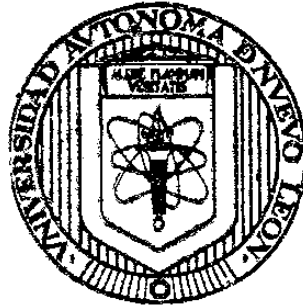
1995

T4



1020091522

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**DIVISION DE POSTGRADO**



**EVALUACION DE CARACTERISTICAS  
MORFOFISIOLÓGICAS Y DE PRODUCTIVIDAD  
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD  
ALPHA PROVENIENTE DE DIFERENTES  
CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN BOTANICA**

**P R E S E N T A**

**GLORIA ESTELA TERAN SARABIA**

**MONTERREY, N. L.**

**MARZO, 1995**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISION DE POSTGRADO

EVALUACION DE CARACTERISTICAS MORFOFISIOLÓGICAS Y DE  
PRODUCTIVIDAD DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ALPHA  
PROVENIENTE DE DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS.

TESIS

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

GLORIA ESTELA TERAN SARABIA

COMISION DE TESIS

PRESIDENTE (DIRECTOR):

  
\_\_\_\_\_  
DR. RATIKANTA MAITI

SECRETARIO:

  
\_\_\_\_\_  
DRA. HILDA GAMEZ GONZALEZ

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
DRA. JULIA VERDE STAR

ASESOR EXTERNO:

  
\_\_\_\_\_  
DR. EDGAR QUERO GUTIERREZ

MONTERREY, N.L.

MARZO, 1995

TM  
25320  
FCB  
1995  
T4



FONDO TESIS

167086

**DEDICATORIA**

**A MI ESPOSO E HIJOS  
POR SU CARIÑO Y COMPRENSION.**

**A MIS PADRES  
POR DARME TODO.**

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y en especial al Departamento de Nuevas Tecnologías para la Agricultura, en el cual tuve la oportunidad de desarrollar este trabajo.

Al Departamento de Botánica por el apoyo en la elaboración de este estudio.

A Edgar Quero Gutiérrez autor original de la idea y bajo cuya dirección externa se realizó esta investigación, por creer en mí, permitir desarrollarme como persona y profesionista.

Al Dr. Ratikanta Maiti por su dirección interna, ayudarme en la elaboración del trabajo y a veces regañarme para siempre terminar lo emprendido.

A la Dra. Hilda Gámez González y Dra. Julia Verde Star por formar parte de la Comisión de Tesis y la revisión al escrito original.

A mis compañeros y amigos.

GRACIAS.



## INDICE GENERAL

	PAGINA
RESUMEN . . . . .	iv
INTRODUCCION . . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	3
ANTECEDENTES . . . . .	4
El Cultivo de Papa . . . . .	4
Origen . . . . .	4
Antigüedad . . . . .	4
Diversidad genética . . . . .	4
Domesticación . . . . .	5
Morfología de la planta . . . . .	5
Fisiología de la papa . . . . .	7
Desarrollo de la papa . . . . .	7
Factores Ambientales que Influyen en el Crecimiento y Desarrollo de la Papa . . . . .	8
Altitud . . . . .	8
Temperatura . . . . .	8
Humedad . . . . .	9
Fotoperíodo . . . . .	9
Suelo . . . . .	9
Utilización de la Tecnología Agrícola . . . . .	10
Riego por Goteo . . . . .	10
Acolchado de Suelo . . . . .	11

	PAGINA
Azufre en las Plantas . . . . .	14
Función del azufre . . . . .	15
El azufre en el crecimiento y productividad . . . . .	16
Regulador de Crecimiento MC1 . . . . .	17
MATERIALES Y METODOS . . . . .	18
Localización del Sitio Experimental . . . . .	18
Material Biológico. . . . .	18
Protocolo Experimental . . . . .	18
Tratamientos Considerados en el Estudio . . . . .	19
Análisis de Datos . . . . .	19
Variables Consideradas . . . . .	21
Aspectos Morfológicos y de Rendimiento . . . . .	21
Aspectos Anatómicos . . . . .	21
Aspectos Fisiológicos . . . . .	21
Aspecto Bioquímico . . . . .	23
RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	24
Respuesta de las Características Morfofisiológicas y de Productividad a la Aplicación Sistemática de Diferentes Condiciones Agrotecnológicas, en Plantas Progenitoras y Progenie de Papa. . . . .	24
Producción de Tubérculo Fresco. . . . .	24
Producción de Tubérculo Seco . . . . .	31

	PAGINA
Producción de Biomasa Aérea en	
Plantas de Papa . . . . .	34
Grosor de Tallo en Plantas de Papa . . . . .	37
Asimilación de CO <sub>2</sub> en Plantas de Papa . . . . .	40
Características Morfofisiológicas y de Producción	
de la Progenie Proveniente de Diversos Niveles	
Agrotecnológicos . . . . .	44
Densidad Estomática . . . . .	44
Clorofila en las Hojas de la Planta	
de Papa . . . . .	47
Características Fisiológicas que Influyen	
en la Producción de Tubérculo de Papa . . . . .	51
Características Morfoanatómicas que Influyen	
en la Producción de Tubérculo de Papa . . . . .	52
Análisis Comparativo de las Características	
Morfofisiológicas y de Productividad de Plantas	
Progenitoras y su Progenie Resultante de la	
Aplicación de Diferentes Condiciones	
Agrotecnológicas . . . . .	53
Análisis de las Características Morfofisiológicas	
y de Producción de la Progenie Resultante de la	
Aplicación de Diferentes Condiciones	
Agrotecnológicas . . . . .	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	62
LITERATURA CITADA . . . . .	64
APENDICE 1 . . . . .	79

## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Comportamiento de la Producción de Tubérculo Fresco con Aplicación de Azufre y MC1 en Condiciones de SD y AS en Plantas Progenitoras y su Progenie . . . . .	26
Figura 2. Comportamiento de la Producción de Tubérculo Seco con Aplicación de Azufre y MC1 en Condiciones de SD y AS en Plantas Progenitoras y su Progenie . . . . .	32
Figura 3. Respuesta de la Biomasa Aérea a la Aplicación de Azufre y MC1, Condiciones de SD y AS en Plantas Progenitoras y su Progenie . . . . .	36
Figura 4. Comportamiento del Grosor de Tallo con Aplicación de Azufre y MC1 en Condiciones de SD y AS en Plantas Progenitoras y su Progenie ..	38
Figura 5. Asimilación de CO <sub>2</sub> en Plantas Progenitoras y su Progenie con Aplicación de Azufre y MC1 en Condiciones de SD y AS . . . . .	41
Figura 6. Comportamiento de la Densidad Estomática Abaxial de la Hoja Proveniente de la Aplicación de Azufre, MC1, SD y AS. . . . .	44
Figura 7. Comportamiento de la Relación entre la Densidad Estomática Abaxial/Adaxial Proveniente de la Aplicación de Azufre, MC1, SD y AS . . . . .	46
Figura 8. Contenido de Clorofila Total en Hojas de Papa Provenientes de la Aplicación de Azufre, MC1, SD y AS . . . . .	48
Figura 9. Comportamiento de la Relación de la Clorofila a/b en hojas Provenientes de la Aplicación de Azufre, MC1, SD y AS . . . . .	49

Figura 10. Relación de la Producción de Tubérculo con  
la Clorofila Total y la Asimilación de CO<sub>2</sub>. . . . . 51

Figura 11. Respuesta de la Producción de Tubérculo,  
al Grosor del Tallo y la Relación de la  
Densidad Estomática Abaxial/Adaxial . . . . . 53

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y en el Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con la finalidad de conocer la respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Alpha a la aplicación de agrotecnología como es el acolchado de suelos, fertilización con azufre elemental y regulador MCl.

Se estudió el comportamiento de las variables de producción (tubérculo fresco y seco), biomasa aérea, grosor de tallo y asimilación de CO<sub>2</sub> de las plantas a las que se le aplicó agrotecnología (progenitoras) y su progenie. Se evaluó en la progenie la densidad estomática en la superficie foliar abaxial, la relación entre la densidad estomática abaxial/adaxial, el contenido de clorofila total y la relación de clorofila a/b; además de relacionar la producción con el contenido de clorofila total y asimilación de CO<sub>2</sub>, así como la vinculación de producción con el grosor de tallo y la relación entre la densidad estomática foliar de la superficie abaxial/adaxial.

Las plantas progenitoras mostraron ser mas vigorosas que su progenie en cuanto a tener mayor producción de tubérculo fresco y seco, así como la biomasa aérea y grosor de tallo en condiciones de suelo desnudo y acolchado de suelos.

La progenie proveniente de acolchado de suelo mostró menor respuesta que el suelo desnudo, en la densidad estomática abaxial, la relación estomática abaxial/adaxial, clorofila total y relación clorofila a/b; resultando inverso con la aplicación de azufre y regulador MC1.

La aplicación de azufre y regulador MC1 a las plantas progenitoras en suelo desnudo repercuten en una producción comparable a la de las plantas con acolchado de suelos. El acolchado de suelos proporciona condiciones adecuadas para que el azufre se encuentre en forma disponible encontrándose mayor grosor de tallo y Biomasa aérea.

El azufre y regulador MC1 aplicado a las plantas progenitoras se manifiesta en la progenie encontrando una mayor diversidad en la expresión genética.

La producción de tubérculo esta relacionada con el contenido de clorofila total y la asimilación de  $CO_2$ , así como vinculado con el grosor de tallo y la relación estomática abaxial/adaxial.

Se encontró mayor diversidad en el análisis estadístico en la progenie que en las plantas progenitoras.

## INTRODUCCION.

La importancia del cultivo de la papa radica en la gran versatilidad en la utilización de los tubérculos, los cuales son apreciados como fuente de almidón contribuyendo en calorías a la dieta por el contenido de carbohidratos, alimento para los animales y en menor escala para la obtención de alcohol (Beukema y Van der Zaag, 1990), por lo cual es una actividad económica redituable.

Las plantas cuentan con tejidos especializados (Fahn, 1989), mismos que desempeñan procesos biológicos específicos cuya actividad y eficiencia están directamente relacionados con la productividad, adaptabilidad y tolerancia al agobio causado por factores ambientales adversos, así como a las plagas y enfermedades.

Se ha tratado de suplir y controlar las limitaciones y deficiencias a las que están expuestas las plantas, por medio de tecnología agrícola, desde el mejoramiento genético hasta la producción en invernaderos completamente automatizados, sin embargo la tecnología carece de una integración que permita a los cultivos expresar al máximo los procesos biológicos (fotosíntesis, crecimiento, desarrollo, metabolismo, etc), involucrados en la productividad.

La agrotecnología proporciona condiciones favorables para que las plantas expresen su potencial genético a través de la



producción en cantidad y calidad tanto de biomasa como de cosecha (Quero, 1985); sin embargo se desconocen en gran medida los impactos de los diferentes niveles agrotecnológicos sobre la estabilidad y continuidad de los procesos biológicos involucrados en la productividad. Los actuales sistemas de producción demandan tecnología eficiente para mejorar la cantidad y calidad de la cosecha, la única manera viable para lograr esto es el conocimiento del comportamiento morfofisiológico y estructural de las plantas que lleven al control de los procesos biológicos, a través de la evaluación del impacto de la agrotecnología sobre la estabilidad, fisiología y productividad de la planta.

Al aplicar las técnicas agrobiológicas se esperan diferentes respuestas fisiológicas y de la productividad de la papa, a través de su expresión genética. La técnica del acolchado de suelos, uno de los niveles agrotecnológicos, induce modificaciones en los factores bióticos y abióticos del ambiente de desarrollo del cultivo; otras son la fertilización del cultivo con azufre elemental y la aplicación foliar de una formulación reguladora del crecimiento llamada *MC-1*, con las cuales se pretende modificar el comportamiento morfofisiológico, manteniendo constantes la lamina de riego, fertilización mineral y carbónica ( $H_2CO_3/CO_2$ ).

### OBJETIVOS

Evaluar los impactos de los diferentes niveles agrotecnológicos sobre la estabilidad, fisiología y producción de papa.

Determinar el comportamiento morfofisiológico y anatómico de la progenie resultante en la semilla tubérculo de papa.

Obtener modelos de respuesta de la integración de los diferentes niveles agrotecnológicos.

### HIPOTESIS

Con la aplicación de las técnicas agrobiológicas se esperan diferentes respuestas fisiológicas y de productividad de la papa, a través de su expresión genética.

## ANTECEDENTES.

### El Cultivo de la Papa.

#### Origen.

El centro de origen de la papa es considerado por un lado los Andes de América Central, extendiéndose posteriormente al resto del continente (Wittmarck mencionado por Fabiani 1967), por otro lado Vavilov, (1951) y Medina (1952), mencionan dos centros de origen, uno situado en el Perú central-Ecuador y otro en el sur de Chile.

#### Antigüedad.

Se encontraron muestras de papa cultivada que datan de 8000 A.C. en el Cañón del Chilca al sur de Lima (Engel, 1970).

#### Diversidad Genética.

Se ha determinado que en la papa se distinguen dos grupos, las silvestres y las cultivadas. Las papas silvestres crecen espontáneamente sin cuidados del hombre, en una amplia variedad de suelos y climas; geográficamente se extiende desde Chile hasta el estado de Colorado en Estados Unidos (Ochoa, 1991).

Las papas cultivadas crecen solo bajo la supervisión del hombre y son representadas por pocas especies pero una gran diversidad de variedades y formas, todas son endémicas de la región andina; solamente la *Solanum tuberosum* se cultiva a nivel mundial.

### Domesticación.

En el género *Solanum* existen 160 especies silvestres y una especie cultivada la *S. tuberosum* y dos cultivares híbridos *S. X juzepczukii* y *S. X curtilobum* (Ugent, 1970). *Solanum* es clasificado de acuerdo al número de cromosomas en diploide ( $2n=24$ ), triploide ( $2n=36$ ), tetraploide ( $2n=48$ ) y pentaploide ( $2n=60$ ). Las plantas de papa tetraploide evolucionaron a partir de una planta cultivada y una silvestre a través de la cruce espontánea de especies diploides (*S. stenotomum* = cultivada y *S. sparsipilum* = silvestre).

El intercambio genético entre papas cultivadas y silvestres dió como resultado un incremento de la diversidad, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a cambios climáticos de los cultivares que han perpetuado la papa andina.

### Morfología de la Planta.

Se ha descrito a la papa como una planta herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos debido a su propagación vegetativa (Montaldo, 1984; Valadez, 1989). Los tallos son de dos tipos: aéreos y subterráneos. Los tallos aéreos son angulosos, de color verde, semierectos y/o rastreros, su número varía según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo; en cuanto a los subterráneos están compuestos de rizomas (llamados también estolones) y por tubérculos (parte comestible). Cabe mencionar que cada tallo aéreo origina de dos a tres tubérculos que pueden ser ovoides o cilíndricos, con piel blanca, amarilla, rosa, roja o violeta.

Los tallos forman ramificaciones secundarias en las axilas de las hojas con los tallos.

Las hojas son alternas, igual que los estolones. Las primeras hojas son simples, posteriormente vienen las hojas compuestas imparipinadas con 3 a 4 pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden (Montaldo, 1984).

Las raíces se desarrollan principalmente en verticilo, en los nudos del tallo principal. Su crecimiento es primero vertical dentro de la capa arable del suelo, luego horizontal de 25 a 50 cm, y a veces, cuando el suelo lo permite, nuevamente vertical hasta 90 cm. La planta de papa posee un sistema radicular fibroso muy ramificado (Montaldo, 1984).

Las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola rotácea pentalobulada del color blanco al púrpura, con cinco estambres. Cada estambre posee dos anteras de color amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado, que producen polen a través de un tubo terminal; gineceo con ovario bilocular (Montaldo, 1984).

El fruto es una baya bilocular de 15 a 30 mm de diámetro, color verde, verde-amarillento o verde azulado. Cada fruto contiene aproximadamente 200 semillas (Montaldo, 1984), utilizándose para fines genéticos (Valadez, 1989).

#### Fisiología de la papa.

Se han realizado investigaciones fisiológica de la papa bajo estrés hídrico o salino, encontrándose que en condiciones

de agobio hídrico disminuye la fotosíntesis (Sung, 1985; Schapendonk *et al.*, 1989; Sukumaran *et al.*, 1989; Ekanayake *et al.*, 1992; Martínez y Moreno, 1992), la conductancia estomática (Sukumaran *et al.*, 1989; Martínez y Moreno, 1992) y clorofila (Sung, 1985; Schapendonk *et al.*, 1989); lo mismo ocurre al incrementarse la salinidad (Udovenko *et al.*, 1976; Ahmad y Abdullah, 1989). Por otro lado la aplicación de fertilizantes (NPK) incrementa la fotosíntesis y clorofila (Mazur y Rogalski, 1977; Mazur *et al.*, 1979; Shatilov y Poletaev, 1983; Dorobantu *et al.*, 1987).

Leach *et al.*, (1982), reportó una asimilación de CO<sub>2</sub> de 6 g/día m<sup>2</sup> para el cultivo de papa en condiciones adecuadas de humedad.

#### Desarrollo de la papa.

Según Montaldo (1984), existen cuatro fases marcadas en el desarrollo del cultivo de la papa, que a continuación se mencionan.

- Plantación a germinación.
- Germinación a iniciación de la tuberización.
- Iniciación de la tuberización a floración.
- Floración a madurez de los tubérculos.

Los factores ambientales influyen en el tiempo de desarrollo del cultivo, así como el tipo de variedad.

Las variedades de papa se clasifican de acuerdo a su precosidad en tempranas y tardías. Las tempranas se cosechan en tres meses y las tardías en más de cuatro meses de crecimiento (Parsons, 1989).

**Factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de la papa.**

Altitud.

La papa se desarrolla desde alturas de 500 a 3000 m.s.n.m (Valadez, 1989).

Temperatura.

La papa requiere de ciertas temperaturas ambientales para su crecimiento y desarrollo, éstas se muestran en el siguiente cuadro.

Temperaturas que Influyen en el Desarrollo y Productividad del Cultivo de la Papa (Maroto, 1989; Valadez, 1989).	
Etapas de Desarrollo de la Planta.	Temperatura °C Optima
Germinación.	15.5-18.5
Crecimiento Vegetativo. Día. Noche.	26 12-16
Formación de Tubérculo. Noche. Daño por Helada.	12 -2

La temperatura no solo afecta la producción de las plantas sino también a su progenie; ya que los tubérculos producidos de plantas que crecieron bajo la influencia de temperaturas bajas, al ser utilizados como semillas producirán mayor número de tubérculos con mayor peso (Harris, 1978).

Humedad.

El cultivo de la papa crece mejor cuando la humedad del suelo se mantiene cerca de la capacidad de campo; para obtener

altos rendimientos (Montaldo, 1984), las necesidades de agua del cultivo para una variedad de 120 a 150 días son de 500 a 700 mm, dependiendo del clima y es susceptible al déficit de agua. Se ha observado que la escasez de agua disminuye el rendimiento, afectando la calidad, debido a la malformación de los tubérculos y al menor crecimiento de las plantas (Cullen y Wilson, 1971).

#### Fotoperíodo.

La luz es otro factor importante en el desarrollo de la papa, algunas variedades son sensibles al fotoperíodo, mientras que otras pueden producir tubérculos en un intervalo amplio de fotoperiodicidad. Los días largos favorecen el crecimiento vegetativo y los días cortos estimulan la maduración (Brown y Hutchinson, 1949).

#### Suelo.

La papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos, con buen contenido de materia orgánica y óptimo drenaje (Valadez, 1989). En lo referente al pH, la papa está clasificada como altamente tolerante a la acidez, teniendo valores de pH de 5 a 6.5 (Richards, 1954). Es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 2560 a 64000 ppm (4 a 10 mmho) (Mass, 1984).

#### **Utilización de Tecnología Agrícola.**

La República Mexicana posee una superficie de 196.4 millones de hectáreas, de las cuales se consideran tierras



aptas o útiles 24 millones de hectáreas, teniendo la mitad de la superficie agua para la producción agrícola. De la superficie total el 52% se encuentran en clima árido y semiárido, por lo cual el agua y la desertificación constituyen dos importantes desafíos (Rodríguez, 1982a). La utilización de tecnología como el riego por goteo y acolchado de suelos son una alternativa para las regiones donde el agua es un recurso limitado.

#### Riego por Goteo.

El riego por goteo consiste en la aplicación de pequeñas cantidades de agua por medio de goteros o emisores directamente a la zona radicular de las plantas en forma lenta pero frecuente (Rodríguez, 1982a; Gómez-Pompa, 1988). Esta forma de aplicación repercute en un ahorro de agua debido a que se evitan grandes pérdidas por evaporación del suelo, arrastres por desnivel del terreno y percolación; ya que el riego moja el terreno en forma parcial y no total. Además las plantas usan la cantidad necesaria para su metabolismo resultando en un mayor crecimiento vegetativo (Doss *et al.*, 1977), evitando la carencia en los períodos críticos, repercutiendo en el aumento de la floración y fructificación (Renquist *et al.*, 1982). La utilización adecuada del agua incrementa la producción de diversas especies superando en un 25 a 40% a la obtenida por métodos convencionales (Manfrinato, 1974; Rodríguez, 1982a).

Blass, Goldberg y Shunneli mencionados por Rodríguez (1982a), promovieron el sistema de riego por goteo en Israel,

economizando el volumen necesario de agua para la producción agrícola y aprovecharon tipos de agua de baja calidad, la aplicación del riego por goteo en plantas adultas de limonero disminuye el consumo de agua en un 20% y 75% en plantaciones jóvenes (Del Amor y Sánchez, 1989).

El riego irregular provoca la formación de un perfil salino en el fondo del surco y especialmente sobre la superficie del suelo (Goldberg y Shmueli, 1970), al utilizar el riego por goteo bajan los niveles de cloruros (Shmueli y Goldberg, 1971) y disminuye la acumulación de sales en la zona radicular (Branson *et al.*, 1974).

#### Acolchado de Suelo.

El acolchado, empajado o mullido del suelo, consiste en colocar sobre la superficie del suelo una capa protectora formada ya sea por materiales de origen vegetal (paja, caña, hojas secas, etc.) o la aplicación de películas plásticas de polietileno o PVC (Robledo y Martín, 1988); esta técnica ha sido utilizada por los agricultores por muchos años con el propósito de proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo y producción de cultivos. Entre los efectos benéficos que proporciona el acolchado se encuentran:

a. Humedad del suelo. El agua del suelo se encuentra disponible para las plantas, ya que el plástico evita la evaporación del agua por ser impermeable al vapor. Estudios realizados en espinaca (Ramírez, 1985) y tomate (Bleyaert,

1990), muestran la conservación y uso eficiente del agua al disminuir la frecuencia de los riegos.

b. Temperatura del suelo. Se incrementa la temperatura del suelo por efecto de invernadero (Robledo y Martin, 1988), en cultivos como el algodón (Díaz, 1988), en la fresa (Fear y Nonnecke, 1989) y el pepino (Tuzel y Gul, 1991), esto lo hace de gran utilidad para un buen desarrollo de las plantas.

c. Estructura del suelo. El suelo permanece suelto presentando una estructura ideal para el desarrollo de las raíces de la planta. Estas se hacen más numerosas y largas en sentido horizontal, ya que la humedad se encuentra a poca profundidad (Cooper, 1973; Robledo y Martin, 1988).

d. Nutrientes disponibles. El aumento de la temperatura y humedad del suelo debido al acolchado favorece la nitrificación (Robledo y Martin, 1988) y amonificación (Boyajieva y Rankov, 1989); por otro lado al estar protegido el suelo se evitan las pérdidas de los elemento nutritivos por lixiviación.

e. Crecimiento de Malezas. El desarrollo de mala hierba es disminuído en chícharo (Dommelen, 1989), en melón, sandía y pimiento (Wivutvongvana et al., 1991) y por evitar el paso de la luz en películas oscuras y el incremento de temperatura debajo del acolchado.

f. Precocidad de los cultivos. Las plantas al tener condiciones adecuadas como temperatura, humedad y nutrientes disponibles adelantan su desarrollo y madurez de 8 a 21 días

(Robledo y Martin, 1988), como ocurre en achicoria (Tamonte, 1980), en el frijol (Garzón, 1986) y papa (Quero, 1994), resultando en beneficio del agricultor ya que puede entrar al mercado con anticipación, en época que todavía no se encuentra el producto o en tener dos cultivos anuales en lugar de uno.

g. Luminosidad. La radiación reflejada por el acolchado afecta positivamente en el desarrollo de plantas de chile (Decoteau et al., 1990), aumenta la actividad fotosintética de plantas de tomate con aplicación de acolchado blanco (Guariento, 1983; Terán et al., 1991), además de controlar fluctuaciones de temperatura en regiones con alta irradiancia (Lammont, 1991).

h. Crecimiento y Producción. Se ha encontrado mayor crecimiento en diversos cultivos como en el chícharo (Dommelen, 1989), fresa (Fear y Nonnecke, 1989), melón, sandía y chile (Wivutvongvana et al., 1991); aumento en la floración y maduración de tomate (Peirce y Crispi, 1989), así como en longitud, peso, grosor y número de frutos en chile (Goyal et al., 1989). El crecimiento y desarrollo de las plantas repercute en la producción encontrándose incrementos de 21 a 200 por ciento en el rendimiento de diversas especies al aplicar acolchado (Quero, 1985; Robledo y Martin, 1988), como lo muestran las investigaciones en el cultivo de frijol (Garzón, 1986), algodón (Díaz, 1988; Granados y Melgarejo, 1989), fresa (Fear y Nonnecke, 1989), trigo (Choi y Park, 1990), sandía (Decoteau et al., 1990; Wivutvongvana et al.,

1991), melón y chile (Wivutvonguana *et al.*, 1991), y papa (Terán *et al.*, 1994). La calidad del fruto es afectada positivamente en tomate (Bleyaert, 1990), durante su almacenaje (Sumiati, 1989), en fresas, melones, pepinos y sandías al actuar la película como barrera de separación entre el suelo y la parte foliar de la planta evitando la pudrición del fruto (Robledo y Martin, 1988).

### **El Azufre en las plantas.**

El azufre es un macroelemento esencial necesario en la nutrición de las plantas (Miller, 1967; Teuscher y Adler, 1982). Este elemento es absorbido por las plantas en forma de sulfato (Ritcher, 1971; Rodríguez, 1982b), en el interior de las células es reducido a la forma de sulfidrilo (SH) y disulfuro (-S-S-). El sulfato generalmente proviene de la mineralización de la materia orgánica (Fassbender, 1975) y de la degradación de rocas que por procesos de intemperismo liberan el azufre (Tisdale y Nelson, 1970), que es transformado a sulfato o sulfidrilo (Fassbender, 1975); por otro lado la lluvia proporciona azufre al suelo, ya que en la atmósfera existe sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que proviene de la actividad volcánica, de la industria y de zonas pantanosas ricas en bacterias (Russell y Walter, 1968; Demolon, 1972; Rodríguez, 1982b; Wainwright, 1984); las bacterias como *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thiobacillus* y *Thioplaca* reducen el azufre orgánico a azufre y sulfato inorgánico (Russell y

Walter, 1968; Tisdale y Nelson, 1970; Alcalde, 1971; Fassbender, 1975; Cajuste, 1977).

Las regiones altamente industrializadas, pueden depositar en el suelo de 20 a 60 kg/ha/año de azufre (Rodríguez, 1982b), la disponibilidad de este elemento tiende a disminuir debido al aumento en la utilización de fertilizantes libres de azufre y al menor uso de azufre como insecticida y fungicida, además de las medidas de control de la contaminación y al incremento en el rendimiento de los cultivos necesitándose mayor cantidad de elementos nutritivos (Tisdale y Nelson, 1970).

#### Función del Azufre.

El azufre es requerido para constituir sustancias esenciales necesarias en diversas funciones fisiológicas de la planta, éstas son:

a. Síntesis de aminoácidos azufrados como la cistina, cisteína y metionina que forman parte de las proteínas (Russell y Walter, 1968; Tisdale y Nelson, 1970; Fassbender, 1975; Rodríguez, 1982b; Wainwright, 1984).

b. Forma parte de las vitaminas como la biotina (Rodríguez, 1982b).

c. Formación de nitrogenasa (Wainwright, 1984) y activación de enzimas proteolíticas como la papainasa (Tisdale y Nelson, 1970; Rodríguez, 1982b; Wainwright, 1984).

d. Asociado con las propiedades estructurales de las proteínas por el sulfidrilo y disulfuro (Tisdale y Nelson, 1970; Rodríguez, 1982b; Wainwright, 1984).

e. Formación de clorofila (Wainwright, 1984); en maíz (Dungarwal *et al.*, 1974), en mostaza aumento el contenido de clorofila a y b (Rathore y Manohar, 1989a).

#### El Azufre en el Crecimiento y Productividad.

La aplicación de azufre al suelo produce mayor contenido de materia seca, en pastizal (Robinson y Jones, 1972), en maíz (Dungarwal *et al.*, 1974), en trigo (Archer, 1974; Fazal y Sisodia, 1989) y en cacahuete (Mahakulkar *et al.*, 1991), número de ramas en mostaza (Rathore y Manohar 1989b), número de hojas y altura en soya (Fazal y Sisodia, 1989), además del índice de área foliar en cacahuete (Mahakulkar *et al.*, 1991); también se reporta un marcado aumento en el rendimiento de los cultivos (Teuscher y Adler, 1982) y calidad de cosechas. El azufre incrementa el contenido de aceites (Tisdale y Nelson, 1970), en soya (Fazal y Sisodia, 1989; Auklakh *et al.*, 1990), mostaza (Rathore y Manohar, 1989b) y en girasol (Sagare *et al.*, 1990); también se sabe que aumenta la producción en diversos cultivos como, el maíz (Dungarwal, *et al.*, 1974), la soya (Fazal y Sisodia, 1989; Auklakh *et al.*, 1990), el cacahuete (Mahakulkar *et al.*, 1990), el trigo (Hundal y Arora, 1990), girasol (Sagare *et al.*, 1990), arroz (Ahmed *et al.*, 1989; Shamin, *et al.*, 1991), rábano y nabo (Nuttall y Ukrainnetz, 1991).

La calidad nutritiva, industrial y sensorial tanto en granos como hortalizas es mayor por efecto del azufre (Wainwright, 1984).

**Regulador de Crecimiento MC1.**

El referirse a reguladores de crecimiento implica el mencionar que estas substancias se encuentran en la planta en forma natural, en pequeñas cantidades y que controlan una serie de procesos metabólicos, fisiológicos y de crecimiento (Weaver, 1976). El regulador MC1 ha sido formulado en el Centro de Investigación en Química Aplicada, siendo evaluado con éxito en diversos cultivos como el trigo, maíz, frijol, chícharo, chile, tomate, melón y sandía (Quero y Terán, 1987; Quero y Terán, 1988), incrementando su productividad de 15 a 100%.



## MATERIALES Y METODOS.

### Localización del Sitio Experimental.

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en el departamento de Nuevas Tecnologías para la Agricultura y en el Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El CIQA se localiza al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila; siendo sus coordenadas geográficas  $25^{\circ} 27'$  latitud Norte y  $101^{\circ}$  de longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 1610 metros.

### Material Biológico.

Se utilizaron tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) provenientes de plántulas propagadas *in vitro* de la variedad Alpha, para partir de una base genética uniforme. Las plántulas fueron proporcionadas por la empresa Invernamex, S.A. de C.V.

### Protocolo Experimental.

El trabajo que aquí se describe consta de dos fases. La primera fase se realizó a partir de plántulas provenientes de cultivo de tejidos a las cuales se les aplicó azufre agrícola al suelo, regulador MC1 en forma foliar y acolchado de suelos (agrotecnologías), proporcionando fertilización carbónica (Quero, 1991) y mineral a través de riego por goteo.

En la segunda fase se evaluó el impacto de las agrotecnologías en los tubérculos provenientes de 24 tratamientos (progenie) de las plántulas propagadas *in vitro* (progenitoras) en condiciones constantes de fertilización mineral y carbónica.

#### Tratamientos Considerados en el Estudio.

-Acolchado de suelo: Suelo desnudo y acolchado de polietileno lineal de baja densidad color blanco.

-Azufre agrícola: aplicado en dosis de 0, 30, 60 y 90 kilogramos por hectárea.

-Regulador MC1: aplicado en dosis de 0, 84 y 168 gramos por hectárea de ingrediente activo.

#### Diseño Experimental.

El diseño es un factorial completo de 2 X 4 X 3 sin repeticiones. Teniendo 24 tratamientos distribuidos al azar en parcelas de 3.6 metros de ancho por 8 metros de largo, por lo que el área en cada parcela fue de 28.8 metros cuadrados, en donde se trasplantaron 128 plántulas en cuatro surcos con una distancia entre plántulas de 25 centímetros y una distancia entre surcos de 90 centímetros; este arreglo nos da una densidad aproximada de 44000 plantas por hectárea.

#### Análisis de los Datos.

Los resultados de las diversas variables estudiadas de las plantas progenitoras y su progenie se compararon mediante la construcción de modelos de superficie de respuesta para buscar las regiones cercanas a los óptimos de cada variable estudiada marcado por Box et al. (1978) y Box y Draper (1987).



**Acolchado de Suelos**



**Planta y Tubérculo de Papa**

### Variables Consideradas.

#### 1. Aspectos Morfológicos y de Rendimiento.

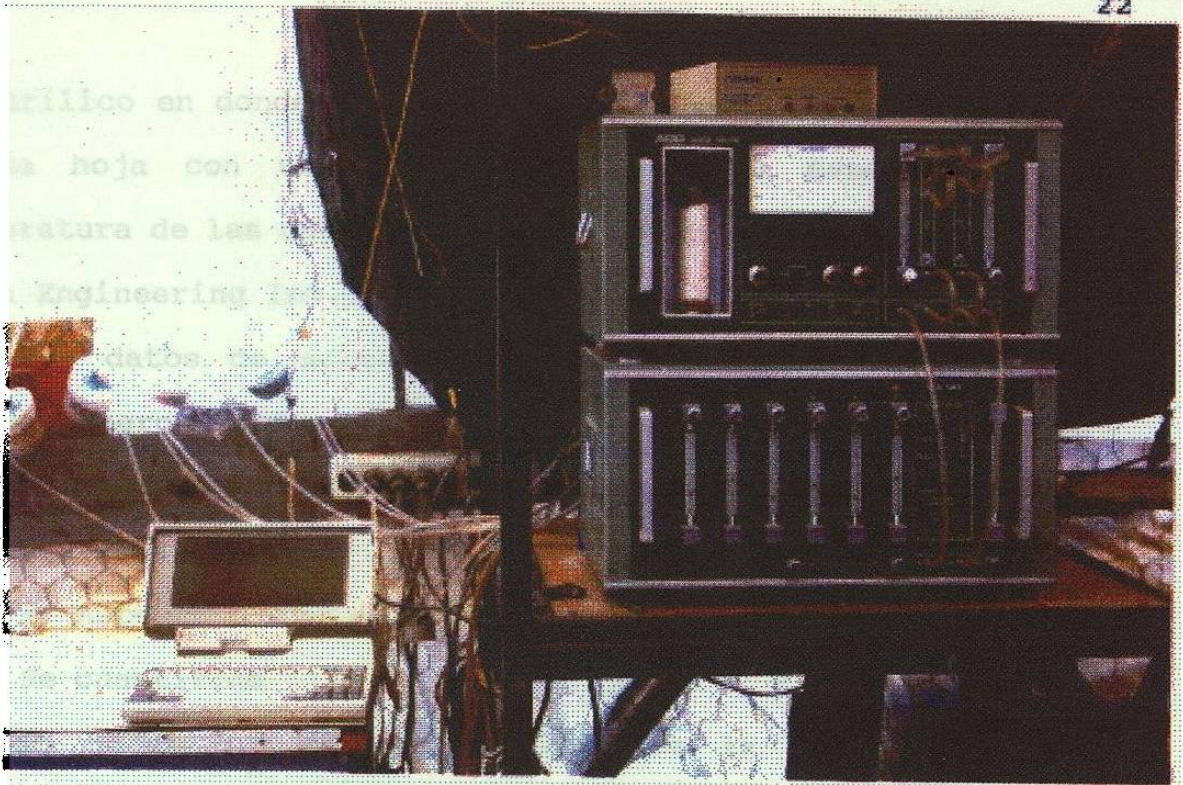
Se realizó un muestreo tres semanas antes de la cosecha tanto para plantas progenitoras como para su progenie determinándose el peso fresco y seco de los tubérculos y parte aérea, así como el diámetro del tallo de cada planta. El peso fresco de los tubérculos y la parte aérea de cada planta se determinaron al momento del muestreo, promediando los datos individuales; el peso seco de los tubérculos y la parte aérea fueron evaluados, después de permanecer en una estufa a 60°C hasta su total deshidratación; las plantas se cortaron en la base del tallo y se procedió a su medición utilizando un vernier.

#### 2. Aspectos anatómicos.

La densidad estomática se determinó en la superficie foliar abaxial, adaxial y la relación de la densidad estomática en la superficie abaxial/adaxial de la progenie, por medio de la impresión de éstas con resina de poliestireno como lo menciona Maiti y Trujillo (1992), observándose posteriormente en el microscopio óptico.

#### 3. Aspectos Fisiológicos.

La asimilación de CO<sub>2</sub> se determinó por medio de un IRGA (Infra Red Gas Analyzer) 225-MK3 de Analytical Development Company, que cuenta con un sistema de colecta de muestra de tipo abierto con flujo forzado de aire. Este sistema mide la cantidad diferencial de CO<sub>2</sub> del aire recuperado de las cámaras



**IRGA y Sistema de Monitoreo Automático**



**Cámara de Medición de la Asimilación de CO<sub>2</sub>**

de acrílico en donde se colocaron las láminas foliares de la cuarta hoja con una orientación azimutal específica. La temperatura de las cámaras fue medida con termopares tipo T de Omega Engineering Inc.

Los datos de asimilación de  $\text{CO}_2$  y temperatura de las cámaras fueron capturados con el sistema de monitoreo remoto automático descrito por Terán *et al.* (1993), comparándose los datos de las plantas progenitoras y su progenie.

#### 4. Aspecto Bioquímico.

Se cuantificó la clorofila total, a, b y la relación a/b en las hojas que se utilizaron para la medición de la asimilación de  $\text{CO}_2$  en la progenie, por medio de un espectrofotómetro marca Beckman 35 con el método de Mackinney (1941).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Respuesta de las Características Morfofisiológicas y de Productividad a la Aplicación Sistemática de Diferentes Condiciones Agrotecnológicas, en Plantas Progenitoras y Progenie de Papa.

### Producción de Tubérculo Fresco.

En las plantas progenitoras, provenientes de una propagación a través de la técnica del cultivo de tejidos *in vitro*, como garantía de uniformidad varietal, se procura una inducción de la mejor expresión del potencial genético, contenido en la "semilla vegetativa" o tubérculo (progenie); como resultado de la aplicación sistemática de dos técnicas de cultivo (suelo desnudo (SD) y acolchado de suelos(AS)); que interaccionan con dos técnicas de manejo, aplicación de cuatro niveles de azufre elemental, 0, 30, 60 y 90 kg/ha ( $S_0$ ,  $S_{30}$ ,  $S_{60}$  y  $S_{90}$ ) y tres dosis de regulador MC1, 0, 84 y 168 g/ha ( $MC1_0$ ,  $MC1_{84}$  y  $MC1_{168}$ ) de ingrediente activo. Estas se evalúan en un diseño factorial completo,  $A^2B^4C^3$ .

La producción de tubérculo fresco en las plantas progenitoras y progenie se muestra en la figura 1. En el cultivo SD se observa que el azufre directamente influye en la producción de las plantas progenitoras (figura 1a), encontrando que el tratamiento  $S_{60}$  tiene la mejor producción con 2100 g/planta, mayor en 675 gramos con respecto al cultivo sin la

aplicación  $S_0$ , mostrando un efecto menor al aumentar la concentración de azufre. Esta respuesta concuerda con lo reportado para diversos cultivos, como el maíz (Dungarwal *et al.*, 1974), trigo (Rasmussen y Allmaras, 1986), rábano y nabo (Janzen y Bettany, 1984a y 1984b; Nuttall y Ukrainnetz, 1991), cacahuete (Mahakulkar *et al.*, 1991), y para diferentes condiciones de clima (Pasrichan y Fox, 1993), quienes presentan una respuesta positiva en la producción. Por otro lado no se encuentra respuesta al azufre bajo las condiciones de AS (figura 1b), siendo la producción del tratamiento  $S_0$  de 812 g/planta, una producción menor en 613 g/planta con respecto al cultivo del mismo tratamiento en SD. Esta respuesta es contraria a lo reportado por Matheny *et al.* (1992), Quero (1994) y Terán *et al.* (1994), quienes demuestran que el AS en el cultivo de papa a partir de semilla vegetativa, incrementa la producción en más de un 30%.

Como el AS proporciona al cultivo una mayor disponibilidad de humedad y un incremento de aproximadamente 5°C en la temperatura media del suelo, condiciones que se mencionan como adecuadas para una rápida asimilación del azufre (Tisdale y Nelson, 1970; Wainwright, 1984; Pasrichan y Fox, 1993). Siendo posible, una mayor demanda de azufre por la planta en AS, o bien la demanda de algún otro elemento que interacciona con el azufre como el zinc, nitrógeno y el fósforo (Janzen y Bettany, 1984a; Soliman, 1989).



$$SD = 1151 + 29.94 * x - 2.158 * y - 0.3102 * x * x - 0.02976 * x * y + 0.01019 * y * y$$

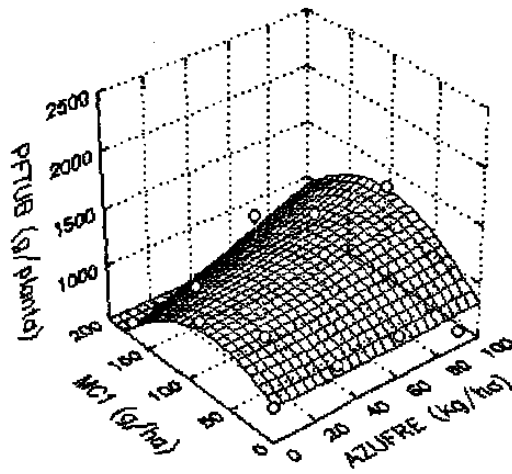
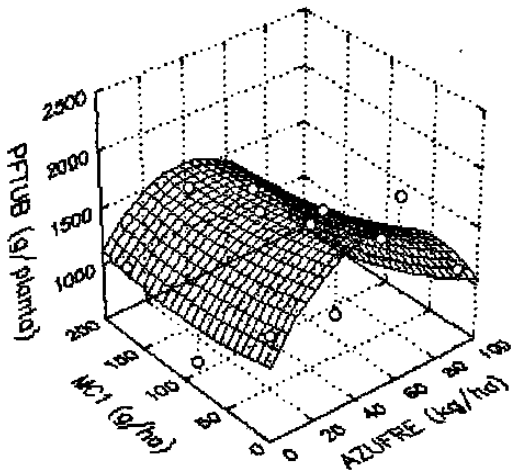
$$A = 822.7 - 1.396 * x + 5.982 * y + 0.01273 * x * x + 0.03323 * x * y - 0.0434 * y * y$$

SUELO DESNUDO                      ACOLCHADO

PROGENITORES

(a)

(b)



$$SD = 771.2 - 7.689 * x - 2.908 * y + 0.03727 * x * x + 0.0381 * x * y + 0.01222 * y * y$$

$$A = 626 - 0.5903 * x - 1.176 * y - 0.02662 * x * x + 0.03522 * x * y - 0.0004429 * y * y$$

SUELO DESNUDO                      ACOLCHADO

PROGENIE

(c)

(d)

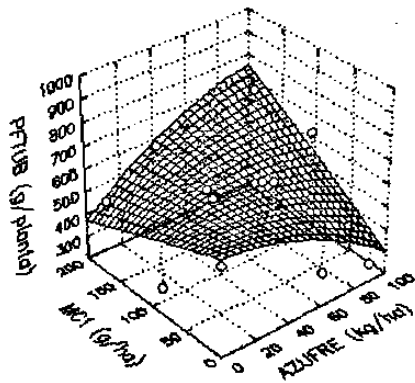
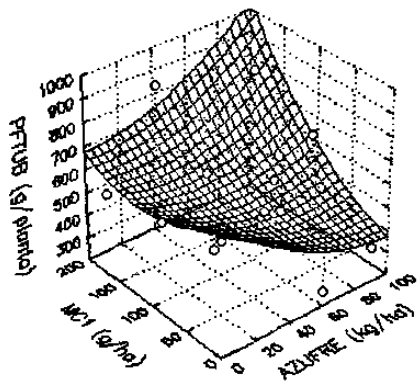


Figura 1. Comportamiento de la Producción de Tubérculo Fresco con Aplicación de Azufre y MCl en Condiciones de SD y AS en Plantas Progenitoras y su Progenie.

Con respecto a los tratamientos MC1, las plantas progenitoras no muestran respuesta en SD, mientras que en AS se encuentra un óptimo en la dosis de MC1<sub>84</sub>, con 1100 g/planta superior en 288 gramos con respecto al tratamiento sin aplicación, MC1<sub>0</sub>(figura 1b).

En la interacción de los tratamientos de azufre y MC1 no se observa algún efecto en SD (figura 1a), mientras que en AS existe un efecto posiblemente sinérgico en los tratamientos MC1<sub>84</sub>/S<sub>90</sub> con una producción de 1512 g/planta mayor en un 37% y 86% con respecto a los tratamientos MC1<sub>84</sub> y S<sub>0</sub> (figura 1b), lo cual muestra que ambos posiblemente actúan sobre los mismos procesos biológicos.

En cuanto al rendimiento promedio de cada uno de los tratamientos, se obtienen en SD 1347.91 y AS 917.70 g/planta, presentado una diferencia significativa a  $p \leq 0.05$  (cuadro 1 del apéndice 1). La respuesta inhibitoria del AS es posiblemente causada por la mayor temperatura del suelo, ya que normalmente el cultivo de papa demanda de bajas temperaturas para la tuberización (Maroto, 1989; Valadez, 1989), por otro lado, se menciona que el ácido jasmonico es un inductor de la tuberización (Helder y Vreugdenhil, 1994), y que su presencia en los tejidos es inducido por una reducción en los niveles de humedad.

En los tratamientos con azufre la producción obtenida es de 979.6, 1170.83, 1362.5 y 1018.75 g/planta respectivamente para S<sub>0</sub>, S<sub>30</sub>, S<sub>60</sub> y S<sub>90</sub>. De acuerdo con estos resultados la

eficiencia del azufre en la producción de tubérculo fresco es de 280.74 gramos por planta por cada gramo de azufre aplicado por hectárea. Para los tratamientos con MC1 la producción obtenida es de 1160.93, 1210.93 y 1026.56 g/planta, respectivamente para MC1<sub>0</sub>, MC1<sub>84</sub> y MC1<sub>168</sub>.

Tanto el azufre como MC1 tienen un efecto positivo sobre la producción de tubérculo (progenie), que en el promedio de tratamientos presentan incrementos máximos del 39 y 4% respectivamente, como se muestra en los resultados arriba expresados, siendo posible una regulación diferencial de los procesos realizados por la planta en sus niveles de organización y procesos metabólicos (fotosíntesis, metabolismo MC1, y regulación de la expresión genética), cosechando un total de 24 posibles genotipos diferentes, si el comportamiento se sostiene en la producción de la progenie.

La progenie cosechada se cultivo en condiciones de SD, sin aplicación de azufre y MC1, manteniendo constante para todos los tratamientos, la humedad del suelos, fertilización y aplicación de agroquímicos. Con el objetivo de evaluar las respuestas morfofisiológicas de los 24 genotipos.

La producción de tubérculo fresco en los 24 genotipos evaluados, se presenta para las plantas provenientes de SD (figura 1c) como para las de AS (figura 1d). Aquí se observa que la producción del tratamiento S<sub>0</sub> y MC1<sub>0</sub> en SD y AS es de 700 y 593.75 g/planta, similar comportamiento se observa en las plantas progenitoras. En los tratamientos con azufre existe un

óptimo en  $S_{30}$  para ambos SD y AS, con 850 y 843.75 g/planta cada uno, observando un efecto inductor sobre la producción de tubérculo en ambas condiciones de cultivo, el resultado es estadísticamente diferente en  $p \leq 0.05$  (cuadro 2 del apéndice 1). Estos resultados plantean una alta sensibilidad sostenible de las plantas de papa a la aplicación de azufre. En cuanto al efecto de MCl se observa que, al incrementar la concentración la producción de tubérculo disminuye, por lo que *per se* no tiene efecto directo y sostenible en la producción, más bien muestra un efecto negativo, y posiblemente participa como un elemento de organización y regulación de la expresión genética.

El MCl puede promover las reacciones de metilación del material genético (Razin y Riggs, 1980; Dennis y Brettell, 1990; Kumar *et al.*, 1990; Riggs, 1990) a través de S-adenosilmetionina (SAM) ya que la formulación contiene precursores de SAM (Giovanelli *et al.*, 1987). Sin embargo esta respuesta es revertida por la acción del azufre mostrando un gran efecto sinérgico y proporcional sobre la producción, cuando se aplican juntos, siendo los mejores tratamientos con  $S_{30}$  y  $MCl_{168}$  tanto para SD (figura 1c) como para AS (figura 1d). Este comportamiento indica, que posiblemente algunos procesos involucrados en la productividad son regulados, organizados parcialmente de una manera diferencial o posiblemente actúan en un mismo proceso biológico, en el metabolismo del azufre (Rennenberg, 1984; Giovanelli *et al.*, 1987; Schmidt y Jager, 1992). En el cuadro siguiente se presenta la producción de

tubérculo y se puede observar que el rendimiento en  $S_{90}$  y  $MC1_0$  es menor en 46% con respecto al tratamiento  $S_0$  y  $MC1_0$ . por otro lado gradualmente el rendimiento se supera hasta en un 30% en el tratamiento  $S_{90}$   $MC1_{168}$ , estos resultados que muestran diferencia estadística significativa a  $p \leq 0.05$  (cuadro 2 del apendice 1). De acuerdo con esto se presenta la posibilidad que ambos elementos, azufre y  $MC1$  participan fuertemente en una regulación sostenible del comportamiento productivo de las plantas de papa, siendo posible lograr preservar y/o mejorar la expresión del potencial genético.

PROMEDIOS DE PRODUCCION DE TUBERCULO FRESCO (g/planta) EN LA PROGENIE.				
TRATAMIENTOS		SD	AS	MEDIA
$S_{90}$	$MC1_0$	356.25	275.00	315.56
$S_{90}$	$MC1_{84}$	681.25	693.75	687.50
$S_{90}$	$MC1_{168}$	815.00	725.00	770.00
$S_0$	$MC1_0$	700.00	600.00	591.02

En cuanto a los rendimientos máximos estos se encontraron en los tratamientos  $SD/S_{30}/MC1_{168}$ ,  $SD/S_{30}/MC1_0$ ,  $AS/S_{30}/MC1_0$ ,  $SD/S_{90}/MC1_{168}$  y  $AS/S_{90}/MC1_{168}$  con una producción promedio de 831 g/planta o bien 20.7 ton/ha. Se reitera que el azufre y el  $MC1$  tienen efecto sinérgico en la productividad, y, posiblemente también en la calidad nutricional como consecuencia de una mejor actividad biológica de la planta de papa.

Comparando las plantas progenitoras con su progenie en condiciones de suelo desnudo y acolchado de suelos se observa

que las plantas progenitoras muestran mayor peso fresco de tubérculo debido posiblemente a que se partió de plántula de cultivo de tejidos y la progenie de semilla-tubérculo. Se tiene una gran ventaja al partir de plántula en lugar de semilla, ya que los cultivos a partir de plántulas tienen una ganancia en cuanto a tiempo de emergencia de la planta, uniformidad y sanidad del cultivo (Terán, 1990). Además de esto la aplicación de las agrotecnologías se llevó a cabo en las plantas progenitoras y no a su progenie.

El azufre aplicado a las plantas progenitoras y regulador MC1 se manifiesta en la progenie, esto puede deberse a un tipo de memoria química que se presenta en las siguientes generaciones, tanto el azufre como el regulador son precursores de compuestos relacionados con la biosíntesis de S-adenosilmetionina (SAM), que es donador universal de grupos metilo en reacciones enzimáticas de transmetilación (Quero, 1985; Rennenberg, 1984; Giovanelli, *et al.*, 1987; Schmidt y Jager, 1992).

#### Producción de Tubérculo Seco.

La influencia de la aplicación de azufre y MC1 en la producción de tubérculo seco bajo SD y AS, tanto en plantas progenitoras como en su progenie se muestra en la figura 2. Las plantas progenitoras responden de diferente forma al encontrarse en SD (figura 2a) y AS (figura 2b); en las plantas bajo SD se observa una producción máxima en los tratamientos  $S_{30}/MC1_{84}$  y  $S_{60}/MC1_0$  con 412 y 377.1 g/planta, no siendo evidente

$$SD=196.4+6.244x+0.453y-0.05812x^2-0.008133xy-0.002693y^2$$

$$A=180.8-1.964x-0.09312y+0.01736x^2+0.01876xy-0.002229y^2$$

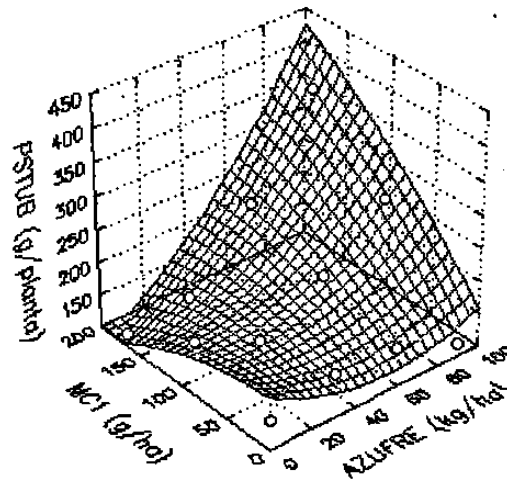
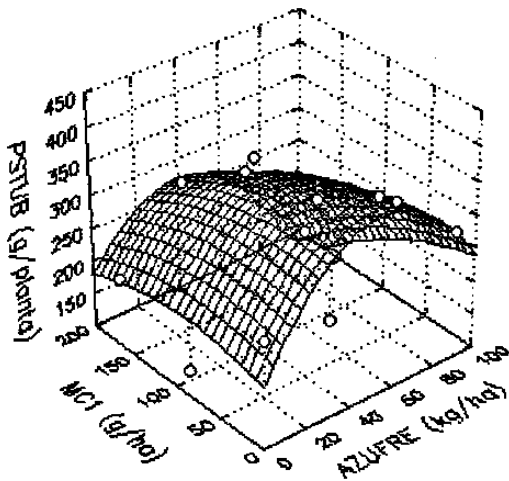
SUELO DESNUDO

ACOLCHADO.

PROGENITORES

(a)

(b)



$$SD=118.5-1.324x-0.2803y+0.007773x^2+0.005599xy+0.001003y^2$$

$$A=114.2-1.144x+0.1228y+0.006732x^2+0.003271xy-0.0009185y^2$$

SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENIE

(c)

(d)

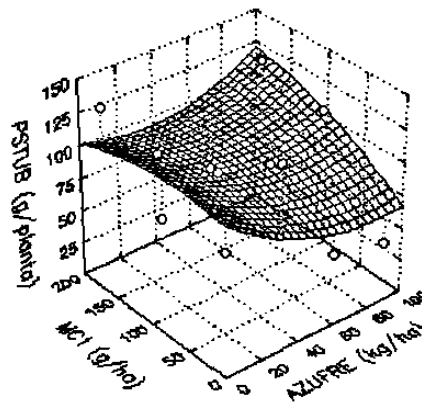
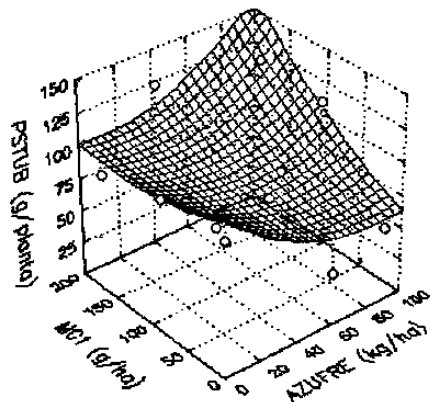


Figura 2. Comportamiento de la Producción de Tubérculo Seco con Aplicación de Azufre y MC1, en Condiciones de SD y AD, en Plantas Progenitoras y su Progenie.

la acción sinérgica entre azufre y MC1. En el caso de AS el peso seco del tubérculo aumenta al incrementar la dosis de azufre y MC1 hasta llegar a un máximo de 366 g/planta en el tratamiento  $S_{90}/MC1_{168}$ .

La respuesta posiblemente sinérgica y proporcional, se presenta claramente en la figura 2b, para el tratamiento  $S_{90}$  con cada  $MC1_0$ ,  $MC1_{84}$  y  $MC1_{168}$  la producción es de 118.35, 225.70 y 366.00 g/planta respectivamente, mientras que para  $MC1_{168}$  con cada uno  $S_0$ ,  $S_{30}$ ,  $S_{60}$  y  $S_{90}$  corresponde una producción de 117.25, 126.86, 231.25 y 366.00 g/planta. Según el resultado del análisis estadístico existe una diferencia significativa entre SD y AS a  $p \leq 0.05$  (Cuadro 3 en el apéndice 1).

Un resultado similar al anterior y al reportado para el peso fresco de tubérculo, se observa en la progenie de las plantas cultivadas en SD (figura 2c) y AS (figura 2d). La progenie responde positivamente acumulando materia seca como respuesta a una posible mejor regulación de los procesos biológicos, tal como la asimilación de  $CO_2$ , y respiración (Beukema y Van der Zaag, 1990), permitiendo incrementar la acumulación de biomasa seca de tubérculo, en promedio 26.7 g/planta para ambos tratamientos como se muestra en el siguiente cuadro.

PROMEDIOS DE PRODUCCION DE TUBERCULO SECO (g/planta) EN LA PROGENIE.				
TRATAMIENTOS		SD	AS	MEDIA
$S_{90}$	$MC1_0$	55.40	44.82	50.11
$S_{90}$	$MC1_{84}$	121.82	116.05	118.93
$S_{90}$	$MC1_{168}$	125.87	126.45	126.16
$S_0$	$MC1_0$	103.70	95.25	99.47



Los valores máximos se encuentran en los tratamientos SD/S<sub>30</sub>/MC1<sub>168</sub> y AS/S<sub>30</sub>/MC1<sub>0</sub> con 140.2 y de 140.6 g/planta respectivamente, para un incremento con respecto a los tratamientos sin azufre y MC1 del 40%. La aplicación de azufre al suelo de cultivo produce mayor contenido de materia seca en diversos cultivos como en pastizal (Robinson y Jones, 1972), maíz (Dungarwal *et al.*, 1974), el trigo (Fazal y Sisodia, 1989) y el cacahuete (Mahakulkar *et al.*, 1991), lo cual concuerda con los resultados obtenidos.

Comparando las plantas progenitoras con su progenie en condiciones de SD y AS se observa que las plantas progenitoras muestran mayor peso seco de tubérculo, ocurriendo lo mismo que en el peso fresco del tubérculo. El análisis de varianza muestra una significancia a  $p \leq 0.05$  para SD/AS para las plantas progenitoras (Cuadro 3 en el apéndice 1), y para la progenie la diferencia se presenta para los tratamientos de azufre y la interacción azufre-MC1 (Cuadro 4 en el apéndice 1).

#### Producción de Biomasa Aérea en Plantas de Papa.

La cantidad de biomasa aérea esta relacionada con la capacidad de la planta para asimilar energía solar y el CO<sub>2</sub> y su potencial acumulación en biomasa seca (cosecha) y adicionalmente en los cloroplastos se realiza la transformación del azufre, de sulfatos a azufre orgánico o cisteína (Rennenberg, 1984; Giovanelli *et al.*, 1987; Schmidt y Jager, 1992), así también SAM aparentemente se produce en el tejido vascular contenido en los tallos (Peleman *et al.*, 1989; Edwards

y Coruzzi, 1990). En la figura 3 se muestra la relación del peso seco aéreo de las plantas de papa con la aplicación de azufre y MC1 bajo SD y AS en plantas progenitoras (figura 3a y 3b) y su progenie (figura 3c y 3d). En las plantas progenitoras se observan máximas producciones de biomasa aérea en los tratamientos SD/S<sub>60</sub>/MC1<sub>0</sub> y AS/S<sub>90</sub>/MC1<sub>168</sub> con 702.55 y 894.25 g/planta (figura 3a y 3b), el análisis estadístico realizado muestra únicamente diferencia significativa a p≤0.05 para la interacción SD/AS con los niveles de azufre (cuadro 5 del apéndice 1). Es importante recordar que el AS proporciona a las plantas mejores condiciones ambientales como aumentó de temperatura, humedad y nutrientes disponibles en el suelo (Robledo y Martín 1988), esto puede repercutir en mayor crecimiento, como se ha observado en diversos cultivos como el chícharo (Dommelen, 1989), fresa (Fear y Nonnecke, 1989), melón, sandía y chile (Wivutvongvana *et al.*, 1991).

En el caso de la progenie (figura 3c y 3d) se encuentran valores óptimos en SD/S<sub>30</sub>/MC1<sub>0</sub>, SD/S<sub>0</sub>/MC1<sub>84</sub>, SD/S<sub>30</sub>/MC1<sub>168</sub>, SD/S<sub>90</sub>/MC1<sub>168</sub>, SD/S<sub>90</sub>/MC1<sub>84</sub>, AS/S<sub>60</sub>/MC1<sub>168</sub>, AS/S<sub>30</sub>/MC1<sub>0</sub> y AS/S<sub>60</sub>/MC1<sub>84</sub> con 231.3, 180.87, 177.8, 168.9, 165.4, 161.3, 159.9 y 155.4 g/planta respectivamente, se puede observar que los resultados varían ampliamente en un rango diferencial de 75.9 g/planta y que la mejor expresión se encuentra en los tratamientos de SD. Los resultados obtenidos en SD/S<sub>0</sub>/MC1<sub>0</sub> y AS/S<sub>0</sub>/MC1<sub>0</sub> son 120.5 y 136.5 g/planta, por lo que es claro que los tratamientos con azufre y MC1 mejoran la productividad de biomasa aérea hasta en

$$SD=339.2+9.47*x-2.069*y-0.1009*x*x-0.003858*x*y+0.007957*y*y$$

$$A=426.3-2.719*x-1.305*y+0.02952*x*x+0.03754*x*y-0.001394*y*y$$

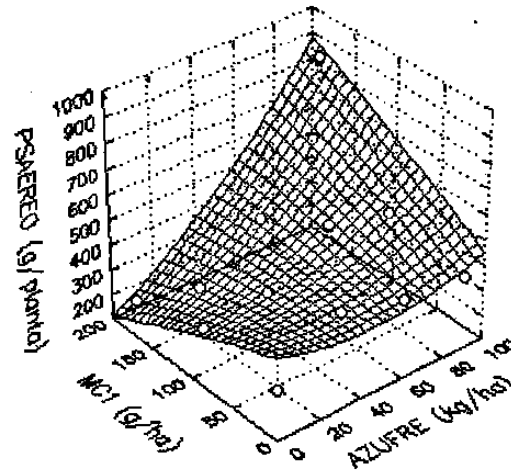
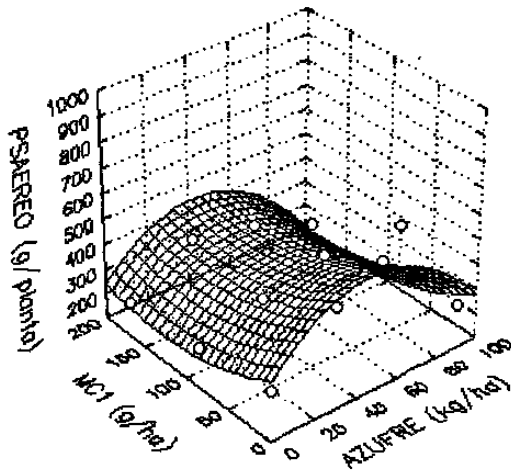
SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENITORES

(a)

(b)



$$SD=163.5-0.09399*x-0.08444*y-0.00391*x*x+0.004105*x*y-0.0006386*y*y$$

$$A=124.3+1.455*x-0.1856*y-0.02063*x*x+0.006305*x*y-0.0006967*y*y$$

SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENIE

(c)

(d)

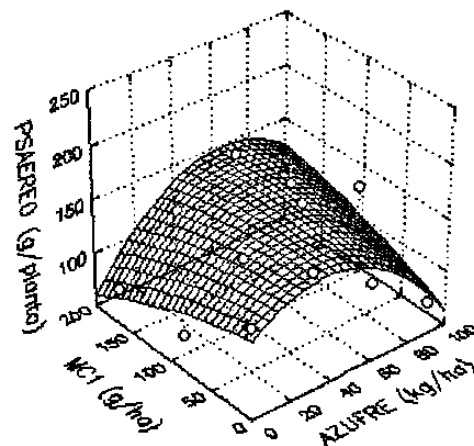
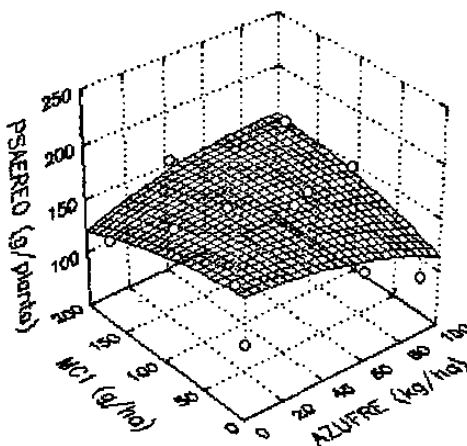


Figura 3. Respuesta de la Biomasa Aérea a la Aplicación de Azufre y MCl, en Condiciones de SD y AS, en Plantas Progenitoras y su Progenie.

90% para SD y 18% para AS. El análisis estadístico practicado a los resultados muestra significancia a  $p \leq 0.05$  para SD/AS y la interacción azufre-MC1 (cuadro 6 del apendice 1).

#### Grosor de Tallo en Plantas de Papa.

En el tallo se encuentra contenido el tejido vascular, floema y xilema, empleados para el transporte de agua, nutrientes y fotosintatos, así mismo, aparentemente el donador universal de metilos, SAM, se produce y regula en el tejido vascular (Peleman *et al.*, 1989), siendo importante su cuantificación indirecta a través del grosor de tallo. Los resultados encontrados sobre esta variable, en plantas de papa se muestran en la figura 4.

En las plantas progenitoras bajo condiciones de SD (figura 4a) presentan un valor máximo de 2.65 cm en  $S_{30}/MC1_{84}$ , en AS (figura 4b) se encuentra en la mayor dosis de azufre  $S_{90}$  y  $MC1_{84}$  con valor de 4.2 cm. Los tratamientos SD/ $S_0$ / $MC1_0$  y AS/ $S_0$ / $MC1_0$  mostraron un grosor de 2.05 y 2.47 cm respectivamente, existiendo una gran diferencia causada por los tratamientos con azufre y MC1, tal como lo manifiesta el análisis de varianza practicado a los datos y que presenta diferencia a  $p \leq 0.05$  para SD/AS, azufre y para la interacción SD/AS con azufre (cuadro 7 del apendice 1). Lo reportado aquí coincide con la observación en el cultivo de chile donde el AS incrementa el grosor de tallo (Goyal *et al.*, 1989). En cuanto a la aplicación de azufre y MC1 se muestra un mayor beneficio en el acolchado debido tal vez a que aumenta la disponibilidad de azufre en el suelo,

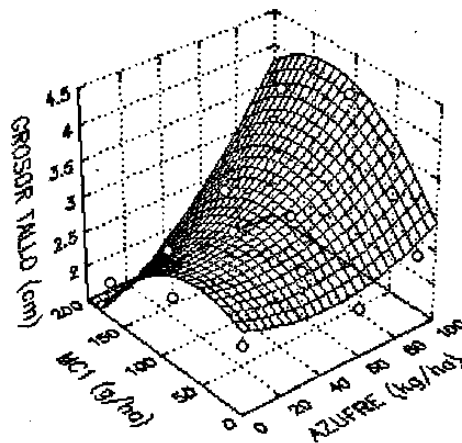
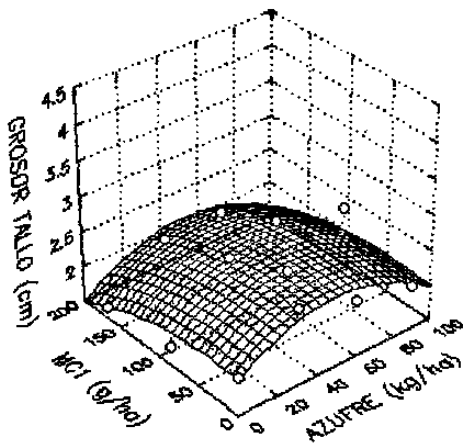
$$SD=2.001+0.01979*x+0.001327*y-0.0002014*x*x+1.002e-005*x*y-1.975e-005*y*y$$

$$A=2.684-0.01273*x+0.007503*y+0.0001468*x*x+0.0001256*x*y-7.724e-005*y*y$$

SUELO DESNUDO ACOLCHADO  
PROGENITORES

(a)

(b)



$$SD=1.116-0.002774*x+0.002281*y+6.273e-005*x*x-3.185e-005*x*y-3.986e-006*y*y$$

$$A=0.85+0.01146*x+0.002676*y-9.046e-005*x*x-2.725e-005*x*y-8.229e-006*y*y$$

SUELO DESNUDO ACOLCHADO  
PROGENIE

(c)

(d)

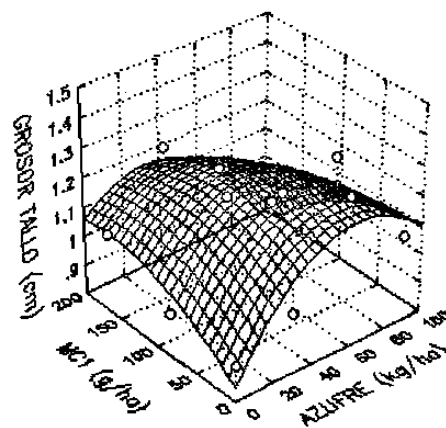
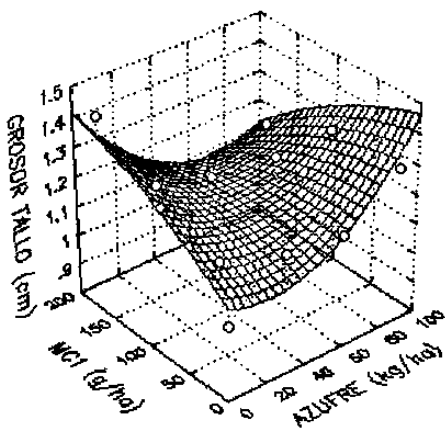


Figura 4. Comportamiento del Grosor de Tallo con Aplicación de Azufre y MCl, en condiciones de SD y AS, en Plantas Progenitoras y su Progenie.

causado por la mayor temperatura y humedad, apreciando un 70% de incremento en el grosor. Es también evidente, como se muestra en las figuras 4a y 4b que los tratamientos establecidos modifican sistemáticamente al tallo y posiblemente así mismo al tejido vascular.

La progenie proveniente de SD muestra que los tratamientos individuales con azufre y MCl tienen gran influencia, posiblemente hereditaria, sobre el grosor del tallo (figura 4c), ya que su aplicación sistemática se relaciona fuertemente con una mejor expresión de este proceso, como se muestra en el cuadro siguiente.

PROMEDIOS DEL GROSOR DE TALLO cm, EN LA PROGENIE DE SUELO DESNUDO			
TRATAMIENTOS	SD	TRATAMIENTOS	SD
MCl <sub>0</sub>	1.05	S <sub>0</sub>	1.05
MCl <sub>84</sub>	1.29	S <sub>30</sub>	1.20
MCl <sub>168</sub>	1.45	S <sub>60</sub>	1.17
		S <sub>90</sub>	1.31

Esto concuerda con lo reportado de que varios genes se expresan abundantemente en tallo (Edwards y Coruzzi, 1990). En el cuadro se observa, que MCl<sub>168</sub> aumenta el grosor de tallo hasta un valor de 1.45 cm, 38% superior al MCl<sub>0</sub>, y que el tratamiento con S<sub>90</sub> muestra su valor promedio de 1.31 cm, 25% mayor que S<sub>0</sub>. Un resultado similar se encuentra en las plantas progenie provenientes de AS (figura 4d), sin embargo existen óptimos en S<sub>60</sub>/MCl<sub>0</sub>, S<sub>30</sub>/MCl<sub>168</sub>, S<sub>30</sub>/MCl<sub>84</sub> y S<sub>90</sub>/MCl<sub>84</sub>, con los

grosos de 1.30, 1.27, 1.25 y 1.21 cm, respectivamente. Estos resultados son congruentes con el análisis estadístico practicado a los datos, mismo que presenta diferencia significativa a  $p \leq 0.05$  para SD/AS, y las interacciones SD/AS con azufre y azufre con MC1 (cuadro 8 del apendice 1). Esta mayor diversidad de la progenie puede explicarse además de los tratamientos aplicados, por la interacción del genotipo y el medio ambiente (Yassin, 1973), los cuales influyen en la expresión diferencial del contenido genético de la planta, haciendo estables o induciendo las características morfofisiológicas de las plantas.

#### Asimilación de CO<sub>2</sub> en Plantas de Papa.

La asimilación de CO<sub>2</sub> o fotosíntesis en condiciones de campo abierto, ocasionalmente se relaciona con la caracterización de cambios inducidos por condiciones de cultivo y su manejo. Sin embargo se considera como de gran utilidad en la selección de plantas altamente productivas. Las evaluaciones practicadas en el presente estudio a las plantas progenitoras y su progenie, en los diferentes tratamientos, arrojaron los resultados que se muestran en la figura 5.

Las plantas progenitoras en SD (figura 5a) y AS (figura 5b) no muestran respuesta al azufre aplicado al suelo, sin embargo los tratamientos con MC1 causan una aparente inhibición, misma que no es totalmente revertida por interacción con los otros tratamientos, la respuesta es concluyente con el análisis de varianza que se muestra en el

$$SD = 6.892 + 0.004131 * x + 0.001262 * y - 2.68e-005 * x * x - 5.801e-005 * x * y - 8.031e-005 * y * y$$

$$A = 7.048 - 0.02549 * x + 0.01426 * y + 0.0002826 * x * x - 6.317e-005 * x * y - 0.0001033 * y * y$$

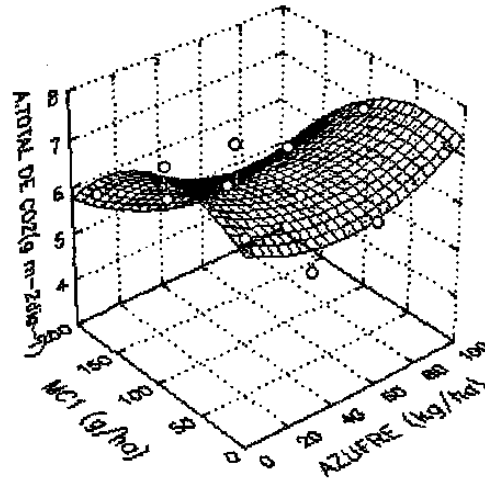
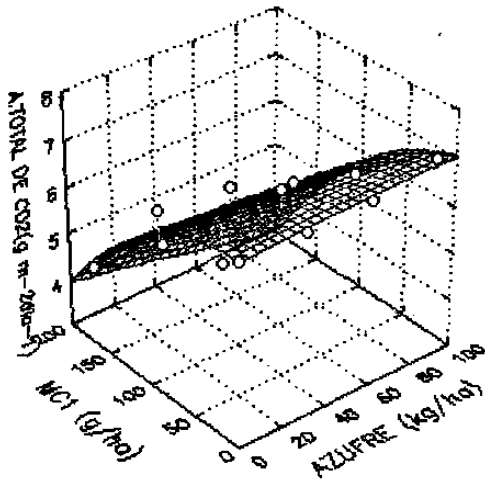
SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENITORES

(a)

(b)



$$SD = 4.166 - 0.01071 * x - 0.01638 * y + 7.407e-008 * x * x + 6.21e-005 * x * y + 0.0001384 * y * y$$

$$A = 3.209 + 0.05887 * x + 0.03502 * y - 0.0003994 * x * x - 0.00013 * x * y - 0.0002265 * y * y$$

SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENIE

(c)

(d)

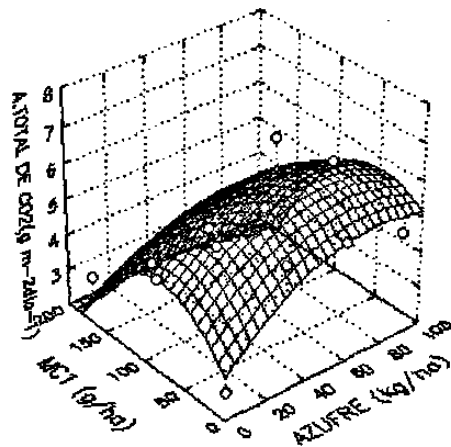
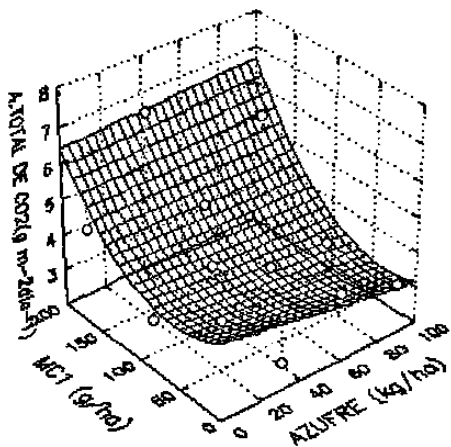


Figura 5. Asimilación de CO<sub>2</sub> en Plantas Progenitoras y su Progenie con Aplicación de Azufre y MC1, en Condiciones de SD y AS.



cuadro 9 del apendice 1.

En el cuadro siguiente se muestran los resultados observados en la interacción entre  $S_{90}$  y las diferentes concentraciones de MCl. Aquí la aparente inhibición o menor demanda de  $CO_2$  es más evidente en SD, mientras que el AS revierte los efectos de  $MCl_{84}$ , aunque finalmente la actividad de asimilación se reduce fuertemente con  $MCl_{168}$ . Es importante observar la alta sensibilidad de la asimilación de  $CO_2$  al tratamiento con MCl, posiblemente mejora en la planta el uso eficiente de los fotosintatos o bien regula la asimilación de  $CO_2$  de acuerdo con las demandas de la planta. Reiterando que la formulación MCl contiene precursores de SAM y que este es un substrato en las reacciones de transmetilación que regulan la expresión diferencial de genes contenidos en el cloroplasto (Ngerprasirtsiri *et al.*, 1988; Ngerprasirtsiri *et al.*, 1989) y que la enzima responsable de la asimilación de  $CO_2$ , ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (RUBISCO), es regulada post-transcripcionalmente por SAM (Houtz *et al.*, 1989; Houtz *et al.*, 1992), es posible que los resultados expresen una regulación diferencial de los genes conducida bajo condiciones de cultivo a campo abierto.

PROMEDIOS DE ASIMILACION DE $CO_2$ , EN PLANTAS PROGENITORAS ( $g\ m^{-2}\ día^{-1}$ )			
TRATAMIENTOS	SD	AS	MEDIA
$S_{90}$ $MCl_0$	7.18	7.22	7.20
$S_{90}$ $MCl_{84}$	5.89	7.25	6.57
$S_{90}$ $MCl_{168}$	4.55	5.45	5.00
$S_0$ $MCl_0$	6.92	7.40	7.16

La máxima asimilación de  $\text{CO}_2$  observada en el experimento de las plantas progenitoras, se encuentra en los tratamientos  $\text{AS/S}_{30}/\text{MC1}_{84}$  y  $\text{AS/S}_0/\text{MC1}_0$  con 7.66 y 7.40 g de  $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  respectivamente. Es claro que el AS mejora la fotosíntesis, lo cual concuerda con lo reportado sobre AS donde la asimilación de  $\text{CO}_2$  en el cultivo de tomate y espinaca aumenta, ya que además de los beneficios de AS, se tiene una mayor disponibilidad de la luz en el entorno de las plantas, causada por la dispersión y reflexión de la luz solar (Guariento, 1983; Terán et al., 1991; Serna, 1994). En cuanto al azufre se a reportado que las plantas utilizan gran cantidad de azufre para su actividad fotosintética (Diets, 1989) y la asimilación de  $\text{CO}_2$  se mejora al incrementar el contenido de azufre en el suelo, donde se cultivan plantas de espinaca (Serna, 1994).

La progenie de SD (figura 5c), muestra que al aumentar la dosis del regulador MC1, se incrementa la asimilación de  $\text{CO}_2$ , especialmente en el tratamiento con  $\text{S}_{30}$  donde el incremento es lineal hasta un óptimo de 7.12 g  $\text{m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  en el tratamiento  $\text{S}_{30}/\text{MC1}_{168}$ . En AS la asimilación (figura 5d) tiene óptimos en  $\text{S}_{60}/\text{MC1}_{84}$  y  $\text{S}_{90}/\text{MC1}_{84}$  con un valores de 6.94 y 5.63 g  $\text{m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , mostrando siempre una mejor respuesta al  $\text{MC1}_{84}$ , (el análisis de varianza se muestra en el cuadro 10 del apendice 1). La asimilación de  $\text{CO}_2$  diaria en plantas papa para condiciones adecuadas de humedad se a reportado ser de 6 g  $\text{m}^{-2}$  (Leach et al., 1982), los resultados observados aquí sobre la asimilación de  $\text{CO}_2$  muestran semejanza a lo reportado, tanto para las plantas progenitoras como la progenie.

**Características Morfofisiológicas y de Producción de la Progenie Proveniente de Diversos Niveles Agrotecnológicos.**

Densidad Estomática.

El comportamiento de la densidad estomática foliar en la superficie abaxial en la progenie proveniente de la aplicación de azufre y MC1 en condiciones de SD y AS se muestra en la figura 6.

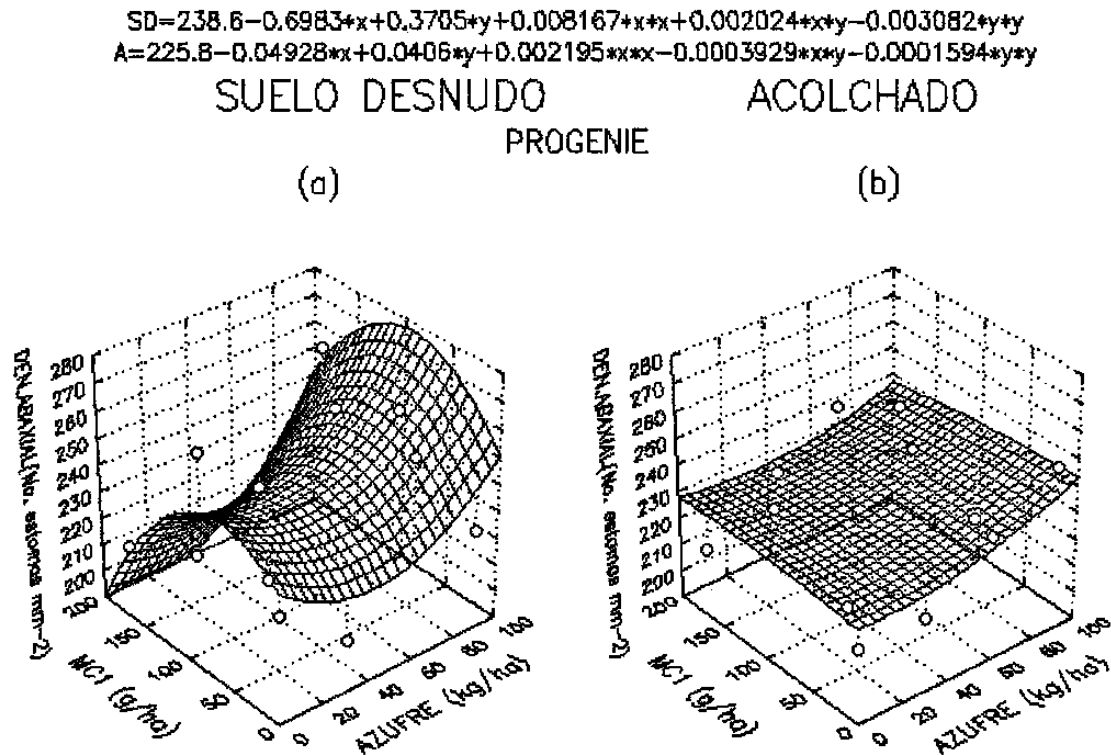


Figura 6. Comportamiento de la Densidad Estomática Abaxial de la Hoja Proveniente de la Aplicación de Azufre, MC1, SD y AS.

Una densidad máxima de 270 estomas  $\text{mm}^{-2}$  se observan en el tratamiento SD/S<sub>0</sub>/MC1<sub>84</sub> (figura 6a), mientras que en AS/S<sub>0</sub>/MC1<sub>84</sub> (figura 6b) se encuentran 262 estomas  $\text{mm}^{-2}$ . De manera general, los resultados al graficarse, muestran una relación cuadrática en las interacciones de cada tratamiento, tal como se observa en el resultado del análisis de varianza, mostrado en el cuadro 11 del apéndice 1, mismos que expresan diferencia significativa a  $p \leq 0.05$  para azufre, MC1, y las interacciones SD/AS con azufre, azufre con MC1 y SD/AS con azufre con MC1. De manera general el azufre estimula un mayor contenido de estomas, encontrando óptimos en SD/S<sub>80</sub>/MC1<sub>0</sub> y AS/S<sub>80</sub>/MC1<sub>0</sub> con 264 y 250 estomas por  $\text{mm}^{-2}$ . En los tratamientos SD/S<sub>0</sub>/MC1<sub>0</sub> y AS/S<sub>0</sub>/MC1<sub>0</sub> (tratamientos testigo), la densidad de estomas  $\text{mm}^{-2}$  es de 231 y 218 respectivamente, valores superiores a lo reportado por Rojas (1978), quien establece una densidad de 161 estomas  $\text{mm}^{-2}$ . Por otro lado también, se ha encontrado que el azufre estimula un mayor número de estomas en la superficie abaxial de las hojas de chícharo (Piña, 1994), lo cual concuerda con lo observado.

De acuerdo a los resultados que se reportan se puede establecer, que la densidad abaxial de estomas es modificada proporcionalmente por los tratamientos establecidos, encontrando 39-44 estomas más por  $\text{mm}^{-2}$ , siendo importante hacer notar que en las observaciones realizadas no se encontraron diferencias en el tamaño y morfología de los estomas, sin embargo deben realizarse ensayos para esta cuantificación.

La relación entre la densidad estomática foliar, abaxial/adaxial de la progenie resultante de la aplicación de azufre y MC1 en condiciones de SD y AS se presentan en la figura 7.

$$SD = 2.96 - 0.007208 * x - 0.0003507 * y + 2.4e-005 * x * x + 6.122e-005 * x * y - 1.902e-005 * y * y$$

$$A = 2.493 - 0.004577 * x + 0.006187 * y + 3.299e-005 * x * x - 1.928e-005 * x * y - 2.058e-005 * y * y$$

SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENIE

(a)

(b)

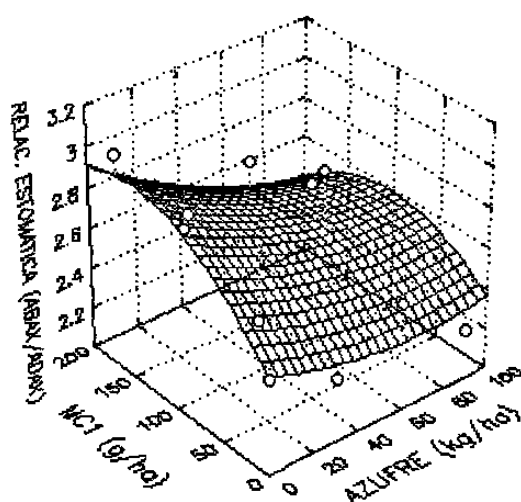
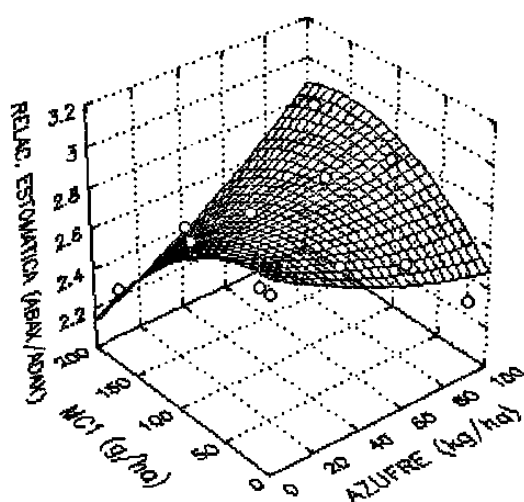


Figura 7. Comportamiento de la Relación entre la Densidad Estomática Abaxial/Adaxial, Proveniente de la Aplicación de Azulfre, MC1, SD y AS.

Los resultados expresados por los tratamientos tienen diferencia estadística significativa a  $p \leq 0.05$ , para todos los evaluados con excepción de SD/AS, como se observa en el cuadro

12 del apendice 1. Los tratamientos SD/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> y AS/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> muestran una relación de 2.96 y 2.65, encontrando valores máximos para SD en S<sub>90</sub>/MCl<sub>168</sub> con 3.19 (figura 7a) y para AS en S<sub>0</sub>/MCl<sub>168</sub> con 3.41 (figura 7b). Por otro lado mientras que para SD/MCl<sub>168</sub> y su interacción con S<sub>0</sub>, S<sub>30</sub>, S<sub>60</sub> y S<sub>90</sub> los resultados son 2.47, 2.32, 2.56 y 3.19, para la expresión de un efecto que estimula mayor número de estomas en la superficie abaxial con respecto a la adaxial, en AS/MCl<sub>168</sub> con los mismos niveles de azufre, los valores son 3.41, 2.73, 2.78 y 2.50, expresando un efecto contrario, por lo que se puede predecir que el AS reduce el número de estomas en la parte adaxial o bien estimula el número en la parte abaxial. Normalmente se a encontrado una relación de 3.15 para la papa (Rojas, 1978). En plantas de chícharo se a observado una relación estomática entre la superficie abaxial/adaxial de 1.2, disminuyendo esta al incrementarse la dosis de azufre (Piña, 1994), esto concuerda con los resultados observados en AS, además se reporta que en un ambiente adecuado, los estomas se presentan en menor abundancia (McCree y Davis, 1974), planteando, de acuerdo con los resultados expresados, que las plantas tienen una mejor adaptación y las condiciones de crecimiento son adecuadas.

#### Clorofila en las Hojas de la Planta de Papa.

El contenido de clorofila total (Cl<sub>t</sub>) en hojas de la progenie proveniente de la aplicación de azufre y MCl en condiciones de SD y AS se muestran en la figura 8.

$$SD=3.671+0.004311*x-0.00503*y-3.796e-005*x*x-3.671e-005*x*y+3.49e-005*y*y$$

$$A=3.758-0.01982*x+0.0004643*y+0.0001204*x*x+4.425e-005*x*y-1.612e-005*y*y$$

SUELO DESNUDO

ACOLCHADO

PROGENIE

(a)

(b)

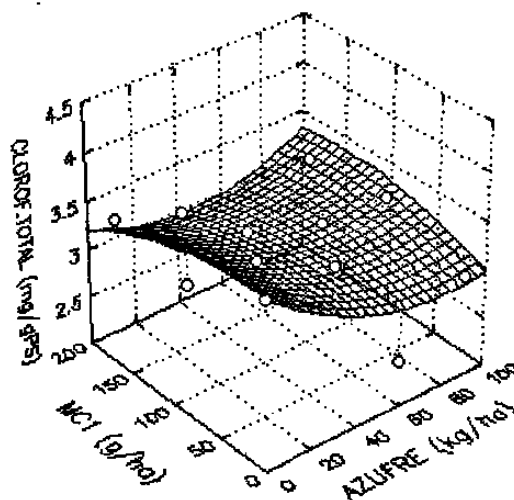
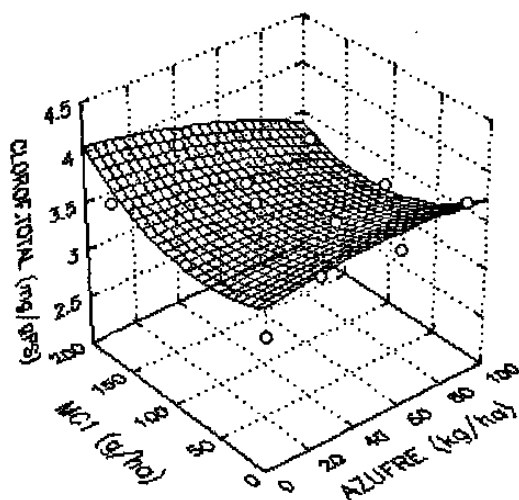


Figura 8. Contenido de Clorofila Total en Hojas de Papa con Provenientes de la Aplicación de Azufre, MCl, SD y AS.

La clorofila total encontrada en SD/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> y AS/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> es 3.39 y 3.75 mg g<sup>-1</sup> en base peso seco. En SD la mejor respuesta se encuentra en S<sub>30</sub> en los tratamientos con MCl<sub>0</sub>, MCl<sub>84</sub>, MCl<sub>168</sub>, con los valores de 4.20, 3.87 y 3.98 mg Cl<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> (figura 8a), y en AS (figura 8b), se observan valores óptimos de 3.75 mg Cl<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> de tejido seco en S<sub>30</sub>/MCl<sub>0</sub>. El contenido de clorofila total se incrementa en presencia de azufre (Piña, 1994), estos

resultados son comparables en los tratamientos de SD y AS. El análisis estadístico para  $Cl_t$  no reporta significancia estadística entre los tratamientos (Cuadro 13 en el apéndice 1), igual resultado se encuentra para clorofila a y clorofila b, por lo que no se presentan en el apéndice 1.

La relación clorofila a/b ( $Cl_{a/b}$ ) en hojas de la progenie resultante de la aplicación de azufre y MCl en condiciones de SD y AS se muestra en la figura 9, y su análisis estadístico muestra diferencia significativa a  $p \leq 0.05$  para los tratamientos SD/AS y azufre, tal como se muestra en el cuadro 14 del apéndice 1.

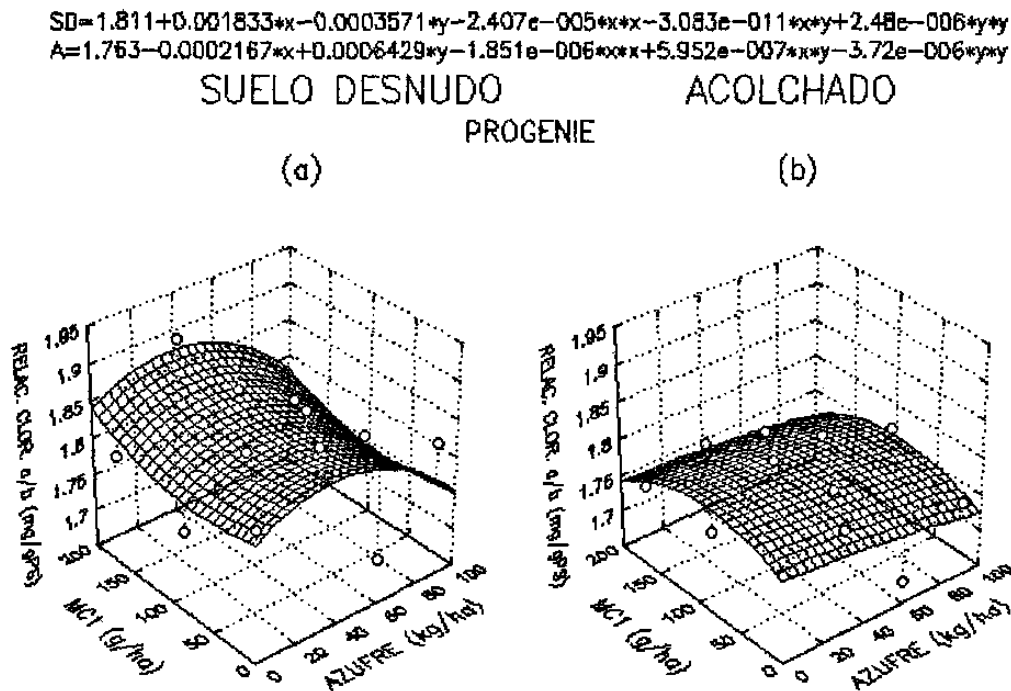


Figura 9. Comportamiento de la Relación de la Clorofila a/b en hojas Provenientes de la Aplicación de Azufre, MCl, SD y AS.



Los tratamientos SD/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> y AS/S<sub>0</sub>/MCl<sub>0</sub> tienen un valor de 1.83 y 1.77 y en promedio para SD se tiene un valor de 1.81 mientras que para AS este es de 1.76. En SD (figura 9a) se observan los mejores tratamientos en S<sub>30</sub>, con un máximo de 1.92 en S<sub>30</sub>/MCl<sub>168</sub>. En AS los resultados son similares a SD, teniendo valores para S<sub>30</sub> de 1.79, 1.82 y 1.78 para MCl<sub>0</sub>, MCl<sub>84</sub> y MCl<sub>168</sub>, respectivamente (figura 9b).

El azufre se menciona como un elemento importante en la formación de clorofila (Wainwright, 1984), y, se a encontrado que este aumenta el contenido de clorofila a y b en maíz (Dungarwal et al., 1974), mostaza (Rathore y Manohar, 1989a), amaranto (Brown et al., 1991) y chícharo (Piña, 1994); tal ves, porque los sulfatos son transformados en los cloroplastos, y esta, demanda de energía (ATP, NADPH) que se obtiene en los tilacoides, donde se encuentra contenida la clorofila. Por otro lado se a encontrado en los cloroplastos el 70% del azufre protéico de la planta (Demolon, 1972), por lo cual se puede concretar que se requieren determinadas cantidades de azufre para incrementar el contenido de clorofila. También se a encontrado que el AS blanco aumenta la asimilación de CO<sub>2</sub> en el cultivo de tomate ya que la luz del entorno de las plantas se incrementa por reflexión de la luz (Guariento, 1983; Terán et al., 1991), debido a esto se puede deducir que el incremento de luz por la reflexión del plástico puede aumentar la cantidad de clorofila a/b.

El incremento de la clorofila a/b en el SD es debido a la aplicación de azufre, en cambio en AS es por el incremento en la disponibilidad de luz en cantidad y calidad.

Características Fisiológicas que Influyen en la Producción de Tubérculo de Papa.

La producción de tubérculo, de la progenie resultante de los tratamientos establecidos, expresada en ton/ha, se encuentra altamente relacionada con características y propiedades de las hojas, como son  $Cl_t$  y asimilación de  $CO_2$  (ASN), como se muestra en la figura 10, de acuerdo a el modelo matemático siguiente :

$$\text{Ton Ha}^{-1} = 37.38 - 7.947*Cl_t - 7.802*ASN + 0.666*Cl_t^2 + 1.487*(Cl_t*ASN) + 0.3687*ASN^2$$

En esta y la figura 10, se observa que el tubérculo fresco se relaciona fuertemente tanto con  $Cl_t$  como con ASN.

$$\text{ton/ha} = 37.45 - 7.978*x - 7.807*y + 0.6896*x*x + 1.489*x*y + 0.3687*y*y$$

PROGENIE

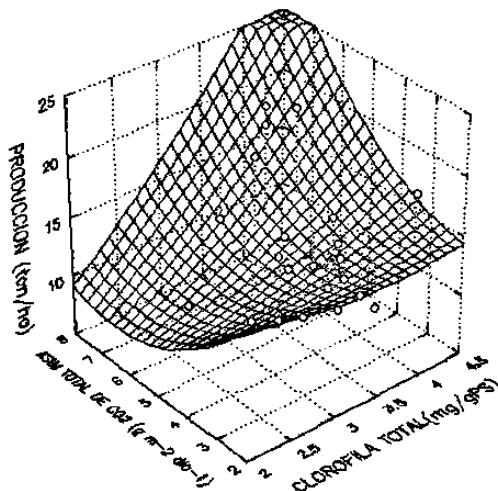


Figura 10. Relación de la Producción de Tubérculo con la Clorofila Total y la Asimilación de  $CO_2$ .

Esta relación muestra que se requiere de ambos y que tienen un efecto altamente dependiente, para la producción de fotosintatos, mismos que son traslocados al tubérculo para promover su crecimiento. Por lo anterior la  $Cl_c$  y la ASN pueden ser estimadores de un adecuado manejo del cultivo de papa, siempre y cuando se evalúen en conjunto.

Características Morfoanatómicas que Influyen en la Producción de Tubérculo de Papa.

En la progenie, también, se encuentra una respuesta que correlaciona el grosor del tallo ( $T_{gr}$ ) y la relación abaxial/adaxial ( $ES_{ab/ad}$ ) de estomas, con la producción por hectárea de tubérculo fresco, como se presenta en la figura 11 y se predice por la siguiente ecuación :

$$TON \text{ Ha}^{-1} = -32.87 - 16.18 * T_{gr} + 41.61 * ES_{ab/ad} - 22.22 * T_{gr}^2 + 21.6 * (T_{gr} * ES_{ab/ad}) - 13.38 * ES_{ab/ad}^2$$

El peso fresco del tubérculo se incrementa al aumentar tanto el grosor del tallo como la relación abaxial/adaxial de estomas, siendo también la producción de tubérculo altamente dependiente de estos factores.

Esta respuesta en la estructura morfoanatómica de la planta, tal vez, permita la adecuada distribución de los fotosintatos hacia tubérculo a través del tejido vascular, en especial el floema, y, la presencia de mayor número de estomas en la superficie abaxial posiblemente incrementa el flujo de  $CO_2$  hacia los cloroplastos, y la menor cantidad de estomas en la superficie adaxial posiblemente disminuya la demanda de agua

para la transpiración ya que los estomas de la región abaxial también regulan por transpiración el comportamiento térmico de la hoja (Dwelle, 1985).

$$\text{ton/ha} = -32.87 - 16.18 * x + 41.61 * y - 22.22 * x * x + 26.1 * x * y - 13.38 * y * y$$

PROGENIE

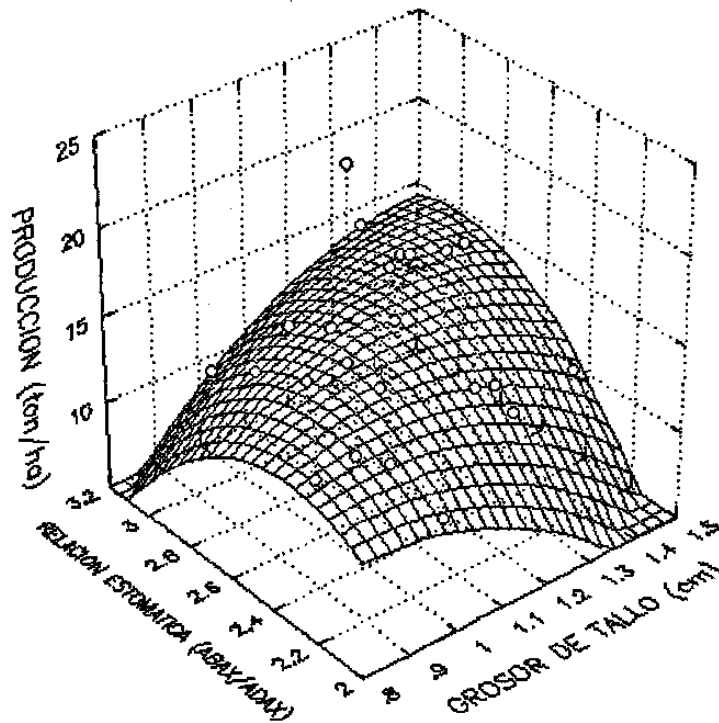


Figura 11. Respuesta de la Producción de Tubérculo, al Grosor de Tallo y la Relación de la Densidad Estomática Abaxial/Adaxial.

**Análisis Comparativo de las Características Morfofisiológicas y de Productividad de Plantas de Papa Progenitoras y su Progenie Resultante de la Aplicación de Diferentes Condiciones Agrotecnológicas.**

Se a encontrado que el tubérculo fresco en las plantas progenitoras fue diferente en suelo desnudo y acolchado de

suelos, observándose un máximo en  $S_{90}$  en SD, esta respuesta es similar al efecto positivo en la producción de diversos cultivos (Dungarwal *et al.*, 1974; Janzen y Bettany, 1984a y 1984b; Rasmussen y Allmaras, 1986; Mahakulkar *et al.*, 1991; Nuttall y Ukrainnetz, 1991) y para diferentes condiciones de clima (Pasricha y Fox, 1993), no mostró diferencia MC1. En cuanto al AS, el azufre no influyó en la producción, pero el efecto de MC1<sub>s</sub> fue positivo, al combinarse MC1<sub>s</sub>/ $S_{90}$  muestran una acción posiblemente sinérgica, encontrando menor producción con respecto al cultivo del mismo tratamiento SD, esta respuesta es contraria a lo reportado por Matheny *et al.* (1992) y Quero (1994), quienes demuestran que el AS en el cultivo de la papa a partir de semilla vegetativa incrementa la producción. Como el AS proporciona al cultivo mayor disponibilidad de humedad, aumentó de temperatura media del suelo, condiciones que se reportan adecuadas para una mayor asimilación de azufre (Tisdale y Nelson, 1970; Wainweight, 1984; Pasricha y Fox, 1993). Posiblemente la planta requiera de mayor demanda de azufre en AS, o algún otro elemento que interacciona con el azufre (Soliman, 1989).

La respuesta inhibitoria en AS es posiblemente causada por la mayor temperatura del suelo, ya que normalmente el cultivo de papa demanda de bajas temperaturas para la tuberización (Maroto, 1989; Valadez, 1989), por otro lado se menciona que el ácido jasmonico es un inductor de la tuberización (Helder y Vreughenhil, 1994), y que su presencia en los tejidos es

inducido por una reducción en los niveles de humedad.

En los tratamientos con azufre el tubérculo fresco es mayor al aumentar la dosis de azufre, encontrándose una eficiencia en la producción con respecto al azufre. En MC1 la producción es mayor en MC1<sub>64</sub> y MC1<sub>168</sub> con respecto a MC1<sub>0</sub>.

Tanto el azufre como el MC1 tienen efecto positivo sobre la producción de tubérculo (progenie), presentando incrementos promedio máximos de 39 y 4%, respectivamente.

En la progenie el tubérculo fresco presenta un óptimo para SD y AS en S<sub>30</sub>, observando un efecto inductor para ambas condiciones siendo el resultado estadísticamente diferente a  $p \leq 0.05$ ; estos resultados muestran una alta sensibilidad de las plantas a la aplicación de azufre. En cuanto a MC1 se observa que al incrementar la concentración la producción de tubérculo disminuye, mostrando un efecto negativo, siendo posible su participación como un elemento de organización y regulación de la expresión genética. MC1 puede promover las reacciones de metilación del material genético (Razin y Riggs, 1980; Dennis y Brettell, 1990; Riggs, 1990; Kumar *et al.*, 1990) a través de SAM, al aplicarse con azufre se revierte el efecto negativo de MC1, mostrando un efecto sinérgico y proporcional sobre la producción, siendo los mejores tratamientos S<sub>30</sub> y MC1<sub>168</sub> tanto para SD como para AS, comportamiento que indica posiblemente que algunos procesos estén involucrados en la productividad, siendo regulados y organizados parcialmente de una manera diferencial o posiblemente actúan en un mismo proceso

biológico, en el metabolismo del azufre (Rennenberg, 1984; Giovanelli *et al.*, 1987; Schmidt y Jager, 1992). El azufre aplicado a las plantas progenitoras y MCl se manifiesta en la progenie debido posiblemente a un tipo de memoria química que se presenta en las siguientes generaciones, tanto el azufre como el regulador son precursores de SAM (Rennenberg, 1984; Quero, 1985; Giovanelli *et al.*, 1987; Schmidt y Jager, 1992).

La producción de tubérculo seco en las plantas progenitoras se ve influenciada por la aplicación de azufre y MCl, en SD se observan producciones máximas tanto a  $S_{30}/MCl_{60}$  y  $S_{60}/MCl_0$ ; en AS se presenta el efecto sinérgico y proporcional al aumentar la dosis tanto de azufre como ( $S_{90}/MCl_{168}$ ). La progenie responde positivamente como en el caso de AS, acumulando materia seca hasta en un 40% con respecto a  $S_0/MCl_0$ , como respuesta a una posible mejor regulación de los procesos biológicos, tal como la asimilación de  $CO_2$ , y la respiración (Beukema y Van der Zaag, 1990). La acumulación de materia seca concuerda con los resultados obtenidos en diversos cultivos (Robinson y Jones, 1972; Dungarwal *et al.*, 1974; Fazal y Sisodia, 1989; Mahakulkar *et al.*, 1991).

La cantidad de biomasa aérea en las plantas progenitoras en SD presenta un óptimo a  $S_{60}/MCl_0$  y en AS se encuentra una tendencia positiva al incrementarse tanto el azufre como el regulador ( $S_{90}/MCl_{168}$ ). El acolchado proporciona al suelo condiciones constantes de temperatura, humedad y mayor disponibilidad de nutrientes (Robledo y Martin, 1988),

repercutiendo en mayor crecimiento, como se ha observado en diversos cultivos (Dommelen, 1989; Fear y Nonnecké, 1989; Wivutvongvana et al., 1991), por lo cual seguramente se requiere de mayor cantidad de azufre para que se pueda traslocar hacia tubérculo. En la progenie la productividad de biomasa aérea mejora hasta en 90% para SD y en 18% para AD en los tratamientos con azufre y MCl.

El grosor de tallo en las plantas progenitoras se observa que en SD se presenta un máximo a  $S_{30}/MCl_{84}$ , en AS suelos el grosor es mayor en el tratamiento  $S_{90}/MCl_{84}$ . Goyal et al. (1989), ha encontrado que el grosor del chile se incrementa con el acolchado, esto concuerda con los resultados observados. En la progenie proveniente de SD muestra que los tratamientos de azufre y MCl tienen una influencia posiblemente hereditaria sobre el grosor del tallo, ya que su aplicación se relaciona con una mejor expresión de este proceso.  $MCl_{168}$  muestra un incremento de 38% superior a  $MCl_0$  y  $S_{90}$  de 25% mayor que  $S_0$ ; el AS presenta resultados similares a SD. Esta mayor diversidad en la progenie puede explicarse además de los tratamientos aplicados, por la interacción del genotipo y el medio ambiente (Yassin, 1973), los cuales influyen en la expresión diferencial del contenido genético de la planta, haciendo estables o induciendo las características morfofisiológicas de las plantas.

El tubérculo fresco y seco, la biomasa aérea y el grosor de tallo son mayores en las plantas progenitoras que en su



progenie en condiciones de suelo desnudo y acolchado de suelos, debido seguramente a la aplicación de las agrotecnologías en las plantas progenitoras, además que el cultivo de las plantas progenitoras partió de plántula de cultivo de tejidos, este tipo de cultivo tiene una ganancia en tiempo de emergencia de la planta, uniformidad y sanidad del cultivo (Terán, 1990), en cambio la progenie partió de semilla-tubérculo.

La asimilación de  $\text{CO}_2$  en las plantas progenitoras no es influenciada por azufre y  $\text{MCl}$  causa inhibición en SD, en el AS la aplicación de  $\text{S}_{90}$  revierte los efectos de  $\text{MCl}_{84}$ , posiblemente debido a la alta sensibilidad de la planta a la asimilación de  $\text{CO}_2$ , mejora el uso eficiente de fotosintatos o bien regula la asimilación de acuerdo a las demandas de la planta; ya que la formulación contiene precursores de SAM y que este es sustrato en las reacciones de transmetilación que regulan la expresión diferencial en genes contenidos en el cloroplasto (Ngenprasirtsiri *et al.*, 1988; Ngenprasirtsiri *et al.*, 1989) y que la enzima responsable de la asimilación de  $\text{CO}_2$ , es la RUBISCO que es regulada post-transcripcionalmente por SAM (Houtz *et al.*, 1989), es posible que los resultados expresen una regulación diferencial de los genes conducida en campo abierto.

Es claro que el AS mejora la fotosíntesis, lo cual concuerda con lo reportado sobre AS donde la asimilación de  $\text{CO}_2$  en el cultivo de tomate y espinaca aumenta, ya que además de los beneficios de AS, se tiene una mayor disponibilidad de luz en

el entorno de las plantas causada por la dispersión y reflexión de la luz solar (Guariento, 1983; Terán *et al.*, 1991; Serna, 1994), en cuanto al azufre se reportado que las plantas utilizan gran cantidad de este para su actividad fotosintética (Diets, 1989) y la asimilación de  $\text{CO}_2$  se mejora al incrementar el contenido de azufre en el suelo, en plantas de espinaca (Serna, 1994). En la progenie en SD muestra que la asimilación de  $\text{CO}_2$  aumenta al incrementarse la concentración de  $\text{MCl}$  en especial en  $S_{30}$ , en AS presenta máximos a  $S_{60}$  y  $S_{90}$  con  $\text{MCl}_{34}$ . Los valores de asimilación de  $\text{CO}_2$  son similares en las plantas progenitoras y su progenie. Los valores de asimilación de  $\text{CO}_2$  varían de 6.94 a 7.66  $\text{g m}^{-2}\text{día}^{-1}$ , siendo comparable con lo reportado por Leach *et al.* (1982) que es de 6  $\text{g m}^{-2}\text{día}^{-1}$  en condiciones adecuadas de humedad.

#### **Análisis de las Características Morfofisiológicas y de Producción de la Progenie Resultante de la Aplicación de Diferentes Condiciones Agrotecnológicas.**

El comportamiento de la densidad estomática en la superficie foliar abaxial en SD y AS presentan máximos en cuanto a  $\text{MCl}$  en el tratamiento  $S_0/\text{MCl}_{34}$ , y en el azufre se observa mayor número de estomas para SD y AS en los tratamientos  $S_{90}/\text{MCl}_0$  y  $S_{60}/\text{MCl}_0$ , respectivamente. Estos valores son superiores a los reportado por Rojas (1978), por otro lado también se a encontrado que el azufre estimula mayor número de estomas en la superficie abaxial de hojas de chícharo (Piña, 1994), lo cual concuerda con lo observado. De acuerdo a lo

anterior se puede establecer, que la densidad abaxial de estomas es modificada, ya que se encontró de 39-44 estomas más por  $\text{mm}^{-2}$ .

La relación entre la densidad estomática foliar abaxial/adaxial se incrementa a mayor dosis de azufre y MCl en SD y ocurriendo lo contrario en AS. Esta relación se reportado para el cultivo de chícharo, la cual disminuye al incrementarse el contenido de azufre (Piña, 1994), esto es similar a los resultados del acolchado en este estudio, además se observado menor abundancia de estomas en ambiente adecuado (McCree y Davis, 1974).

En el contenido de clorofila total en hojas se encontrado mayor cantidad al aumentar la dosis de MCl y a  $S_{30}$ , tanto en SD como en AS. Esto concuerda con lo reportado en chícharo donde el contenido de clorofila total aumenta a mayor dosis de azufre (Piña, 1994).

La relación de clorofila a/b en hojas presenta un máximo a mayor dosis MCl en  $S_{30}$ , el AS presenta su valor máximo a  $S_{30}/\text{MCl}_{84}$ . El azufre se menciona como un elemento importante en la formación de clorofila (Wainwright, 1984) y se encontrado que este aumenta el contenido de clorofila a y b en diversos cultivos (Dungarwal *et al.*, 1974; Rathore y Manohar, 1989a; Brown *et al.*, 1991; Piña, 1994), esto posiblemente se deba a que los sulfatos son transformados en los cloroplastos y esta demanda de energía que se obtiene en los tilacoides, donde se encuentra contenida la clorofila. Por otro lado se encontrado

anterior se puede establecer, que la densidad abaxial de estomas es modificada, ya que se encontró de 39-44 estomas más por  $\text{mm}^{-2}$ .

La relación entre la densidad estomática foliar abaxial/adaxial se incrementa a mayor dosis de azufre y MC1 en SD y ocurriendo lo contrario en AS. Esta relación se a reportado para el cultivo de chícharo, la cual disminuye al incrementarse el contenido de azufre (Piña, 1994), esto es similar a los resultados del acolchado en este estudio, además se a observado menor abundancia de estomas en ambiente adecuado (McCree y Davis, 1974).

En el contenido de clorofila total en hojas se a encontrado mayor cantidad al aumentar la dosis de MC1 y a  $S_{30}$ , tanto en SD como en AS. Esto concuerda con lo reportado en chícharo donde el contenido de clorofila total aumenta a mayor dosis de azufre (Piña, 1994).

La relación de clorofila a/b en hojas presenta un máximo a mayor dosis MC1 en  $S_{30}$ , el AS presenta su valor máximo a  $S_{30}/MC1_{84}$ . El azufre se menciona como un elemento importante en la formación de clorofila (Wainwright, 1984) y se a encontrado que este aumenta el contenido de clorofila a y b en diversos cultivos (Dungarwal et al., 1974; Rathore y Manohar, 1989a; Brown et al., 1991; Piña, 1994), esto posiblemente se deba a que los sulfatos son transformados en los cloroplastos y esta demanda de energía que se obtiene en los tilacoides, donde se encuentra contenida la clorofila. Por otro lado se a encontrado

en los cloroplastos el 70% del azufre protéico de la planta (Demolon, 1972), por lo cual se puede concretar que se requieren determinadas cantidades de azufre para incrementar el contenido de clorofila. También se ha encontrado que el AS blanco aumenta la asimilación de  $\text{CO}_2$  en el cultivo de tomate ya que la luz del entorno de las plantas se incrementa por la reflexión de la luz solar (Guariento, 1983; Terán *et al.*, 1991), debido a esto se puede deducir que el incremento de la luz por la reflexión del plástico puede aumentar la cantidad de clorofila a/b. El incremento de clorofila a/b en el SD es debido a la aplicación de azufre, en cambio en AS es por el incremento en la disponibilidad de luz en cantidad y calidad.

La producción de tubérculo se incrementa al aumentar tanto la clorofila total como la asimilación de  $\text{CO}_2$ , esto puede indicar que un adecuado contenido de clorofila total y asimilación de  $\text{CO}_2$  se requieren para una mayor traslocación de fotosintatos hacia tubérculos, lo mismo ocurre con el grosor de tallo y la relación estomática abaxial/adaxial de la superficie foliar, donde se puede concretar que la planta necesita de una estructura morfoanatómica que permita una mayor eficiencia en la difusión de  $\text{CO}_2$  a través de una densidad estomática y tejido vascular (floema) referido al mayor grosor de tallo apropiados para la distribución de los fotosintatos hacia los tubérculos.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

-En las plantas progenitoras la aplicación de tecnología como el acolchado de suelos es comparable con la aplicación de azufre y regulador MC1 en el suelo desnudo en cuanto a la producción de tubérculo fresco y seco.

-Las condiciones que proporciona el acolchado de suelos en las plantas progenitoras permite que el azufre se encuentre disponible y repercutan ambos en el mayor grosor del tallo y acumulación de Biomasa aérea. La asimilación de CO<sub>2</sub> se ve influenciada por el regulador MC1 en forma negativa, en suelo desnudo, esto se revierte en acolchado de suelo con la aplicación de azufre (S<sub>90</sub>).

-Se encontró mayor peso de tubérculo fresco, tubérculo seco y aéreo, así como mayor grosor de tallo en las plantas progenitoras, debido a la aplicación de agrotecnología.

-La aplicación de tecnología como el azufre y regulador a las plantas progenitoras se manifiesta en la progenie encontrándose mayor estabilidad en la respuesta de crecimiento y productividad, además de una mayor diversidad en la expresión genética; en la progenie proveniente del acolchado de suelo se a encontrado menor respuesta que en suelo desnudo.

-La densidad estomática en la superficie abaxial, la relación entre la densidad estomática de la superficie abaxial/adaxial, clorofila total y la relación de la clorofila a/b en la

progenie muestran una mayor respuesta con los tratamientos de azufre y regulador MCl en las plantas provenientes de suelo desnudo que las de acolchado de suelos.

- La producción de tubérculo de papa en la progenie es dependiente por un lado de las características fisiológicas como la asimilación de  $\text{CO}_2$  y la clorofila total, y por otro del grosor del tallo y la relación entre la densidad estomática abaxial/adaxial de la hoja.

-La posible heredabilidad de las características morfofisiológicas, anatómicas y de productividad por la aplicación de agrotecnología nos llevan a la búsqueda de conocimientos que confirmen estos resultados, y esto puede ser realizado a través de biología molecular determinando el grado de metilación de procesos metabólicos como la actividad de RUBISCO y DNA.

## LITERATURA CITADA.

- Ahmad, R., and Z. Abdullah. 1989. Salinity induced changes in the growth and chemical composition of potato. *Pakistan Journal of Botany*. 11(2): 103-112.
- Ahmed, I.U., M.S. Faiz, S. Rahman, K.A. Hussain, and I.M. Bhuiyam. 1989. Effect of Nitrogen and Residual Sulfur on the Growth, Yield and N-S Composition of Rice. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 37 (2): 323-327.
- Auklakh, M.S., N.S. Pasricha and A.S. Azad. 1990. Phosphorus-sulphur interrelationships for soybeans on P and S deficient soil. *Soil Science* 150 (4): 705-709.
- Alcalde, B.S. 1971. *Apuntes del Curso de Nutrición Vegetal*, C.P. Chapingo, México.
- Archer, M.J. 1974. A Sund Culture Experiment to Compare the Effects of Sulphur on five Wheat Cultivars (*T. aestivum* L.). *Aust. J. Agric. Res.* 25(3): 369-380.
- Beukema, P.H., and D.E. Van der Zaag. 1990. Introduction to potato production. Pudoc. Wageningen.
- Bleyaert, P. 1990. Tomato No. 5. Influence of soil covering on tomato culture in a plastic green house. No. 310. 4 p.
- Boyajieva, N., and V. Rankov. 1989. Effect of polimeraided tomato mulching on the soil biological activity. *Pochvoznanie. Agrokhimiya* 24 (4): 79-85.



- Branson, R.L., C.D. Gustafson, A.W. Marsh, S. Davis and R.A. Strohman. 1974. Monitoring soil salinity and leaf nutrients in a young avocado orchard under drip irrigation. Second Intern. Drip Irrigation Congr. P. 364-369.
- Brown, H.D. and Ch.S. Hutchinson. 1949. Vegetable Science. Ed. Lippon Cotcheagu.
- Brown, M.A., A.H. Pearson and J.D. Martus. 1991. Vegetable and small fruit management systems on hill lands of the (upper) mid-south. Agricultural Research Service. Booneville, Arkansas 72927.
- Box, G.E.P., W.G. Hunter and J.S. Hunter. 1978. Statistics for Experimenters. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Box, G.E.P., and N.R. Draper. 1987. Empirical Model-Building and Response Surfaces. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Cajuste, L. 1977. Azufre del Suelo. Química del Suelo con un enfoque Agrícola. C.P. Chapingo, México. 266-273.
- Choi, B.H., and R. K. Park. 1990. Cultural techniques and productivity of buck wheat sown in spring. Research Report of the rural Development Administration 32 (1): 38-45.
- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth: A review. Commonwealth Bureau of Hort. and plantation crops. East Malling, England.
- Cullen, J.C. y A.R. Wilson. 1971. Producción Comercial de Patatas y su Almacenamiento. Ed. Acribia. España.

- Decoteau, D.R., M.J. Kasperbauer and P.G. Hunt. 1990. Bell Pepper Plant Development Over Mulches of Diverse Colors. Hortscience 25 (4): 460-462.
- Del Amor, F. y J.M. Sánchez. 1989. L'Irrigation Localisée en Espagne. Plasticulture 82: 53-58.
- Demolon, A. 1972. Crecimiento de Vegetales Cultivados. Ediciones Omega. España.
- Dennis, S.E., and Brettell, S.I.R. 1990. DNA Methylation of maize transposable elements is correlated with activity. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 326: 217-229.
- Diets, K.J. 1989. Recovery of Spinach leaves from sulfate and deficiency. J. Plant Physiol. 134 (5): 551-557.
- Díaz, A.G. 1988. Efecto del arropado con plástico sobre la temperatura y humedad del suelo y su influencia en la evapotranspiración y rendimiento del algodónero. Informe de Investigación. INIFAP-PRONAPA-SARH. Gómez Palacio, Dgo. México.
- Dommelen, C. 1989. Black film in autumn; problem-free planting in spring. Groenten en fruit, 45 (21), p 67.
- Dorobantu, N., V. Birnaure, R. Gaina, and L.O.T. Geamanu. 1987. Effects of some technological cropping factors on physiological processes in potatoes. Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic 'Nicolae Balcescu', A. Agronomie. 30 (1): 9-17.
- Doss, B.D., C.E. Evans and J.L. Turner. 1977. Irrigation and applied nitrogen effects on snap beans and pickling cucumbers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 654-657.

- Dungarwal, A., L. Mathur, and E. Singh. 1974. Plant and Soil. 41: 207- 210.
- Edwards, W.J., and G.M. Coruzzi. 1990. Cell-specific gene expression in plants. Annu. Rev. Genet. 24: 275-303.
- Ekanayake, I.U., J.P. De Jong, and J.P. De Jong. 1992. Stomatal response of some cultivated and wild tuber-bearing potatoes in warm tropics as influenced by water deficits. Annals of Botany. 70(1): 53-60.
- Engel, F. 1970. Exploration of the Chilca Canyon, Perú. Research Report, Current Anthropol. 11: 55-58.
- Fabiani, L. 1967. La Patata. Editorial AEDOS.
- Fahn, A. 1989. Plant Anatomy. Maxwell Macmillan International Editions, Oxford.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, p 308-316.
- Fazal, M. and D.S. Sisodia. 1989. Effect of Sulphur and Phosphorus on Growth, Nutrients and oil content in Soybean and their Residual Effect on Wheat Crop. Annals of Agric. Science. 34(2): 915-924.
- Fear, C.D., and G.R. Nonnecke. 1989. Soil mulches influence reproductive and vegetative growth of "fern" and "tristar" day-neutral strawberries. Hortscience 24 (6): 912-913.
- Garzón, D.P. 1986. Efectos de diferentes fechas de siembra en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. pinto americano bajo acolchado de suelos con películas plásticas. Tesis UAAAN. Saltillo, Coah.

- Giovanelli, J., S.H. Mudd, and A.H. Datko. 1987. Sulfur amino acid in plants. *The Biochemistry of Plants*. 5: 453-505.
- Goldberg, D. and M. Shmueli. 1970. Drip Irrigation. A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. *Trans. Amer. Soc. Agric. Eng.* 13: 38-41.
- Gómez-Pompa, P. 1988. *Riegos a Presión. Aspersión y Goteo*. Ed. AEDOS. España.
- Goyal, M.R., R. Guadalupe Luna, E.R. Hernández, C. Chao de Báez. 1989. Post-harvest evaluation of nitrogen fertigated sweet pepper under drip irrigation and plastic mulch. *J. of Agriculture of de University of Puerto Rico* 73 (2): 109-114.
- Granados, S. y R. Melgarejo. 1989. *Les Plastiques en Agriculture, Plasticulture No. 82*, pag. 41-48.
- Guariento, M. 1983. *El Acolchado en Diversas Situaciones Agroclimáticas*. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. Guadalajara, Jal.
- Harris, P.M. 1978. *The Potato Crop*. Ed. Chapman & Hall.
- Helder, H., and D. Vreugdenhil. 1994. Tuber induction in potato: The posible role of hydroxylated Jasmonic acid. *Plant Production on the Threshold of New Century*, 349-356. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Houtz, L.R., J.F. Stults, R.M. Mulligan, and N.E. Tolbert. 1989. Post-translational modifications in the large subunit of ribulose bisphosphate carboxylase/oxygenase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 86: 1855-1859.

- Houtz, L.R., L. Poneleit, S.B. Jones, M. Royer, and J.T. Stults. 1992. Posttranslational modifications in the amino-terminal region of the large subunit of ribulose-1,5,bisphosphate carboxylase/oxygenase from several plant species. *Plant Physiol.* 98: 1170-1174.
- Hundal, H.S., and R.B. Arora. 1990. Urea-S: A source of fertilizer N and S on loamy sand soil on wheat. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 38 (1): 164-165.
- Ishizuka, Y. 1971. Nutrient Deficiencies of Crops. *ASPAC* 34-41.
- Janzen, H.H., and J.R. Bettany. 1984a. Sulfur nutrition of Rapeseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 100-107.
- Janzen, H.H., and J.R. Bettany. 1984b. Sulfur nutrition of Rapeseed: II. Effect of time of sulfur application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 107-112.
- Kumar, S.L., R.R. Hendre and P.K. Ranjekar. 1990. 5-Methylcytosine content and methylation status in six millet DNAs. *J. Biosci.* 15: 47-52.
- Lammont, W.J. 1991. *Horticultura y Riego por Goteo. Agricultura de las Americas.* Año 40 No. 5 p: 16-18.
- Leach, J.E., K.J. Parkinson, and T. Woodhead. 1982. Photosynthesis, respiration and evaporation of a field-grown potato crop. *Annals of Applied Biology.* 101(2): 377-390.
- Mackinney, G. 1941. Absorption of Light by Chlorophyll Solutions. *J. Biol. Chem* 140: 315-322.

- Mahakulkar, B.V., B.G. Bathkal, and S.S. Wanjari. 1991. Effect of S, B and manganese on growth of yield of summer peanut. *Annals of Plant Physiology* 5(1): 129-131.
- Maiti, R.K., and J.J.G. Trujillo. 1992. Some Morphophysiological Characters in Relation to Shootfly (*Atherigona Soccata* Rond.) Resistance in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *Publicaciones Biológicas* 6: 155-158.
- Manfrinato, H.A. 1974. Effect of Drip irrigation on soil-water-plant relationships. Second Intern. Drip Irrigation Congr. p. 446-451.
- Maroto-Borrego, V.J. 1989. *Horticultura Herbacea Especial*. Ed. MUNDI-PRENSA.
- Martínez, C.A., and U. Moreno. 1992. Physiological expressions of drought resistance in potato cultivars subjected to water stress under field conditions. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 4(1): 33-38.
- Mass, E.V. 1984. Crop Tolerance. *California Agriculture* 38(10): 20-21.
- Matheny, A.T., P.G. Hunt, and M.J. Kasperbauer. 1992. Potato tuber production in response to reflected light from different colored mulches. *Crop Sci.* 32: 1021-1024.
- Mazur, T., H. Panak, T. Wojnowska, and Z. Cieccko. 1979. The effect of different rates of fertilizer on the intensity of photosynthesis in various cultivars of potato. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczo Technicznej w Olsztynie, Rolnictwo.* 26: 55-63.

- Mazur, T., and L. Rogalski. 1977. Effects of mineral fertilization on morphological features of potato tops and content of pigments in leaves. *Acta Agrobotanica*. 30(1): 71-83.
- McCree, K.J., and S.D. Davis. 1974. Effect of water stress and temperature on leaf size and number of epidermal cells in grain sorghum. *Crop Sci* 14: 751-753.
- Medina, J.T. 1952. *Los Aborígenes de Chile*. Imp. Universitaria Santiago.
- Miller, E.V. 1967. *Fisiología Vegetal*. Ed. UTEHA. México.
- Montaldo, A. 1984. *Cultivo y Mejoramiento de la Papa*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica.
- Ngernprasirtsiri, J., H. Kobayashi, and T. Akazawa. 1988. DNA methylation as a mechanism of transcriptional regulation in nonphotosynthetic plastids in plant cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 85: 4750-4754.
- Ngernprasirtsiri, J., R. Chollet, H. Kobayashi, T. Sugiyama, and T. Akazawa. 1989. DNA methylation and the differential expression of C4 photosynthesis genes in mesophyll and bundle sheath cells of greening maize leaves. *The Journ. of Biol. Chem.* 264: 8241-8248.
- Nuttall, W.F., and H. Ukrainetz. 1991. The effect of time of S application on yield and sulphur uptake of canola. *Communications in Soil Science and Plant analysis* 22(3-4):269-281.

- Ochoa, M.C. 1991. Los Andes, Cuna de la Papa. *Diversity*. 7(1,2): 48-49.
- Parsons, D. 1989. Manual para Educación Agropecuaria. Ed. SEP/TRILLAS.
- Pasricha, S.N., and R.L. Fox. 1993. Plant nutrient sulfur in the tropics and subtropics. *Advances of Agronomy*. 50: 209-259.
- Peirce, L.C., and M.L. Crispi. 1989. Relationship Between Flowering and Ripening Dates Modified in Tomatoes by Polyethylene mulch and Row Covers. *Hortscience* 24(5): 781-782.
- Peleman, J., W. Boerjan, G. Engler, J. Seurinck, J. Botterman, T. Alliotte, M. Van Montagu, and D. Inzé. 1989. Strong cellular preference in the expression of a house keeping gene of *arabidopsis thaliana* encoding S-adenosylmethionine synthetase. *The Plant Cell*. 1: 81-93.
- Piña, M.J.M. 1994. El cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.): Su respuesta bajo condiciones de acolchado de suelos y azufre elemental. Tesis ICCAC, incorporada a la UAAAN, Saltillo, Coah.
- Quero, G.E. 1985. Reguladores y Productividad. Proyecto presentado a CONACYT.
- Quero, G.E. y G.E. Terán. 1987. Regulador de Crecimiento y Productividad. Reporte interno CIQA. Saltillo, Coah.
- Quero, G.E., y G.E. Terán. 1988. Regulador de Crecimiento y Productividad. Reporte interno CIQA. Saltillo, Coah.



- Quero, G.E. 1991. Sistema y Método para Dosificar CO<sub>2</sub> a Plantas Agrícolas. Liquid Carbonic de México, S.A. de C.V. Patente 166568, México.
- Quero, G.I. 1994. Productividad del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Condiciones de Acolchado y Fertilización Carbónica. Tesis UAAAN. Saltillo, Coah.
- Ramírez, H.D. 1985. El Riego en el Cultivo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L. var. Viroflay) Bajo Práctica de Acolchado. Tesis UAAAN. Saltillo, Coah.
- Rasmussen E.P., and R.R. Allmaras. 1986. Sulfur fertilization effects on winter whwat yield and extractable sulfur in semiarid soils. *Agron. J.* 78: 421-425.
- Rathore, P.S., and S.S. Manohar. 1989a. Response of mustard to nitrogen and sulphur: I. Effect of nitrogen and sulphur on growth and chlorophyll content of mustard. *Indian J. Agron.* 34(3): 328-332.
- Rathore, P.S., and S.S. Manohar. 1989b. Effect of sulphur and nitrogen on quality parameters of mustard. *Farming systems* 5(1-2): 29-32.
- Razin, A., and A.D. Riggs. 1980. DNA Methylation and Gene Function. *Science.* Vol 210: 604-609.
- Rennenberg, H. 1984. The fate of excess sulfur in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35: 121- 153.
- Renquist, A.R., P.J. Breen and L. W. Martin. 1982. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation regimes on subsequent flowering and fruiting of (Olympus) strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 373-376.

- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Handbook No. 60. USA.
- Richter, G. 1971. Fisiología del metabolismo de las plantas. Ed. Continental. México.
- Riggs, D.A. 1990. DNA methylation and late replication probably aid cell memory, and type IDNA reeling could aid chromosome folding and enhancer function. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 326: 285-297.
- Robinson, A. and J. Jones. 1972. Effect of Phosphorus and Sulphur Fertilization on the Growth and Distribution of Dry Matter, Nitrogen, Phosphorus, and Sulphur in Townsville Stylo (*Stylosanthes humilis*) Aust. J. Agric. Res. 23(4): 633-640.
- Robledo De P.F. y L. Martin-Vicente. 1988. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Ed. MUNDI-PRENSA. España.
- Rodríguez, S.F. 1982a. Riego por Goteo. A.G.T. Editor.
- Rodríguez, S.F. 1982b. Fertilizantes. A.G.T. Editor.
- Rojas, G.M. 1978. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. McGraw Hill. México.
- Rusell, J.E. and E.W. Walter. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas, Ed. Aguilar. Madrid, España.
- Sagare, B.N., S.Y. Guhe, and H.A. Atre. 1990. Yield and nutrient harvest by sunflower (*Heliantus annus* L.) in response to sulphur and magnesium application in typic chromusters. Annals of plant physiology 4(1): 15-21.

- Schapendok, A.H.C.M., C.J.T. Spitters, and P.J. Groot. 1989. Effect of water stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of five potato cultivars. *Potato Research*. 32(1): 17-32.
- Schmidt, A., and K. Jager. 1992. Open questions about sulfur metabolism in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 43: 325-349.
- Serna, G.R. 1994. Productividad de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) con tres dosis de azufre agrícola y potasio con acolchado plástico de suelo. Tesis ICCAC incorporada a la UAAAN. Saltillo, Coah.
- Shamin, R., A.N.S. Hossain, M.M. Karim, A.M. Siddique, and M.H. Chowdhury. 1991. Effect of sulphur and method of zinc application on rice. *Bangladesh Journal of Agricultural Sciences* 18(1): 11-14.
- Shatilov, I.S. And V.V. Poletaev. 1983. Gas exchange in potato plants under field conditions. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel skokhozyaistvennoi Akademii.* 4: 30-36.
- Shmueli, M. and D. Goldberg. 1971. Sprinkle, furrow, and trickle irrigation of muskmelon in an arid zone. *HortScience* 6:557-559.
- Soliman, M.F. 1989. Effect of nitrogen and sulphur fertilizer on Fe, Mn and Zn uptake by corn plants grown in a coarse textured calcareous soil. *Agrochemistry* 33 (4-5): 219-229.

- Sukumaran, P.P., R. Ezekiel, and N.K. Perumal. 1989. Response of net photosynthetic rate and stomatal conductance to water deficit in different potato cultivars. *Photosynthetica*. 23(4): 664-666.
- Sumiati, E. 1989. Effects of Mulch, Shade and Plant Growth Regulators on Fruit Quality in the Tomato Cultivar Berlian. *Bull. Penelitian Hortikultura* 18 (1): 94-100.
- Sung, J.M. 1985. Studies on physiological response to water stress in sweet potato. I. The stomatal and non-stomatal regulations in carbon assimilation of sweet potato leaves. *J. of Agricultural Association of China*. 129:42-49.
- Tamonte, M. 1980. Production de Chicorées en montagne, le paillage plastique permet deux récoltes estivales. *Plasticulture, Les Plastiques en Agriculture* No. 88: 49-54.
- Terán Sarabia, G.E. 1990. Propagación de Plántulas. Manual. CIQA. Saltillo, Coah.
- Terán, G.E., I. Quero, F. Hernández, A. Benavides, E. Quero y J. Romero. 1991. Cambios Bioquímicos Asociados con la Fertilización Carbónica y Agroplasticultura en el Tejido Vegetativo de las Plantas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Resumen. 5a. Reunión de Bioquímica de Plantas. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila. México.

- Terán, G.E., I. Quero, F. Hernández, A. Benavides, E. Quero y J. Romero. 1993. Monitoreo Remoto del Medio Ambiente: un Ejemplo en el Cultivo de Hortalizas. Comunicaciones en Estadística y Medio Ambiente 1: 41-47.
- Terán, G.E. 1994. New Technologies for Horticultural Crops. Plant Production on the Treshold of a New Century. KluwerAcademic Publishers. 375-380.
- Teuscher, H. and R. Adler. 1982. El Suelo y su Fertilidad. CECSA.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España.
- Tuzel, Y., and A. Gul. 1991. Effect de Differentis paillis plastique sur la temperature du solet Le Rendement D'une culture de Cocumbre de printeps sous Serre. Plasticulture No. 19 pags 37-40.
- Udovenko, G.V., V.N. Sinel'nikova, L.A. Semushina, and V.M.T.I. Evdokimov. 1976. Effect of soil salinity on photosynthetic activity and accumulation of reserve nutrients in plants. Byulleten Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhby Narodov Instituta Rastenievodstva imeni N.I. Vavilova. 63: 40-44.
- Ugent, D. 1970. The Potato. Science 170: 1161-1166.
- Valadez-López, A. 1989. Producción de Hortalizas. Editorial LIMUSA.
- Vavilov, N.I. 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. Chronica Botanic. Waltham, Mass.

- Wainwright, M. 1984. Sulphur Oxidation in Soils. *Adv. Agron.* 37: 349-396.
- Weaver, J.R. 1976. *Reguladores del Crecimiento de las plantas en la agricultura.* Ed. Trillas, México.
- Wivutvongvana, P., M. Ekasingh, J. Paungmanee, T. Klodpeng, M. Nicornpun and P. Lumyong. 1991. The use of fertilizers, mulching and irrigation for vegetable production. I. The tropical zone Thailand. *Food and Fertilizer Technology* No. 334, pag. 1-9.
- Yassin, T.E. 1973. Genotypic and phenotypic variances and correlations in field bean (*Vicia faba* L.). *Jour. Agric. Sci.* 81: 445-448.

APENDICE 1

CUADRO 1. PROGENITORES: ANALISIS DE VARIANZA DEL TUBERCULO FRESCO A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	222095	24	229544	9.67547	.00476
2	3	363277	24	229544	1.58260	.21958
3	2	145469	24	229544	0.63372	.53925
12	3	384423	24	229544	1.67472	.19898
13	2	300365	24	229544	1.30852	.28881
23	6	78003	24	229544	0.33981	.90885
123	6	216649	24	229544	0.94382	.48271

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 2. PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DEL TUBERCULO FRESCO A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	40016	72	53186	0.75238	.38860
*2	3	372836	72	53186	7.00993	.00033
3	2	98926	72	53186	1.85998	.16307
12	3	38607	72	53186	0.72587	.53984
13	2	36833	72	53186	0.69252	.50361
*23	6	272923	72	53186	5.13141	.00019
123	6	46506	72	53186	0.87440	.51809

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 3.  
 PROGENITORES: ANALISIS DE VARIANZA TUBERCULO SECO A  
 DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	88734	24	9762	9.08901	.00599
2	3	15580	24	9762	1.59589	.21647
3	2	1611	24	9762	0.16504	.84881
12	3	21959	24	9762	2.24926	.10846
13	2	15545	24	9762	1.59232	.22420
23	6	3758	24	9762	0.38496	.88133
123	6	15809	24	9762	1.61934	.18506

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 4.  
 PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DEL TUBERCULO SECO A  
 DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	462.20	72	1831.2	0.25349	.61616
*2	3	9804.7	72	1831.2	5.35417	.00219
3	2	1816.6	72	1831.2	0.99204	.37582
12	3	924.08	72	1831.2	0.50462	.68030
13	2	901.14	72	1831.2	0.49209	.61338
*23	6	7135.9	72	1831.2	3.89680	.00200
123	6	2000.5	72	1831.2	1.09244	.37526

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .



CUADRO 5. PROGENITORES: ANALISIS DE VARIANZA DE LA BIOMASA AEREA A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	43542	24	26968	1.61460	.21602
2	3	62876	24	26968	2.33153	.09957
3	2	18991	24	26968	0.70421	.50443
*12	3	99174	24	26968	3.67748	.02605
13	2	37315	24	26968	1.38369	.26993
23	6	47291	24	26968	1.75363	.15173
123	6	37482	24	26968	1.38988	.25904

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 6. PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA BIOMASA AEREA A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	12666	72	2781.2	4.55415	.03624
2	3	5120.9	72	2781.2	1.84124	.14734
3	2	274.6	72	2781.2	0.09872	.90608
12	3	3914	72	2781.2	1.40730	.24766
13	2	8.5	72	2781.2	0.00305	.99695
*23	6	8253.5	72	2781.2	2.96761	.01203
123	6	4833.6	72	2781.2	1.73794	.12450

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 7.  
 PROGENITORES: ANALISIS DE VARIANZA DEL GROSOR DE TALLO A  
 DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	4.2602	24	0.21439	19.8711	.00016
*2	3	1.2748	24	0.21439	5.9465	.00350
3	2	0.6768	24	0.21439	3.1569	.06065
*12	3	0.7344	24	0.21439	3.42588	.03318
13	2	0.3027	24	0.21439	1.41215	.26314
23	6	0.4317	24	0.21439	2.0137	.10322
123	6	0.2292	24	0.21439	1.0693	.40789

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 8.  
 PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DEL GROSOR DE TALLO A  
 DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	.27713	72	.040296	6.87750	.01064
2	3	.02096	72	.040296	0.52030	.66966
3	2	.02323	72	.040296	0.57654	.56440
*12	3	.16282	72	.040296	4.04029	.01030
13	2	.00308	72	.040296	0.07652	.92640
*23	6	.09381	72	.040296	2.32816	.04127
123	6	.06251	72	.040296	1.55143	.17398

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 9.  
 PROGENITORES: ANALISIS DE VARIANZA DE LA ASIMILACION DE  
 CO<sub>2</sub> A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	7.1127	67	3.35354	2.12096	.14996
2	3	2.2067	67	3.35354	0.65803	.58075
*3	2	23.520	67	3.35354	7.01370	.00171
12	3	0.6146	67	3.35354	0.18327	.90740
13	2	3.8477	67	3.35354	1.14736	.32363
23	6	1.0138	67	3.35354	0.30232	.93358
123	6	0.5554	67	3.35354	0.16564	.98501

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 10.  
 PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA ASIMILACION DE CO<sub>2</sub>  
 A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	0.2937	36	1.39432	0.21070	.64897
2	3	1.7398	36	1.39432	1.24778	.30680
3	2	0.2349	36	1.39432	0.16852	.84557
12	3	0.2824	36	1.39432	0.20260	.89390
13	2	3.6497	36	1.39432	2.61758	.08682
23	6	1.1827	36	1.39432	0.84846	.54158
123	6	0.9224	36	1.39432	0.66158	.68083

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 11.  
 PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA DENSIDAD ESTOMATICA  
 EN LA SUPERFICIE ABAXIAL A DIFERENTES CONDICIONES  
 AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	41.632	692	15.3205	2.71742	.09971
*2	3	437.39	692	15.3205	28.5496	.00000
*3	2	118.16	692	15.3205	7.71314	.00048
12	3	26.410	692	15.3205	1.72383	.16072
*13	2	95.411	692	15.3205	6.22767	.00208
*23	6	151.12	692	15.3205	9.86415	.00000
*123	6	82.858	692	15.3205	5.40833	.00001

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 12.  
 PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA RELACION ESTOMATICA  
 ABAXIAL/ADAXIAL A DIFERENTES CONDICIONES  
 AGROTECNOLOGICAS  
 (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)

Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	0.3372	692	.525646	0.64573	.42191
*2	3	4.5113	692	.525646	8.63677	.00001
*3	2	1.9400	692	.525646	3.71403	.02486
*12	3	3.5719	692	.525646	6.83821	.00015
*13	2	4.0625	692	.525646	7.77744	.00045
*23	6	1.5445	692	.525646	2.95692	.00740
*123	6	2.3597	692	.525646	4.51764	.00016

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 13. PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA CLOROFILA TOTAL A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
1	1	1.4262	33	.928981	1.53533	.22405
2	3	1.0399	33	.928981	1.11941	.35528
3	2	0.0645	33	.928981	0.06943	.93305
12	3	0.2007	33	.928981	0.21614	.88449
13	2	0.1832	33	.928981	0.19722	.82197
23	6	0.0595	33	.928981	0.06415	.99880
123	6	0.2698	33	.928981	0.29053	.93720

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

CUADRO 14. PROGENIE: ANALISIS DE VARIANZA DE LA RELACION DE LA CLOROFILA a/b A DIFERENTES CONDICIONES AGROTECNOLOGICAS (1-ACOLCHADO, 2-AZUFRE, 3-REGULADOR MC1)						
Efecto	df Efecto	SM Efecto	df Error	SM Error	F	p
*1	1	.03789	33	.003521	10.7645	.00244
*2	3	.01741	33	.003521	4.94685	.00603
3	2	.00053	33	.003521	0.15058	.86079
12	3	.00145	33	.003521	0.41651	.74439
13	2	.00236	33	.003521	0.67022	.51842
23	6	.00643	33	.003521	1.82650	.12416
123	6	.00208	33	.003521	0.59203	.73429

\*Significancia a  $p \leq 0.05$ .

