



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS
IZTACALA

400282



61060

**ANALISIS DE CRECIMIENTO: EFECTO DE DOS
ANTITRANSPIRANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DE
LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN
CONDICIONES DE TEMPORAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARTHA ELENA AGUILERA MORALES

ASESOR: M. EN C. GABRIEL CAMARENA GUTIERREZ

LOS REYES IZTACALA EDO. DE MEX.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Ser uno de los miles colaboradores a la ciencia,
¡ ES UN PRIVILEGIO !

Ser uno de los miles de trabajadores ayudando a elevar el nivel de vida de los que nos rodean,
¡ ES UNA OPORTUNIDAD !

Ser uno de los miles que ayudan a tener una vida más plena a otros,
¡ ES UN RETO !

Aunque lo que hagamos parezca insignificante, nuestros esfuerzos se vuelven colectivos, como pequeños copos de nieve que transforman un triste y seco pasaje en algo bello.

Así como las gotas de agua o de granos de arena hacen al poderoso océano y la apacible tierra, así nuestros esfuerzos - grandes, medianos o pequeños- ayudan para el desarrollo del mundo.

Paul S. McElroy.

Gracias Señor, por este objetivo alcanzado,
Por esa mano que me tendiste cuando necesité,
Por esos labios cuyas palabras me alentaron
Por ese corazón que amistad, cariño y amor me brindaron
Gracias Señor, por la salud que me ha sostenido,
Por la comodidad y la diversión que me han descansado.

DEDICATORIA

A todos aquellos que se dedican a trabajar la tierra y a los que tienen fe en el progreso de México contribuyendo con un esfuerzo en busca de prácticas culturales y técnicas que mejoren los cultivos, para obtener productos de mayor calidad y altos rendimientos, que encaminen a nuestro país hacia nuevas fuentes de trabajo, abatimiento del hambre, mejora de la calidad de vida y contribuya a la economía mediante la entrada de divisas por exportación.

Con todo cariño,

A mis padres: Pedro y Elia

A mis hermanos:
José Luis
Gerardo
Armando
Pedro.

A mi tía: Margarita y a Maribel

A mis entrañables amigos: Carmen y César como un estímulo para que logren sus objetivos.

A muy apreciables amigos:

Verónica Tellez
Maribel Reséndiz.
Javier Juárez.
Angel García.

A quienes no reconocen las valiosas aportaciones de los Biólogos.

AGRADECIMIENTOS

A mi persona por el esfuerzo logrado y la no desviación de este objetivo.

Al M. en C. Gabriel Camarena por su gran calidad humana y por su profesionalismo en la realización de este trabajo.

Al Biol. Pedro García por su gran compañerismo y acertados consejos.

Al Biol. César Mateo Flores por su ayuda técnica y asesoría en los aspectos químicos.

Por sus atinados comentarios y sugerencias que aportaron a este trabajo, al: M. en C. Ignacio Peñalosa, Dr. en C. Jorge Sarquis, Biol. Antonia Trujillo, Biol. Gerardo Montiel, Biol. Alberto Arriaga.

Al Sr. Rubén Arias y familia que me permitieron experimentar en sus tierras.

A Patricia Arellano y familia por su hospitalidad y apoyo en Tenango, Edo. de México.

A Patricia Jiménez por su compañerismo, su incondicional y desinteresada gran ayuda en la fase de laboratorio.

A todos los profesores de la ENEP Iztacala que contribuyeron en mi formación profesional.

A toda mi familia que me impulso durante toda mi formación brindándome ayuda moral y económica.

CONTENIDO

ABREVIATURAS	
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. OBJETIVOS	7
III. REVISION LITERARIA	8
3.1 Origen de la papa.	8
3.2. Descripción botánica.	8
3.3. Morfología.	8
3.4. Factores ambientales.	9
3.4.1. Disponibilidad de agua.	9
3.4.1.1. Transpiración.	11
3.4.1.2. Participación de iones K ⁺ y Cl ⁻ en la transpiración.	13
3.4.1.3. Factores que afectan la transpiración.	14
3.5. Luz.	18
3.6. Temperatura.	19
3.7 Nutrición mineral.	21
3.8 Componentes del rendimiento.	25
3.9.Crecimiento de la papa en campo.	27

3.10	Análisis de crecimiento.	31
3.11	Enfermedades de la planta y su control.	33
IV.	ANTECEDENTES	35
V.	MATERIALES Y METODOS	38
5.1.	Localización y características del área de estudio.	38
5.2.	Metodología.	38
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	43
6.1	Crecimiento general del cultivo en la zona 1 (CON1).	43
6.2.	Crecimiento con ASA en la zona 1 (ASA1)	53
6.3.	Crecimiento con KAO en la zona 1 (KAO1)	61
6.4	Crecimiento del control en la zona 2 (CON2).	68
6.5	Crecimiento con ASA en la zona 2 (ASA2).	75
6.6	Crecimiento con KAO en la zona 2 (KAO2).	81
6.7	Correlación de las etapas de crecimiento fisiológicas con las morfológicas.	88
VII.	CONCLUSIONES	93
VIII.	SUGERENCIAS	95
IX	REFERENCIAS	96

ABREVIATURAS

AC. Análisis de crecimiento.

AF. Area foliar.

TAN. Tasa de asimilación neta.

IAF. Índice de área foliar.

TCR. Tasa de crecimiento relativo.

ABA. Acido abscísico.

J&L y un número. Etapa de crecimiento morfológica reportada por Jefferies y Lawson (1991).

G y un número. Etapa de crecimiento fisiológica citada por García (1994)

RESUMEN

La importancia de la papa es su potencial alimenticio además de conservar el primer lugar en producción de calorías diarias por unidad de superficie y relativamente en poco tiempo. En México el rendimiento de este cultivo está muy por debajo de su potencial reproductivo de la especie en comparación con otros países debido a una gran variedad de factores adversos destacando entre ellos el gran porcentaje destinado al temporal, bajo número de variedades, insuficiencia de semilla certificada, sanidad de la semilla y el ataque de patógenos, principalmente del hongo *Phytophthora infestans*. El presente trabajo se llevó a cabo en el predio "Agua tapada", Tenango del Valle, Edo. de Méx., a 3400 msnm, e con el objetivo de evaluar dos antitranspirantes, ácido acetil salicílico (ASA) y kaolin (KAO), para una mejor eficiencia del uso de agua bajo condiciones de temporal. La evaluación se realizó a través de las etapas de desarrollo y crecimiento. Se realizaron colectas al azar en 1 m² de las plantas tomando del dosel muestras para la determinación de la concentración de clorofilas, azúcares, almidones y iones K⁺ y Cl⁻. Las plantas fueron separadas en sus órganos (raíces, tallos, hojas y tubérculos). Se determinó área foliar y peso seco para luego obtener los parámetros del análisis de crecimiento (TAN, IAF, DAF, TCR) que nos indicarían el comportamiento fisiológico del cultivo. Se presentaron factores adversos como estrés hídrico, helada y ataque de un patógeno, el hongo *Rizotocnia solani*. Los resultados indicaron que ASA tuvo más eficacia como antitranspirante además de combatir al hongo. El KAO fué menos eficiente y no mostró evidencia de combatir al patógeno. El uso y eficiencia de los antitranspirantes dependen de la etapa de crecimiento de la planta, las condiciones ambientales, la calidad del material de siembra y de la práctica cultural empleada.

Por otra parte en base a la correlación de las etapas de crecimiento morfológicas y fisiológicas se determinó las etapas bajo condiciones de estres hídrico. Se sugiere verificar la eficacia del ASA sobre patógenos fungales a través de experimentos basados en la inoculación. También es necesario seguir abordando los problemas que vayan surgiendo en el campo para integrarlos a la fisiológica agrícola con el fin de obtener rendimientos más satisfactorios.

I. INTRODUCCION.

La trascendencia del cultivo de papa radica en su potencial como alimento. Ocupa el cuarto lugar entre los cultivos preponderantes para la alimentación humana; se encuentra en primer lugar en la producción de calorías diarias por unidad de superficie cosechada y el segundo después de la soya en la producción de proteínas (Villarreal,1983).

La papa (*Solanum tuberosum* L.) en México comenzó a cultivarse en regiones muy elevadas, entre los 2500 y 3400 m.s.n.m., obteniéndose rendimientos inferiores a 10 ton/ha., en condiciones de temporal. Por otro lado, en los Valles Altos el cultivo está bien tecnificado y bajo riego donde se obtienen rendimientos superiores a 20 ton/ha. (Lozano,1987).

El rendimiento promedio de papa en México es de 12 ton/ha.; producción que está muy por debajo del potencial productivo de la especie comparada con otros países. Entre los factores que limitan el rendimiento de este cultivo se encuentran: el alto porcentaje que se destina a condiciones de temporal, insuficiencia de semilla certificada para las áreas de riego y valles con temporal estable, bajo número de variedades, carencia de semilla con sanidad apropiada para los valles altos y sierras, factores ambientales adversos, y en especial, la susceptibilidad a plagas y enfermedades; destacando las provocadas por: hongos, bacterias, nemátodos y virus (Villarreal, 1983 y Bayer, 1984).

En México las principales enfermedades que afectan al cultivo son: el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary, Tizón temprano *Alternaria solani* (Ell.F.G. Martín) Soraver, la viruela *Rhizotocnia solani* Khun, la roña común *Stroeptomyces scabies* (Thaxt) Waks y Henrici, la roña polvorienta *Spongospora subterranea* (Wallr) Lagerh, la pudrición bacteriana *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith, la pudrición blanda o pierna negra *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Van Hall) Dge., el nemátodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* el virus del enrollamiento de la hoja de la papa, virus "X", virus "Y", virus "S", entre otros (Bayer 1984 y Hooker,1980).

Sin embargo, la enfermedad más importante en todo el mundo es la del tizón tardío y la cual es una gran limitante en la producción de la mayoría de las áreas donde se siembra (Villarreal, 1983).

En el Estado de México, en las faldas del Nevado de Toluca, se encuentra la mayor zona productora de papa bajo condiciones de temporal en fincas de pequeños agricultores (idem). En estas áreas el principal problema es el adecuado abastecimiento de agua. Como sabemos, el agua juega un papel fundamental en los procesos fisiológicos de todas las plantas, influye sobre el crecimiento y la productividad de un cultivo.

Para desarrollar sistemas de cultivos adaptados a las condiciones locales es necesario comprender la relación entre el agua y la planta, así como conocer los métodos de conservación de humedad y eficiencia de uso de agua en la agricultura de temporal para optimizar el aprovechamiento de la precipitación pluvial, ya que año con año varían las condiciones climáticas afectando la disponibilidad de agua.

Existe información acerca del uso de antitranspirantes (sustancias químicas que provocan cierre de estomas y reducen la transpiración más que la fotosíntesis) que incrementan significativamente la eficiencia del uso de agua y la productividad (Larqué-Saavedra, 1978; Shekour et. al., 1987).

Bierhvizen (1977, citado por Roderiguez, 1986), da sus dos puntos de vista sobre la eficiencia de uso de agua: 1) ingenieril, que incluye las técnicas de aplicación y medición del agua, y 2) el ecofisiológico que se refiere a la cantidad de agua que la planta transpira para fijar cierta cantidad de CO₂ o para producir una unidad de materia seca.

Fisher (1979, citado por Rodriguez, 1986), definió la eficiencia de transpiración como la relación entre la acumulación de materia seca y la transpiración. Rodríguez (1986), señala que el rendimiento agronómico de los cultivos, la producción de materia seca y la distribución de materia al grano se puede expresar en términos de uso de agua.

La formación y acumulación de materia seca, determinada por los factores ambientales y los factores internos de las plantas se puede conocer mediante la aplicación del análisis de crecimiento (AC), que es una metodología estándar que estima la producción fotosintética neta de las plantas o cultivos y es definida como el resultado neto de trabajo asimilatorio durante cierto período de tiempo (Sestak et.al., 1971).

El AC es útil para evaluar el efecto de diferentes prácticas agrícolas (uso de variedades, fertilización, fecha de siembra, etc.). En base a lo anterior, en este trabajo se evalúa el uso de antitranspirantes sobre el cultivo de papa en una zona de temporal.

Faltan páginas

N° 6

II. OBJETIVO GENERAL

- Comparar el efecto de dos antitranspirantes, ácido acético salicílico (ASA) y kaolín (KAO), sobre el crecimiento y desarrollo de la papa en condiciones de temporal.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el crecimiento de las plantas de papa bajo tratamiento con ASA y KAO respecto a un control obteniendo los parámetros fisiológicos de AF, TAN, IAF, DAF, TCR.

- Cuantificar la concentración de clorofilas, azúcares y almidones de la parte aérea de las plantas de cada tratamiento a los días:

45 desarrollo de hojas y tallo principal,

65 inicio de la floración,

73 inicio de la tuberización y plena floración,

90 crecimiento del tubérculo e inicio del desarrollo del fruto botánico,

105 pleno crecimiento del fruto botánico y crecimiento total del tubérculo y

120 madurez comercial.

- Cuantificar la concentración de iones K⁺ y Cl⁻ en el dosel y tubérculos a los días citados anteriormente.

- Determinar la eficiencia de uso de agua bajo los tratamientos mencionados.

- Correlacionar las fases de desarrollo y crecimiento fisiológico de la planta de papa, variedad Alpha, con la clave morfológica de las etapas del desarrollo de papa (*Solanum tuberosum*) de Jefferies y Lawson (1991).

III. REVISION LITERARIA

3.1. Origen de la papa.

La papa (*Solanum tuberosum*) es originaria del Sur de América; fue cultivada por los indios de Perú y Chile principalmente, poco después los exploradores españoles la llevaron a Europa y luego regresó con los colonizadores a América del Norte, de ahí se expandió al resto del mundo (Hartman, et. al., 1981).

3.2. Descripción botánica.

Planta herbácea arbustiva, alcanza una altura entre 40 y 80 cm; de tallos aéreos y tallos subterráneos; los primeros de color verde con una sustancia tóxica, la solanina, que puede formarse también en los tubérculos cuando éstos están expuestos prolongadamente a la luz. El color de las flores depende de las variedades y están agrupadas en cimas. Los frutos son bayas esféricas verdes y amarillentas a la madurez. Los tallos subterráneos o estolones se dilatan en su extremidad formando los tubérculos, éstos son de diversas formas y colores según las variedades (Darpoux, 1969).

3.3. Morfología.

Raíces. Son de tipo adventicias. La papa se propaga por tubérculos. En suelos arcillosos las raíces profundizan menos que en los suelos arenosos. La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 40 cms.

Tallos. Uno de tipo herbáceo erecto, un poco vellosa y con ramificaciones no muy desarrolladas.

Tubérculos. Son tallos modificados subterráneos. Este tallo empieza como un estolón que se engrosa por la punta y que luego forma el tubérculo.

Hojas. Son de tipo compuesto, con varios folíolos opuestos y uno grande como terminal. Las hojas son un poco vellosas. En las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas.

Flores. La inflorescencia es de tipo cima, compuesta de terminal con pedúnculos largos. La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral.

Frutos. Son redondos, suaves, con un diámetro aproximadamente de 2 cm. Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas (Parsons, 1984).

3.4 Factores ambientales.

El ciclo de vida de la papa es de 3 a 5 meses; su desarrollo y crecimiento depende principalmente de factores genéticos y las condiciones ambientales. El crecimiento vegetal se ve afectado directamente por las condiciones de temperatura, luz (cobertura de nubes), viento, humedad y precipitación pluvial y nutrientes.

3.4.1 Disponibilidad de Agua.

La facilidad con que una planta puede extraer agua del suelo es una función de la diferencia entre el potencial químico de la savia de las células de la planta y el potencial químico de la solución del suelo. El agua juega un papel muy importante en la apertura y cierre de los estomas en las hojas. Si la planta dispone de una cantidad adecuada de agua (células turgidas), los estomas se abrirán fácilmente y el CO₂ puede entrar libremente en la planta. Pero cuando la planta experimenta un déficit de agua, la concentración de CO₂ dentro de la hoja llega a ser tan baja que limita el proceso de fotosíntesis (Alvarado, 1986).

Bajo condiciones de riego se ha encontrado que las necesidades de agua de un cultivo de papa son de 3 a 5 mm/día. Por otra parte, cuando el agua disponible depende de las condiciones de lluvia, las necesidades pueden cambiar (idem).

Sin un adecuado suministro de agua no se puede desarrollar normalmente el tubérculo, aunque haya en el suelo la cantidad adecuada de nutrientes. Un suelo seco en la etapa de formación de los tubérculos y en la etapa de engrosamiento de los mismos afecta notoriamente el rendimiento (Alvarado, 1986; Jefferies y Heilbron, 1991).

La papa para obtener un buen crecimiento y alto rendimiento, debe mantener un contenido alto de humedad en el suelo durante todos los estados fenológicos (Singh, 1969; Bidwell, 1979; Van Loon, 1981; Moorby y Milthorpe, 1983; Miller, 1989; Jefferies, 1989).

Las plantas de papa al igual que todas las plantas mesófitas responden al estrés hídrico disminuyendo su crecimiento y rendimiento a medida que este aumenta (Martínez et al, 1987).

La mayor parte del agua que la planta pierde se evapora de las superficies foliares por el proceso de transpiración, el cual consiste esencialmente en la evaporación del agua de las superficies celulares y su pérdida a través de las estructuras anatómicas de la planta (estomas, lenticelas, cutícula). La pérdida total de agua por transpiración puede ser muy grande; sin embargo, si la humedad del suelo es pobre puede producirse un estrés de humedad y lesiones debido a la desecación (Bidwell, 1979).

Bajo poca disponibilidad de agua en el suelo, la planta sufre de déficit hídrico porque no hay una compensación del agua que pierde por transpiración, como consecuencia ocurre un cierre de estomas, disminución del potencial de agua en las hojas y la disminución de la tasa fotosintética. Todo, por la resistencia estomática que se genera para incorporación del CO₂ (Dwelle, 1985).

Harris (1978) y Genova (1983), estudiaron el efecto de la tensión hídrica en la primera etapa del desarrollo de plántulas de *S. tuberosum*, es decir, entre la siembra y la emergencia de la plántula, encontrando que disminuye tanto la emergencia como el crecimiento radical, lo cual tiene como resultado la reducción del período vegetativo total.

Moorby y Milthorpe, 1983 han reportado que *S. tuberosum* responde igual que otras plantas al déficit hídrico que se traduce a un bajo crecimiento de la parte aérea. Otros autores (Van Loon, 1981; Hang y Miller, 1986), han reportado que como consecuencia de la detención del crecimiento por déficit hídrico el área foliar se ve reducida. Jefferies (1989) encontró que el crecimiento y número de las hojas de papa en condiciones de campo dependen de una adecuada humedad, ya que un estrés hídrico provoca el aumento en la temperatura de los tejidos aumentando la transpiración debido a la demanda de vapor.

Van Loon (1981) encontró que las raíces de la papa son sensibles a la sequía por ser un sistema poco profundo y menos extenso que el de otros cultivos. Genova (1983) observó una disminución en el número de estolones a causa de un déficit hídrico. Por lo tanto, una sequía ocasiona pérdidas en el rendimiento de los tubérculos (Pearsons, 1984; Van Loon, 1981; Hang y Miller, 1986).

3.4.1.1. Transpiración

Hanks (1974, citado por Colinas, 1982), determinó la cantidad de agua necesaria para un cultivo de maíz. Y obtuvo que 600 kg. de agua tienen que ser transpirados por las plantas de maíz para producir 1 kg. de grano en base a peso seco. Por otra parte, se necesita que 225 kg. de agua sean transpirados para producir 1 kg. de peso seco de material vegetal incluyendo hojas, tallo, raíces, olotes y semillas. Este ejemplo ilustra la importancia de la necesidad de una gran pérdida de agua por transpiración para que un cultivo crezca y llegue hasta producción.

Se ha discutido el que si la transpiración es un mal necesario o si es esencial para la planta. Esto es porque en las plantas, al abrirse los estomas permite el intercambio de CO_2 y O_2 en los procesos de fotosíntesis y respiración, aquí se está perdiendo agua y no hay manera de evitar el paso del vapor de agua mientras se realiza el intercambio de CO_2 y O_2 . Otros autores han establecido que la transpiración es esencial para las plantas porque :

1) Ayuda a mantener una turgencia óptima. Se ha reportado que algunas plantas no crecen tan bien al 100 % de humedad relativa como cuando la atmósfera presenta menor grado de humedad debido a que ocurre cierto grado de transpiración.

2) Reduce la temperatura de la hoja. Se sabe que cuando 1 g de agua se evapora, a 20 °C absorbe 586 calorías del medio ambiente. A 30 °C el calor latente de vaporización es de 580 cal/g. Las plantas evaporan hacia el ambiente una gran cantidad de agua y cada gramo de agua transpirado absorbe aproximadamente 580 cal de la hoja y del medio ambiente.

3) Promueve la absorción y transporte de solutos. En algunas plantas un aumento en la velocidad de transpiración incrementa la absorción de sustancias del medio que rodea a la raíz. Pero en general, parece ser que la transpiración tiene efecto sobre la absorción a altas concentraciones externas de los iones (1 mM ó más). Existen algunas excepciones respecto a lo anterior, como es el caso de las plantas de maíz y frijol. Se ha demostrado mediante compuestos radiactivos que el agua puede moverse de los órganos fotosintéticos a los órganos de utilización a través del floema, y aún cuando no haya transpiración, el agua regresará por el xilema (Colinas, 1982).

Por lo anterior, la absorción y el transporte de minerales son favorecidos por la transpiración. Por ejemplo, en un estudio con plantas de tomate cultivadas en invernadero con alta humedad, en donde la transpiración se redujo considerablemente, las plantas mostraron una deficiencia de calcio en las hojas jóvenes. Esto era indicio de que el transporte de calcio probablemente requería de una corriente transpiratoria activa (idem).

3.4.1.2. Participación de los iones K⁺ y Cl⁻ en la transpiración.

Como nos hemos dado cuenta anteriormente, el proceso de transpiración involucra la apertura de los estomas con el consecuente intercambio gaseoso. Una de las causas de la apertura estomatal es cierta relación osmótica que resulta en la expansión de las células guarda. Al parecer el potencial osmótico del protoplasma de las células guarda se hace más negativo en relación a las células vecinas entonces el agua entra por ósmosis causando un aumento en la presión y una expansión en las células guarda que determina la apertura del estoma.

El potencial osmótico puede originarse por diferentes agentes o mecanismos: una acumulación activa de iones potasio acompañados por cloruros o ácidos orgánicos como los aniones, la síntesis de azúcares o ácidos orgánicos en las células guarda o la hidrólisis de almidón a azúcares. De estos mecanismos, el primero es el más frecuente.

Existen evidencias que indican que el transporte de K⁺ de las células accesorias a las células guarda es la causa de los potenciales osmóticos más negativos y por tanto de la apertura estomatal porque cuando el CO₂ disminuye en los espacios intercelulares, y por lo tanto también en las células guarda, el K⁺ se mueve hacia estas células haciéndolas túrgidas, lo cual provoca la apertura. De este modo, el transporte opuesto es la causa del cierre (Bidwell, 1979; Huber, 1985).

Si ocurre un déficit de agua la planta sintetiza ABA como mecanismo de defensa. El ABA se mezcla con el agua y se mueve hacia las células guarda cerrándose así los estomas (Bidwell, 1979; Colinas, 1982).

Es evidente que en regiones muy cálidas el protoplasma de la epidermis de la hoja correría peligro de coagularse por la alta temperatura ambiental y por el calor desprendido por la misma planta en los procesos metabólicos.

En ausencia de transpiración el agua sería absorbida por la raíz pero no sería traslocada a la parte aérea.

Cuando por efecto de los factores ambientales la transpiración es muy activa y la absorción muy baja se presenta el fenómeno de marchitez, el cual puede ser temporal o permanente.

Marchitez temporal cuando el agua perdida por transpiración es mayor a lo que la planta puede absorber, pero esta condición de deficiencia hídrica se mantiene poco tiempo. Algunas plantas al ser regadas por aspersión aumentan su transpiración cuticular y sufren marchitez temporal.

Marchitez permanente, se define como el estado de marchitez que persiste aunque la planta sea colocada en una atmósfera saturada de humedad, siempre y cuando no se agregue agua al suelo. Dicho estado se determina por el coeficiente de marchitez, el cual se define como el contenido de humedad del suelo expresado en porciento del peso, cuando las plantas que en tal suelo crecen han alcanzado el estado de marchitez permanente.

En cualquier caso de marchitez la planta cierra sus estomas por flaccidez de las células oclusivas debido a que la planta sufre una falta de azúcares por no tener suficiente CO_2 ; toda planta marchita al cabo de un tiempo es una planta mal nutrida (Colinas, 1982).

3.4.1.3. Factores que afectan transpiración.

Kramer (1974), señala que los factores ambientales que afectan la transpiración son: intensidad de luz, presión de vapor atmosférico, temperatura, viento y abastecimiento de agua a las raíces.

La mayor parte de la transpiración es vía estomas, por tanto, el grado de apertura de estos es de importancia primordial. Así que las condiciones ambientales influyen sobre la apertura estomática, por tanto sobre la transpiración, particularmente cuando los estomas están casi cerrados (Bidwell, 1979; Colinas, 1982).

El contenido de agua de la planta puede afectar la transpiración de dos formas: indirectamente, afectando la apertura estomática, y directamente, afectando el gradiente de concentración de vapor desde las superficies celulares de la hoja al aire. La deshidratación severa reduce la evaporación de las paredes al interior de los espacios intercelulares.

El aumento de la temperatura aumenta la transpiración por tres razones. La principal es que el aire caliente tiene mayor capacidad para guardar la humedad que el aire frío, por tanto, a igual porcentaje de humedad atmosférica el poder evaporador del aire es mayor cuanto mayor sea la temperatura. Segundo, la temperatura actúa aumentando la capacidad cinética de las moléculas haciendo más rápido el proceso de difusión; por último, la temperatura actúa sobre los estomas como lo hace la luz, es decir abriendo el ostiolo, ya que estos factores aumentan el pH de las células oclusivas favoreciendo la hidrólisis de almidón y aumentando la presión osmótica, lo que determina la absorción del agua por dichas células; dada la configuración especial de la cápsula de secreción de las células oclusivas, al ponerse turgentes se abre el ostiolo (Rojas, 1993).

El contenido de agua o de humedad del aire tiene un marcado efecto sobre la transpiración porque modifica el gradiente bajo el cual difunde el vapor de agua. La temperatura afecta la presión de vapor que permite alcanzar un equilibrio entre la evaporación y la condensación del agua, condicionando un mayor contenido de moléculas de agua en el aire, saturándolo de este modo. Al parecer, los espacios intercelulares de las plantas que no están bajo estrés de agua están la mayor parte del tiempo próximos a la saturación, es por ello, que un cambio en la temperatura modificaría considerablemente el gradiente de presión de vapor del interior al exterior de una hoja (Rojas, 1993; Bidwell, 1979).

La velocidad del viento, ejerce un efecto sobre la transpiración porque influye en el gradiente de presión del agua próximo a la superficie foliar. Normalmente existe una capa limítrofe en la superficie de la hoja: una capa de aire no alterada a través de la cual el agua debe difundir desde la hoja a la atmósfera exterior. .

Shulze y otros (1972 citado por Rodríguez, 1986), estudiaron la respuesta del estoma a los cambios de humedad en el aire en *Pronus armeniaca*; *Hammada scoparia* y *Zygophyllum dumosum*. Estas tres especies con demandas ecológicas y con anatomía diferente dieron los mismos resultados. Bajo condiciones de aire seco, la resistencia a la difusión se incrementó, disminuyó la apertura estomatal y aumentó el contenido de agua en la hoja. La situación contraria ocurrió cuando la humedad del aire fue alta, la resistencia a la difusión disminuyó, la estomatal fue alta y hubo disminución en el contenido del agua en la hoja. Los autores indican que este comportamiento excluye el efecto directo del potencial del agua en la hoja y proporciona evidencias de que la apertura estomatal tiene una respuesta directa a las condiciones evaporativas de la atmósfera.

Lösch y Tenhunen (1981, citado por Rodríguez, 1986), en base a experimentos sugieren la existencia de la transpiración periestomatal y la consideran la base fisiológica para la respuesta del estoma a la humedad.

La interpretación que le dan a la transpiración periestomatal, es que el aumento de pérdida de agua de las células de cierre cuando disminuye la humedad conduce a una disminución en la presión de turgencia en dichas células ocurriendo así un cierre estomatal. El cierre es causado por un cambio de presión ejercida sobre las paredes de las células de cierre, puesto que la turgencia de las células epidérmicas adyacentes decrece en menor grado. Las células de cierre son los sensores que responden a los cambios de humedad, debido a que el gradiente de presión de vapor cambia en los sitios de evaporación de las células de cierre. Los autores mencionan que los cambios estomáticos inducidos por la humedad, luz, temperatura y concentración de CO₂ influyen sobre el contenido de solutos (potasio, malato y almidón) de las células de cierre.

Davies et. al. (1981), realizaron una revisión sobre el comportamiento del estoma en plantas con déficit de agua, indicando que los estomas de muchas plantas permanecen abiertos hasta llegar a un nivel crítico de potencial de agua. La sensibilidad del estoma con el decrecimiento del potencial de agua varía entre especies y también es influenciado por la edad y las condiciones en donde crecen las plantas.

Mencionan evidencias de que cuando las plantas se someten a periodos de marchitamiento, los estomas se demoran en abrirse nuevamente a pesar de la recuperación de la turgencia de la hoja. Por lo tanto, el control del estoma ocurre por la respuesta tanto a factores externos como internos.

Cuando se marchitan las plantas, se ha demostrado la presencia del ABA (ácido abscísico), el cual causa el cierre estomatal, como lo demostró el estudio realizado en *Phaseolus vulgaris* L. por Larqué Saavedra (1978).

El contenido de ABA en un gran número de especies aumenta cuando el déficit de agua es mayor. Las aplicaciones de ABA a las hojas han permitido el cierre de los estomas, poniendo en evidencia que el ABA actúa directamente sobre las células oclusivas afectando el cierre de estomas.

La proporción de pérdida de vapor de agua de las plantas por difusión, ya sea a través de los estomas o por la cutícula, puede variar bastante según la especie de la planta. Generalmente la transpiración se expresa en gramos de agua por centímetro cuadrado por segundo.

La velocidad de transpiración depende de:

- a) el suministro de energía disponible para evaporar el agua
- b) del gradiente de concentración o presión de vapor de agua que constituye la fuerza dirigente, y
- c) de las resistencias presentes en la ruta seguida por el vapor. Las principales resistencias de la hoja son la cutícula, los estomas y la capa de aire que rodea a la hoja.

La transpiración es el factor dominante en las relaciones hídricas de las plantas ya que la evaporación del agua produce el gradiente en energía que genera el movimiento de agua a través de las plantas.

3.5 Luz.

La irradiación solar es la principal fuente de energía luminosa y calorífica para los organismos, y la cantidad de insolación depende de la latitud, estación del año, etc. (Lozoya, 1973)

Parsons (1984) reporta que los tubérculos no requieren luz para brotar. Sin embargo, cuando la planta ha emergido, necesita bastante luz para su desarrollo. Sin embargo, dice el mismo autor, que una radiación fuerte durante mucho tiempo puede reducir la producción.

Alvarado (1986), menciona que la actividad fotosintética sigue una trayectoria sigmoidea. Sin embargo, debido a la diferencia en horas-luz que se presenta a medida que un sitio se aleja del Ecuador, se puede considerar dos clases de actividad fotosintética; de días largos y de días cortos. Tanto la intensidad de la luz como la duración de la misma (fotoperíodo) afectan la fotosíntesis. Esta intensidad de luz que afecta la fotosíntesis de una planta varía con la latitud, altitud, frecuencia y distribución de nubes y horas del día. Pero a su vez la fotosíntesis de un sistema foliar no solo depende de la intensidad de luz y horas del día, sino de factores que afectan la distribución de las hojas, la cual depende a su vez del número, tamaño y posición respecto al suelo, al sol y hojas adyacentes.

Se ha reportado que la eficiencia fotosintética del cultivo de papa en campo depende de la radiación solar interceptada reflejada en el área foliar (Leach; Khurana y McLaren 1982).

Dwelle et al (1985) observó en varios clones de papa que la tasa de asimilación de CO₂ se incrementaba con la luz saturando su máxima fotosíntesis a una intensidad de luz equivalente al 60% de la máxima intensidad solar y concluye que la tasa de asimilación de CO₂ se incrementa con la captación de luz y que las plantas se saturan cuando alcanzan una eficiencia fotosintética máxima. Burtsall y Harris encontraron que la captación de luz en un 80% es manifestada cuando el dosel presenta un índice de área foliar de 4.0 mientras que Scott y Wilcoxon (1978) reportaron el 85%.

Moorby (1975) reporta que la radiación recibida por las plantas de papa puede alterar la estructura del dosel puesto que se ve alterada la fotosíntesis, por lo cual la calidad de luz es importante para este cultivo ya que es muy sensible a ella. Moreno (1985) generaliza que la exposición de follaje a días cortos induce tuberización y que días largos induce floración y formación de ramas laterales lo cual restringe la tuberización.

Jefferies y Mackerron (1989,1991) encontraron que la reducción de materia seca en cultivos de temporal se debió a una baja en la intercepción de radiación y que como consecuencia se redujo la expansión de la hoja y hubo supresión del ramaje.

3.6 Temperatura.

La influencia de la temperatura es determinante en el cultivo de la papa, pues se ha experimentado con exposiciones a diferentes cantidades e intensidades de luz en combinación con temperaturas, encontrándose que la duración del período diario de iluminación tiene menos efecto sobre el crecimiento vegetativo a bajas temperaturas, mientras que a mayor temperatura, las diferencias por efecto del día largo o corto son extremas. Así a bajas temperaturas se pudo nulificar el efecto del día largo (Driver,1943). Este autor establece como temperatura óptima de tuberización 17°C, y la máxima para el crecimiento del tubérculo entre 26 y 29 °C.

Lundegardh (1931 citado por Moorby,1974) encontró que en la papa la temperatura óptima para la fotosíntesis es más baja que para la respiración. Comprobó que para la fotosíntesis era de cerca de 20°C, pero que la respiración continuaba aumentando hasta cerca de los 47.8°C, es decir, cuando ya es nula la fotosíntesis.

Gooding (1966 citado por Evans,1969) encontró que el rendimiento de tubérculos de papa estaba inversamente correlacionado con la incidencia de lluvia, y guardaba una relación directa con la radiación solar; había mayor rendimiento cuando se presentaban días soleados y menos días con lluvias.

Montaldo (1968 citado por Lozoya, 1973), en Venezuela, encontró que la mejor temperatura para la producción de follaje de *S.tuberosum* fue de 18.5 °C. Slater (1968), observó el comportamiento de la planta de papa por efecto de diversas combinaciones de temperaturas diurnas y nocturnas, tanto en la parte subterránea como en la parte aérea, y al igual que otros investigadores , encuentra que la tuberización es favorecida a bajas temperaturas y menciona que se logró un buen patrón de crecimiento bajando la temperatura nocturna, ya fuera de toda la planta o solo de la parte subterránea.

Moreno (1970 citado por Lozoya,1973) establece que para *S.andigenum* aparentemente la temperatura diurna es más importante para el crecimiento de toda la planta, incluyendo la tuberización.

Parsons (1984), reporta que durante su crecimiento, el cultivo de papa requiere una variación en la temperatura ambiental. Después de la siembra, la temperatura debe subir hasta 20°C para que la planta se desarrolle bien. Luego, se necesita una temperatura más alta para un buen crecimiento del follaje; aunque no debe pasar de los 30°C. Durante el desarrollo de los tubérculos es importante que la temperatura se encuentre entre los 16 y 20°C; especialmente en regiones más cálidas, es esencial que las noches sean frescas, para ayudar a la inducción de la tuberización de los tallos.

Lozoya (1973) encontró que en variedades de *S. tuberosum*, los cambios climatológicos resultantes de las diferencias en altura sobre el nivel del mar, afectaron los parámetros del número de entrenudos, de ramas y de hojas, altura del tallo aéreo y peso seco del tubérculo.

Alvarado (1986) reporta que bajo las condiciones de clima de páramo en Colombia, los híbridos *S. tuberosum* por *S. andígena* tienen un ciclo de vida más largo, los tubérculos se deterioran más fácilmente en el almacenamiento y pierden un poco el color y la producción es menor que cuando se cultivan en clima frío hasta los 3000 m.s.n.m.

Human (1987) reporta que la temperatura tiene un efecto morfogenético importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa. Las bajas temperaturas pueden inducir a la formación de tubérculos mientras que a temperaturas altas la retardan existiendo interacciones entre el fotoperíodo y el termoperíodo en un amplio rango de variaciones.

Munet el al; Steven; Hagen (1991) dicen que la temperatura es un factor clave para el control del contenido de almidones así como para el acumulo y monto total de callos de papa cultivados in vitro a 25 °C, a esta temperatura la concentración de almidón tiende a aumentar y a 5 grados baja marcadamente.

A temperatura de 10 y 20 grados centígrados se encontraron altos niveles de conductancia estomatal en *Solanum andigena* y en híbridos interespecíficos de *tuberosum* x *andigena* en la región alta de los Andes Peruanos (Martínez y col. 1989).

3.7 Nutrición mineral.

El cultivo de la papa requiere de altos niveles de nutrientes para un buen desarrollo. Una cosecha que tiene un rendimiento alrededor de 40 ton./ha., extrae del suelo aproximadamente la siguiente cantidad de elementos esenciales: 139 Kg. de nitrógeno, 21 kg. de fósforo, 165 kg. de potasio, 8 kg. de calcio, 15 kg. de azufre, 15 kg. de magnesio y cantidades mínimas de elementos menores o trazas (Parsons, 1984).

Las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales por la papa depende de la riqueza natural del substrato, de la fertilización practicada y de la variedad sembrada. Por ejemplo en suelos bien provistos de NPK ya sea porque los suelos son ricos por naturaleza o porque fueron suficientemente fertilizados, en los tejidos vegetales de la papa se encontrará mayor concentración de éstos elementos y la cantidad extraída por unidad de producción será más alto (Villagarcía, 1987).

A pesar de que los nutrientes minerales sólo representan menos del 10% de la materia seca total de la planta (menos del 2% de la biomasa) todos y cada uno de ellos cumple un rol esencial en el desarrollo y producción de la papa.

Función de los macroelementos primarios.

El nitrógeno es tomado generalmente como NO_3 , el cual es almacenado en los peciolos y reducido a la forma amínica NH_2 para la síntesis de aminoácidos y otros productos orgánicos más complejos. El nitrógeno es un componente de los ácidos nucleicos (DNA, RNA); de los complejos de energía (ATP, ADP, UTP, GTP, etc.), de las proteínas, de la clorofila, de hormonas, etc. Es un elemento bastante móvil, una carencia de éste se refleja en una clorosis de las hojas basales. También se ha observado que provoca un mayor alargamiento radicular, provocando una disminución en la síntesis del Triptofano que es un aminoácido precursor del ácido indol acético. Esta auxina (hormona) al encontrarse en pequeñas concentraciones estimula el alargamiento radicular..

En resumen, una deficiencia de nitrógeno se traduce en un desarrollo escaso y clorótico de la planta, se acorta el período vegetativo, el número de tubérculos por planta es menor y de tamaño reducido, por lo cual la cosecha es baja (Villagarcía, 1987).

El fósforo (P) es absorbido en su forma monocálcica (H_2PO_4), es componente de los ácidos nucleicos, de los complejos de energía de los fosfolípidos que le permiten a la membrana su selectividad diferencial. Es un elemento móvil, por lo cual, cuando ocurre una deficiencia, el P acumulado en los tejidos migra con rapidez a los tejidos en crecimiento, razón por lo que los síntomas se reflejan primero en las hojas adultas y luego va avanzando a las hojas en desarrollo. En muchas variedades o clones de papa se notan manchas púrpuras acentuadas en las hojas adultas.

La deficiencia de P provoca una baja de la energía necesaria para que los carbohidratos producidos por la fotosíntesis sean metabolizados a compuestos más complejos; incrementándose la presión osmótica desviando los procesos de síntesis a la formación de antocianinas que aparecen como manchas púrpureo-rojizas que se inicia en las hojas adultas. Otra característica es el desarrollo radicular escaso, menor número de estolones y tubérculos, por ende rendimientos extremadamente bajos. El exceso de una nutrición fosfatada podría bloquear la absorción, transporte y metabolismo del Zn que podría llegar a un nivel insuficiente.

El potasio (K), es absorbido como ion potásico, no forma compuestos orgánicos y dentro de la planta se desplaza con rapidez. Interviene en el proceso de transpiración, en la fotosíntesis y acumulación de carbohidratos razón por la cual, se dice que el K es un elemento clave para la producción de tubérculos. También se conoce que las plantas bien nutridas en K son más tolerantes a los efectos de las heladas y la sequía. La deficiencia de este elemento aparece primero en las hojas adultas basales con una necrosis en los bordes que paulatinamente invade a toda la planta. Las plantas mal nutridas en K en general, son muy débiles y susceptibles a enfermedades, los tubérculos son pequeños y escasos (Villagarcía, 1987).

Función de los macroelementos secundarios.

El calcio (Ca), es absorbido como ión Ca^{++} y su movilidad es muy lenta dentro de la planta, por tanto, las deficiencias aparecen en las partes de crecimiento de las plantas.

El Ca es componente de los pectatos de calcio en la membrana; interviene en el balance eléctrico, etc. Una nutrición adecuada de Ca se manifiesta en una excelente proliferación radicular, tallos y hojas vigorosas y menos susceptibilidad a ataques de plagas y enfermedades (Bidwell, 1979; Sutcliffe y Baker, 1983; Villagarcía, 1987).

El azufre (S) es componente de ciertos aminoácidos e interviene en la síntesis de clorofila, razón por la cual su deficiencia se manifiesta en el amarillamiento clorótico que comienza en las hojas superiores, por ser un elemento poco móvil. La planta de papa para producir una tonelada de tubérculos requiere de 0.6 a 0.8 kg. de S y lo absorbe de la solución del suelo como ion SO_4^{-2} ó SO_3^{-2} . En condiciones naturales es raro encontrar deficiencias de S, ya sea porque los suelos tienen suficiente S disponible, o porque se ha aplicado algún fertilizante nitro-fosfo-potásico que contenga S, o porque para el control de alguna enfermedad fungosa se está aplicando algún producto azufrado (Sutcliffe y Beker, 1983; Villagarcía, 1987).

El magnesio (Mg) es absorbido como ión Mg^{++} , es componente de la molécula de clorofila; de los pectatos de magnesio, cumple un rol catalítico y contribuye al balance eléctrico. Es un elemento muy móvil dentro de la planta.

Función de los microelementos.

El fierro (Fe) más que un microelemento se considera como un elemento intermedio. La planta para producir una tonelada de tubérculos requiere de 80 a 120 kg. de Fe. Es un elemento catalítico que interviene en el transporte de electrones, en la síntesis de clorofila, etc. Es absorbido del suelo en la forma reducida Fe^{+2} , razón por la cual, su disponibilidad es más abundante en suelos ácidos o de mal drenaje. Es un elemento poco móvil dentro de la planta y los síntomas de deficiencia aparecen en la hojas superiores como manchas cloróticas (Villagarcía, 1987).

Manganeso (Mn). Este elemento junto con el Fe está involucrado en la síntesis de clorofila. Cuando la papa es cultivada en suelos calcáreos y pobres en materia orgánica, la concentración de Mn en los tejidos disminuye y podría llegar a niveles de deficiencia.

El cobre es un microelemento que la planta requiere en muy pequeñas concentraciones de sólo 5 a 10 ppm. Su deficiencia podría ocasionar en la parte superior de la planta un ramillete de hojas pequeñas que se tornan de color marrón rápidamente (Chapman y Pratt, 1976; Villagarcía 1987).

El boro es absorbido como BO_3^{-3} , tiene lenta movilidad, una deficiencia se refleja en los tejidos meristemáticos. Su rol bioquímico es muy conocido y está relacionado con el transporte de carbohidratos, síntesis de proteínas, nutrición cálcica, etc.

La deficiencia de B en la papa es más notoria en el tubérculo que en el resto de los tejidos. El color y sabor del tubérculo está vinculada a la nutrición del B. En la parte aérea los puntos de crecimiento mueren y se fomenta crecimiento de brotes laterales. Los internodos son cortos. Las hojas son coriáceas y algo encarrujadas parecidas a los ataques del virus. En casos de fuerte deficiencia se presentan manchas purpúreas y congestión de carbohidratos en los tejidos. Las raíces son cortas, gruesas y color marrón oscuro. Las raicillas mueren.

Molibdeno (Mo) este microelemento se encuentra en concentraciones muy pequeñas de 5 a 10 ppm en las plantas. Es un transportador de electrones que tiene que ver en la reducción del nitrato de amonio. Es muy rara su deficiencia en papa, que sólo se consigue bajo condiciones artificiales y está muy vinculada a la nutrición nitrogenada. Un exceso de Mo puede bloquear la nutrición cúprica (Villagarcía, 1987).

3.8 Componentes del rendimiento.

El rendimiento potencial del cultivo de papa, está regido por un patrón de crecimiento, el cual está en función de la distribución de la materia seca entre el tubérculo y el follaje, aunque el comportamiento está sujeto al control tanto genético como del medio ambiente.

Bremner y Taha (1959), observaron en cultivos de papa expuestos a sequía severa, que el incremento de materia seca se mantuvo igual en dos variedades estudiadas durante los primeros 35 a 50 días, después de lo cual se notaron diferencias considerables y posteriormente las divergencias se acentuaron. En un segundo año de cultivo (1960), las diferencias fueron mínimas durante todo el ciclo, excepto una ligera superioridad de una de las variedades que mostró resistencia al tizón. El patrón de distribución de materia seca, reflejó un gran movimiento de metabolitos hacia los tubérculos cuando éstos iniciaron su formación; al comparar ambos años encontraron que durante el año seco hubo mayor traslocación de metabolitos hacia los tubérculos, proporcionalmente que en el año húmedo, aunque los autores señalan que estos datos están sujetos a error, sobre todo al final del ciclo, por la pérdida de hojas durante la senectud. Pero finalmente se comprobó que el rendimiento estaba en función del tiempo en que se mantenía una adecuada cubierta foliar total, más que la duración de cada hoja en particular.

Radley y colaboradores (1963), dicen que el principio de la tuberización se presenta en la época de mayor área foliar y que el crecimiento de los tubérculos va acompañado con una disminución en el follaje. En las variedades que utilizaron notaron que la mayor parte del crecimiento del tubérculo se presentó antes de que el área foliar alcanzase su valor máximo, y la disminución de ésta por senectud y por tizón continuó durante 14 días después de que cesó el crecimiento

Borah y Milthorpe (1959,1963), Bremner y Radley (1966), establecen que los cambios en la fecha de siembra tienen efecto sobre la distribución de la materia seca, pues cambian las condiciones del medio en que se desarrolla la planta. Así cuando se siembra tarde, se expone al cultivo a mayores temperatura y niveles de nutrientes que cuando se siembra a tiempo, de manera que se induce a un mayor incremento de área foliar con poca tuberización. El tubérculo depende del exceso de carbohidratos de la planta, y cuando el crecimiento foliar es muy activo, es probable que no haya tal exceso porque los metabolitos se están empleando en la formación de follaje, y por lo tanto, se reduce la tuberización.

Con relación a la distribución de metabolitos reflejada en el peso seco, Moorby (1975) hizo observaciones en las que se puede apreciar que a medida que la planta de papa avanza en su ciclo reproductivo, el incremento en peso seco es mayor en el tubérculo que en el follaje; esto cuando en ambas partes de la planta hay incrementos, porque al final del ciclo (que fue 12 semanas después de la siembra) disminuye el peso del follaje, pero hay un considerable aumento en el peso del tubérculo.

3.9 Crecimiento de la papa en campo.

Por crecimiento se entiende el aumento en volumen y sustancia, es decir, el aumento en materia seca de la planta a través de su ciclo de vida. Las hojas son los sitios donde, la energía lumínica junto con el anhídrido carbónico y el agua son transformados en materia seca. Aquí va implícito el proceso de respiración durante el cual la planta desarrolla todos sus tejidos y órganos necesarios para sus procesos vitales; parte de la energía que se produce en el proceso de asimilación es consumida en los procesos de respiración. El crecimiento del follaje en el cultivo de papa es ascendente hasta cuando la planta alcanza la floración completa presentando valores máximos 11 a 13 semanas después de la floración. En condiciones de campo no todas las hojas producen la misma cantidad de materia seca ya que no todas reciben la misma cantidad de luz. Además cuando las hojas envejecen o están en fuerte competencia no pueden fotosintetizar y en cambio consumen una buena parte de carbohidratos en el proceso de respiración (Evans, 1978; Jefferies, 1991).

La propagación de la papa puede hacerse por semillas obtenidas de las flores o con semillas de los tubérculos. La primera, generalmente se usa para el fitomejoramiento del cultivo mientras que la segunda es la más usual en campos de cultivo.

El tubérculo, como material de propagación puede presentar latencia, que dependiendo de la variedad varía entre unas semanas hasta varios meses. Otro fenómeno que ocurre en el tubérculo es la dominancia apical.

La tuberización o formación de los tubérculos es un proceso de almacenaje de reservas en un tallo subterráneo modificado para la reproducción vegetativa. El tallo o estolón comienza a engrosarse en el ápice por acumulación de nutrientes, especialmente almidón. En este proceso influye el factor genético y los cambios climatológicos. Los días cortos favorecen la formación temprana de los tubérculos y los días largos retardan su formación (Parsons, 1984).

Por otra parte, la tuberización está también bajo la dependencia de sustancias químicas que actúan a dosis muy pequeñas y son elaboradas por la propia planta. Son transmisibles por injerto y su importancia en el vegetal condiciona ampliamente la evolución de la planta. Las sustancias de tuberización son elaboradas por el follaje y el tubérculo durante el período de conservación que precede a la plantación. Desde el momento que se encuentra en cantidad suficiente en la planta, la tuberización se produce al mismo tiempo en que el crecimiento se retrasa y tiende a detenerse. La elaboración de estas sustancias de tuberización varía con la temperatura. Al parecer, el crecimiento y la tuberización están regulados por la concentración de éstas sustancias químicas elaboradas por la planta. En tanto que estas sustancias no alcancen un cierto grado de acumulación no habrá tuberización y el crecimiento es muy activo; si la concentración sobrepasa un primer valor pero sin alcanzar su grado mayor, la tuberización se produce, pero el crecimiento puede proseguir simultáneamente; en general, es la condición más favorable para un buen cultivo (Iritani, 1980).

Artschwager (1924 citado por Evans, 1969) encontró que el crecimiento inicial del tubérculo se debe a la excesiva división celular de la médula. Posteriormente se aclaró que simultáneamente el crecimiento y la división radical de la célula de la médula, se dividen también en células de la corteza.

Reeve y colaboradores (1973) encontraron que el incremento del grosor del tejido perimedular en tubérculos de peso mayor de 45 g está directamente relacionado con el agrandamiento de las células. Pasado este tamaño, la división celular en esta zona es muy baja y por consiguiente el número de células es relativamente constante. El tejido perimedular comprende aproximadamente el 50% del total del peso de tubérculos maduros.

Lujan (1977) resume el crecimiento y desarrollo de los tubérculos en los siguientes puntos: a) el crecimiento del tubérculo se debe principalmente al ensanchamiento de la zona perimedular y es de origen precambial; b) la médula y la corteza se forman por diferenciación del parénquima primario que a su vez deriva del meristemo apical del estolón, aún antes de haberse iniciado la tuberización y c) el precambium da origen al floema externo, xilema primario, floema interno, parénquima asociado y parénquima interfascicular.

El tiempo hasta el cual la planta puede producir tubérculos puede alcanzar en algunas variedades 14 semanas después de la siembra. Midiendo el crecimiento en este sentido, Alvarado (1986) diferencia tres etapas de desarrollo del tubérculo: 1) formación del tubérculo entre 9 y 11 semanas, 2) engrosamiento y diferenciación entre 13 y 16 semanas y 3) llenado final a partir de las 16 semanas después de la siembra.

Para analizar el crecimiento de una planta se utilizan diferentes parámetros, los más frecuentes son la producción de materia seca y la fotosíntesis neta en la cual se relacionan el índice de área foliar, la intensidad o tasa de crecimiento del cultivo (ICC o TCC), intensidad o tasa de crecimiento relativo (ICR o TCR) y la intensidad o tasa de asimilación neta (IAN o TAN) (Alvarado, 1986).

Crecimiento fisiológico de la planta de papa.

García y Camarena (1992) observaron que en las plantas de papa variedad "Alpha" en condiciones de temporal la dimensión del aparato asimilatorio (IAF), comienza su incremento a partir del día 45, alcanzando su valor máximo al día 90 para posteriormente decaer. La acumulación de azúcares se incrementa a partir del día 45 y alcanza su valor máximo al día 90. La productividad de materia seca de tubérculos comienza a partir del día 65 ó 73 alcanzando el valor máximo al día 120. La DAF, que mide la actividad del aparato fotosintético se hace evidente al día 45, alcanzando un valor máximo entre el día 65 y 73 y manteniéndose activo hasta el día 105. La TAN (que expresa el establecimiento del dosel) se incrementa a partir del día 45, alcanza su valor máximo al día 73 durante la etapa vegetativa. Cuando la cubierta total del cultivo se establece (IAF), la producción de materia seca depende del balance entre la fotosíntesis y la respiración, por tanto es importante que persista activo el tejido fotosintético el mayor tiempo posible.

A partir de este momento comienza la etapa reproductiva con el comportamiento de DAF y la acumulación de materia seca de tubérculos. Confirman que la cantidad de materia seca depende de la cantidad de la radiación solar interceptada. Infieren que al inicio del cultivo la selección de la "semilla" empleada así como las actividades previas y durante la siembra influyen sobre los índices de área foliar, lo que así vez limita la tasa de crecimiento.

García (1994) da a conocer las etapas fisiológicas del cultivo de papa en base al análisis de crecimiento, las cuales son:

Día 45 existencia de hojas y tallo principal.

Día 65 inicio de la floración.

Día 73 plena floración e inicio del desarrollo de los tubérculos.

Día 90 crecimiento de los tubérculos e inicio del desarrollo del fruto botánico.

Día 105 pleno crecimiento del fruto botánico y crecimiento total del tubérculo.

Día 120 etapa de madurez comercial.

3.10 Análisis de crecimiento.

El análisis de crecimiento (AC), es una metodología estándar que se basa en la estimación de los parámetros primarios que son: el peso seco de las plantas completas y/o sus partes (tallos, hojas, etc.), y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área del tallo, contenido de clorofila, etc.). Con ellas se calculan índices cuya interpretación sirve para describir el crecimiento de las plantas y de sus partes, así como las relaciones entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca. Por otra parte, representa un primer paso en la investigación de la producción primaria o incremento de biomasa, y se considera el punto de unión entre el registro de la producción de las plantas y el análisis con algunos procesos fisiológicos; en este sentido se señala a la tasa de asimilación neta (TAN) como un estimador de la eficiencia fotosintética y a la tasa de crecimiento relativo (TCR) como un estimador de la eficiencia general del crecimiento. Una ventaja adicional es la posibilidad de describir el estado morfológico de las plantas en diferentes intervalos de tiempo (Evans, 1969; Roderick, 1978).

La aplicación del AC permite conocer la formación y acumulación de la biomasa determinada por los factores ambientales y los factores internos de la planta. Puede ser útil en índices morfológicos, en estudios ecológicos como indicadores del equilibrio entre la comunidad de las plantas y su hábitat, y finalmente, sirve para evaluar el efecto de diferentes prácticas agrícolas (uso de variedades, riego, fertilización fecha de siembra, etc.)

La TCR se define para cualquier instante como la tasa de incremento de biomasa por unidad de biomasa presente; de matemáticamente se expresa:

$$TCR = \frac{dW}{dt} \cdot \frac{1}{W} \quad (\text{peso/tiempo} \times \text{peso})$$

donde :

TCR= tasa de crecimiento relativo ($\text{mg día}^{-1} \text{mg}^{-1}$)

$\frac{dW}{dt}$ = razón de cambio del peso con respecto al tiempo
(ms día^{-1})

W= peso seco (mg)

y la tasa de crecimiento relativo promedio de un intervalo de tiempo (t_1 a t_2) lo establece Fisher (1921) del siguiente modo:

$$\text{TCR} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

W_2 y W_1 = peso en el tiempo $t_2 - t_1$, respectivamente.

Gregory citado por Roderick (1978), expuso que la tasa promedio de asimilación es la ganancia neta en peso por unidad de área foliar como un índice del crecimiento de más utilidad. Gregory (1926) propuso la tasa de asimilación neta, definida como la tasa de incremento de biomasa por unidad de aparato asimilatorio (generalmente área foliar), se expresa matemáticamente para cualquier instante como:

$$\text{TAN} = \frac{dW}{dt} \cdot \frac{1}{AF} \quad (\text{mg dm}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

La TAN promedio se puede obtener de manera similar a TCR (Williams, 1946).

$$\text{TAN} = \frac{W_2 - W_1}{AF_2 - AF_1} \cdot \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{t_2 - t_1}$$

Martínez (1986) cita que el índice de área foliar (AF) en relación al peso seco representa la proporción de fotosintatos retenidos por el follaje. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{IAF} = \text{AF}/\text{LW}$$

Donde AF es el área foliar total y LW es el peso seco foliar.

Briggs, Kidd y West citado por Rodríguez (1986), establecieron el concepto de "Relación de Area Foliar" (F), que fue definido como la relación del área foliar total al peso seco total, el cual se expresa así:

$$F = \frac{AF}{W}$$

donde:

F= relación del área foliar (dm.²/g)
AF= área foliar total (dm²)
W= peso seco total (g)

Este término representa biológicamente la relación del material que fotosintetiza y del que respira dentro de la planta. Está relacionado con TCR y TAN de la siguiente manera:

$$TCR = TAN (F)$$

3.11 Enfermedades de la planta de papa y su control.

Los agentes patógenos que causan enfermedades en la papa, pueden ser varias clases de hongos, bacterias, virus y nemátodos. Las enfermedades fungosas son las más incidentes y particularmente destructivas, las peligrosas son las siguientes:

Tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary, esta enfermedad comienza con pequeñas manchitas de color café oscuro en las hojas y los tallos. En ataques fuertes las hojas empiezan a secarse, defoliando la planta. En los tubérculos aparecen manchas semihundidas de color café que provocan pudrición. Para contrarrestar los peligros de este hongo se utilizan variedades resistentes, pero también se utilizan químicos como el Zineb, Maneb, Captán, Captafol o Clorotalonil. La aplicación debe hacerse después de 48 horas de la siembra, a temperaturas de más de 10°C y con una humedad relativa de más del 75%. También es recomendable una cosecha temprana.

Tizón temprano *Alternaria solani*, esta se inicia con manchas marrones pequeñas circulares en las hojas. Al crecer forman círculos concéntricos de color oscuro que causan defoliación. No presenta esporulación. Aparece bajo condiciones demasiado secas y cálidas. El control de esta enfermedad es similar al del tizón tardío.

La viruela *Rhizoctonia solani*, es una enfermedad que causa pudrición. Se forman lesiones negras en la base de los tallos y forman costras negras en los tubérculos. Para controlar esta enfermedad se debe evitar la siembra bajo condiciones frías, dar tratamiento a las semillas con fungicidas y hacer rotación de cultivos de cuatro hasta cinco años.

La pudrición bacteriana o marchitamiento del tallo, causada por *Pseudomonas solani* (Smith) Smith, se manifiesta bajo condiciones de alta humedad y temperatura. La base del tallo y las raíces se tornan negras. Eventualmente la bacteria ataca también al tubérculo, provocando manchas negras y lesiones hundidas. Al cortar el tejido infectado, se presentan exudados viscosos que consisten en masas grises bacterianas. Para controlar las bacterias se debe emplear una adecuada rotación (Parsons, 1984).

IV. ANTECEDENTES

Los antitranspirantes son sustancias químicas que pueden retrasar la transpiración en las plantas. La mayoría provoca cierre de los estomas sin afectar demasiado la fotosíntesis, su eficacia depende de la especie, la etapa de desarrollo y las condiciones atmosféricas. Se pueden utilizar como antitranspirantes cierta variedad de fungicidas, herbicidas, inhibidores metabólicos y reguladores del crecimiento (Kramer, 1974).

El ASA es un compuesto fenólico que se emplea en humanos como analgésico, antipirético, antiinflamatorio, anticoagulante y antireumático (Smith y Smith, 1966; The index Merck, 1976). Es un compuesto que se disuelve principalmente en solventes orgánicos, aunque también puede disolverse en agua. Cuando se disuelve en hidroxilos alcalinos se descompone para formar sales de acetato (Fritz, 1986).

Existe similitud en la forma de acción y efecto de los fenoles en las plantas y los animales; sin embargo, algunos efectos específicos citados en literatura y atribuidos al ASA son: inhibición de la germinación, del crecimiento de raíz y coleóptilo (Larqué-Saavedra, 1978); alteración en el período de inducción floral (Saxena, 1980); cierre de estomas y reducción de la transpiración (Larqué 1979).

Larqué- Saavedra (1978), reportan que cuando se aplica ASA a través del pecíolo de la planta de frijol, puede reducir la velocidad de transpiración, esto es probablemente porque se afecta la permeabilidad de la membrana, aunque también sugiere la posibilidad de que el salicilato actúe de manera similar como en los tejidos animales e interfiera con la fosforilación oxidativa, lo que favorecería un incremento en la respiración subcelular, así que el ASA puede afectar los niveles de CO₂ dentro de la hoja y en consecuencia inducir el cierre de estomas.

De León (1979-1980), encontró que al incubar epidermis de *Commelina communis* con ASA a pHs entre 4 y 5.5, se indujo un cierre de estomas casi completo. Encontró alterada la permeabilidad al ion potasio, reportando que la concentración del ion en las células de cierre es proporcional a la apertura del estoma.

Trejo (1981), evaluó el efecto de ácido salicílico (AS) sobre plántulas de *Phaseolus vulgaris* L. y cacahuate-72; probó varias concentraciones de AS, diferentes pHs y el efecto de agregar glicerol como humectante. Comprobó que la solución de AS 3×10^{-3} disuelto en DMSO más 0.5 de glicerol a pH de 5.5 redujo la transpiración después de 48 horas del tratamiento.

Rendón (1983), probó una solución de ASA disuelto en agua destilada en *P. vulgaris* L. y Cacahuate-72. Al aplicar una sola vez ASA 10^{-5} , incrementó el 16.5 % el rendimiento (etapa de 3a. hoja compuesta) y ASA 10^{-8} incrementó 14.7% el rendimiento (etapa de aplicación floral).

Zavala y López (1989), evaluaron el efecto del ASA (ácido 2-acetobenzoico) sobre el desarrollo micelial, esporulación y liberación de zoosporas de *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary. El efecto del compuesto sobre el desarrollo micelial y esporulación se evaluó empleando medio de cultivo V8-agar complementado con ASA en concentraciones de 5×10^{-3} a 10^{-6} M, en el cual se sembraron las cepas 8,19 y 34 CP. La liberación de zoosporas se estudió utilizando esporangios provenientes de colonias cultivadas en V8-agar + ASA y esporangios provenientes de hojas de papa variedad Alpha inoculadas con diferentes cepas del hongo, estos esporangios se incubaron a 4°C en soluciones de ASA de diferentes concentraciones. Los resultados muestran que las concentraciones 10^{-3} , 2.5×10^{-3} M y 5×10^{-3} M de ASA afectaron notablemente el desarrollo micelial de las tres cepas probadas, encontrando diferencias en sensibilidad al compuesto. El producto no afectó la esporulación en ninguna de las tres cepas utilizadas; sin embargo, las concentraciones 10^{-3} y 5×10^{-3} M de ASA inhibieron totalmente la liberación de zoosporas de esporangios provenientes del medio de cultivo V8-agar + ASA y hojas de papa inoculadas con 7 cepas diferentes.

El kaolín es un poliazúcar que se utiliza con frecuencia en la India como antitranspirante reflejante junto con abono verde. En México esta substancia es económica y factible. El modod de acción de ésta es formar una superficie emulsificante sobre las hojas de las plantas y reflejar parte de la alta intensidad y brillo de la luz solar (Unrami,1987).

Agarwal y De (1976 citado por Umrani,1987) observan que al aplicar Kaolin, antitranspirante reflejante, en un cultivo en crecimiento de cebada bajo condiciones de sequía, se incrementó el albedo y se mantuvo baja la temperatura de las hojas.

De y Giri (1978), obtuvieron un incremento en la producción del grano de trigo en un 27.7 % en un año y 16.5 % en dos, al asperjar el follaje con kaolinita.

Umrani (1987), aplicó kaolín y abono a cultivos de cacahuate bajo condiciones de estrés de humedad y sin estrés, encontrando que en condiciones no estresantes hubo un aumento significativo de las vainas, el follaje, granos y aceite/ ha con respecto al cultivo bajo estres de humedad. También encontró que al aplicar kaolin y abono hay una prevención de la pérdida de agua durante la evotranspiración que ayuda a mantener un balance favorable de agua en el suelo y en la planta que ayuda a incrementar la producción de cacahuate.

V. MATERIAL Y METODOS

5.1 Localización y características del área de estudio.

El cultivo de papa se efectuó en el predio denominado "Agua tapada" Ejido de San Miguel Balderas, Municipio de Tenango del Valle, Estado de México.

La altura del lugar donde se trabajó es de 3400 m.s.n.m. con un clima C(c)(w²)w semifrío (el más frío de este tipo) subhúmedo con lluvias en verano y precipitación pluvial en el mes más seco de 40 mm., en el invierno la precipitación es menor de 5%, la precipitación media anual es de 80 mm. La temperatura media anual oscila entre 4 y 12 °C y la menor incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio con un rango de entre 200 y 210 mm (INEGI).

5.2 Metodología.

La presente investigación se cubrió por medio de las siguientes fases:

a) Trabajo de campo.

El material de siembra utilizado fue tubérculo-semilla variedad "alpha". La siembra se realizó en 2 áreas distintas con características similares del predio "agua tapada" las cuales se designaron como zona 1 y zona 2. En cada zona se destinaron 18 surcos de aproximadamente 80 mts de longitud, dividiéndose en 3 lotes de 6 surcos para llevar a cabo dos diferentes tratamientos, uno a base de una solución de ácido acetil salicílico (ASA) a una concentración molar de 1×10^{-3} y el otro, una solución de kaolin (KAO) al 4% más los insumos agrícolas del control (Monitor 60 del que se utilizaron 20 ml; ADH, 20 ml; Cytozyme, 5 ml; Winer 200 g, Biozime, 500 ml; todo mezclado en 200 lit. de agua) utilizados por el señor Rubén Arias, propietario del terreno.

Las soluciones se aplicaron por aspersión en 6 ocasiones de acuerdo a los siguientes días:

- * 45 cuando ya hay desarrollo de hojas y tallo principal,
- * 65 inicio de la etapa de floración,
- * 73 plena floración e inicio del desarrollo del tubérculo,
- * 90 crecimiento del tubérculo e inicio del desarrollo del fruto botánico,
- * 105 pleno crecimiento del fruto botánico y crecimiento total del tubérculo
- * 120 etapa de madurez comercial

Por otra parte, en cada zona y para cada tratamiento se efectuó al azar en 1 m² las siguientes actividades antes de la aplicación de las soluciones:

1) Colecta de 20 discos de 7 mm. de diámetro, de diferentes partes dosel de las plantas, en tubos de ensaye con etanol 90% y tubos de ensaye con acetona al 80% con una pizca de MgCO₃ como conservador (Butler y Bailey, 1973). Se transportaron en frío y oscuridad al laboratorio.

2) Colecta del total de plántulas existentes en el m² en prensas botánicas.

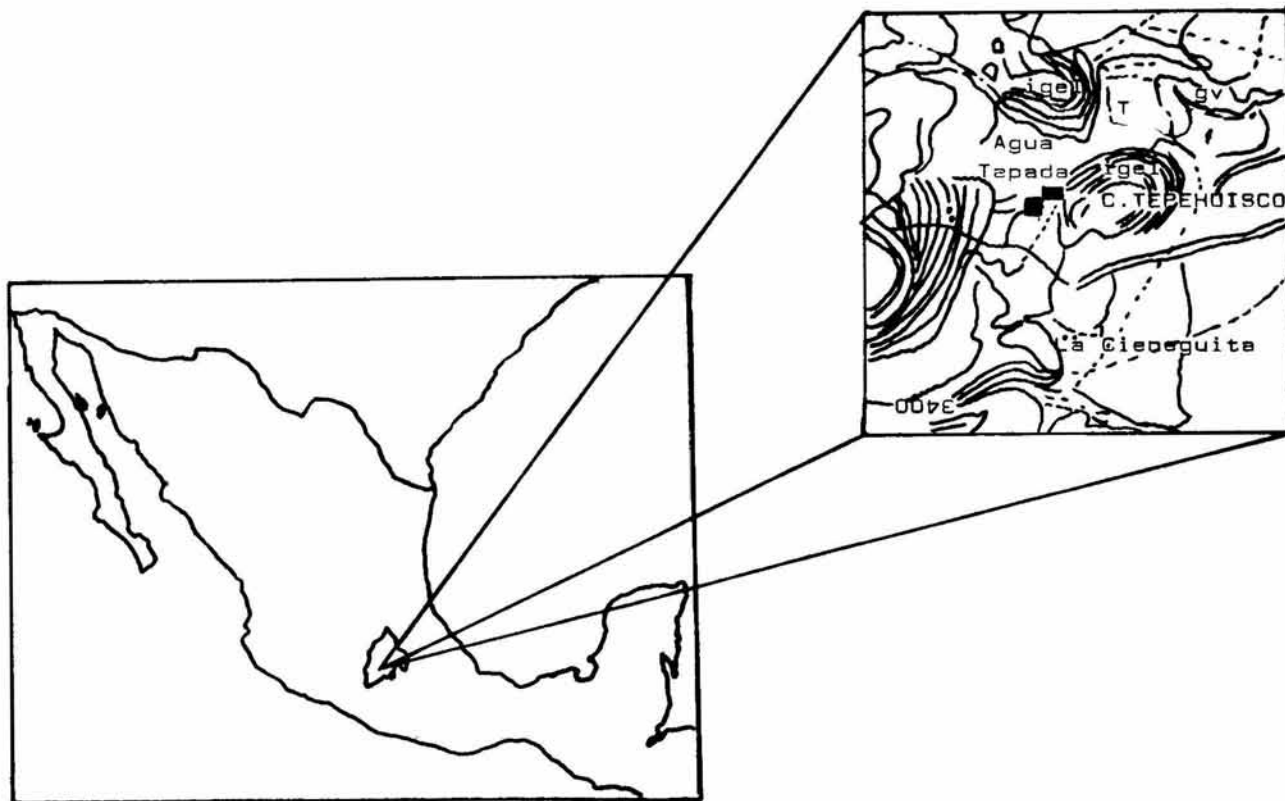
b) Trabajo de laboratorio.

Se separaron los diferentes órganos (raíces, tallos, hojas y tubérculos) de las plantas colectadas, se secaron a 80°C durante 48 horas obteniéndose el peso seco de cada una de las partes y área foliar. Posteriormente, se determinaron las variables de respuesta siguientes: índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN) y duración de área foliar (DAF) (Hunt, 1978).

La determinación de la concentración de iones K⁺ y Cl⁻ se realizó mediante la combinación de la técnica de acenización (López, 1985) y cuantificación de K⁺ y Cl⁻ (Horwitz, 1975) utilizando el potenciómetro Orión 720 con electrodos específicos de los iones.

De las muestras contenidas en etanol se determinó la cantidad de azúcares, método de Nelson Somogy (Lopatocki,1957; Clarck, 1964; Maranville,1970) y almidones, método con antrona (Clark,1964; Browne,1955; AOAC,1970; Larqué,1971; Carroll et al 1959, Clark,1971,). De las muestras en acetona se determinó la concentración de clorofilas totales (Bruinsma,1963).

LOCALIZACION DE AREA DE ESTUDIO



METODOLOGIA

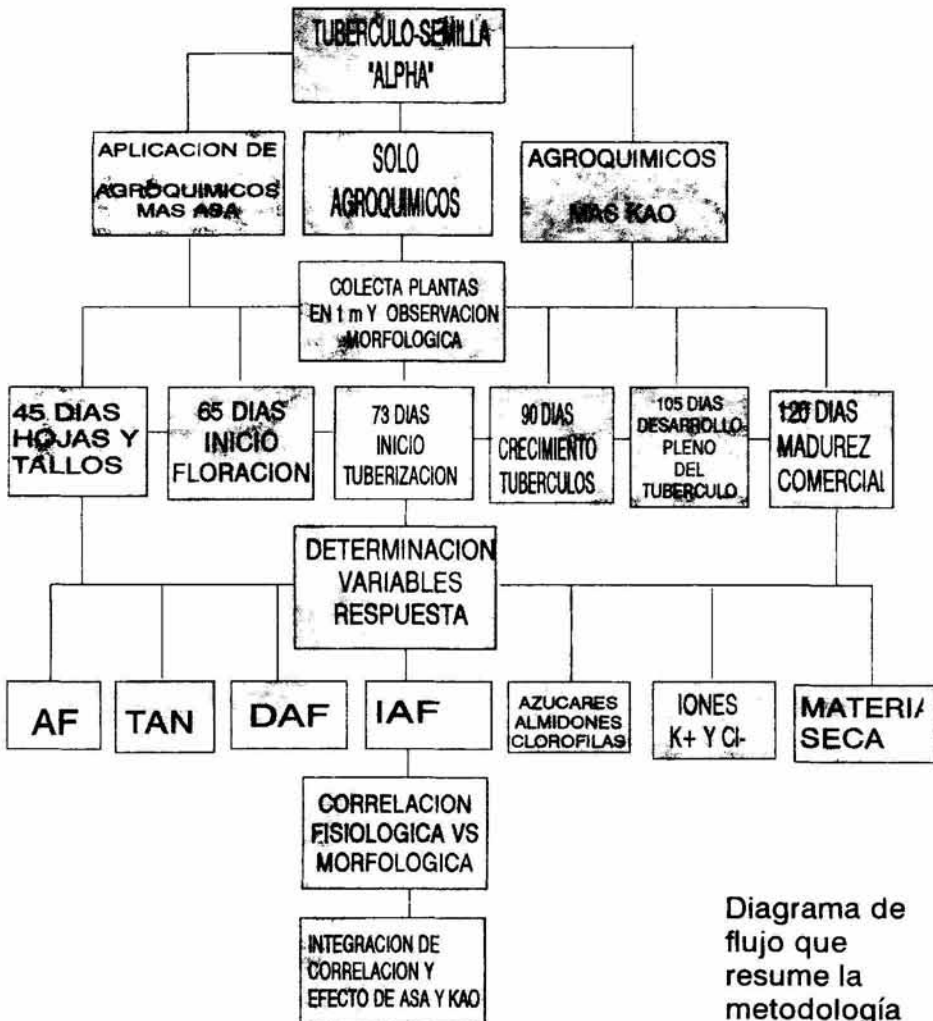


Diagrama de flujo que resume la metodología

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Descripción General del crecimiento en el control de la zona 1 (CON1).

Este trabajo se realizó en campo bajo condiciones naturales por lo que ningún factor ambiental estuvo controlado, es por eso que se toman muy en cuenta los factores que intervinieron durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

El análisis de crecimiento es una herramienta fisiológica que permite la evaluación de la eficiencia de uso de agua periódica a través de los parámetros de respuesta principales de TAN, IAF, DAF y TCR durante el ciclo del cultivo (Rodríguez, 1986).

En el CON1 (fig.1), la concentración de clorofilas totales, azúcares y almidones en las hojas lleva un comportamiento ascendente hasta el día 60, luego baja para el día 80 y nuevamente asciende, alcanzando el máximo valor al día 105, a partir de aquí, declina. Lo que sucedió fue que el brote y la emergencia de las plántulas se retrasó debido a que en la zona se presentó un déficit hídrico por falta de lluvias, las cuales cayeron hasta el día 52. Este déficit ocasionó trastornos fisiológicos en el desarrollo y crecimiento de las plantas de papa. Jefferies (1987,1989) señala que existe una relación estrecha del estrés hídrico con la aparición y crecimiento de las plantas de papa las cuales decrecen conforme el estrés aumenta.

Moorby y Milthorpe (1975), ponen de manifiesto que debido a la poca disponibilidad de agua en el suelo las plantas no pueden compensar el agua pérdida por transpiración, entonces el déficit hídrico manifestado en las plantas produce cierre de estomas, disminuyendo el potencial de agua en las hojas así como la tasa fotosintética debido a una mayor resistencia estomática para el ingreso de CO₂, lo cual es una limitante para un óptimo crecimiento.

Normalmente bajo condiciones óptimas de humedad la semilla-tubérculo brota a los 30 días después de la siembra y para el día 45 ya existen plantas con el tallo principal y hojas (García,1994). Al día 45 muy pocas semillas habían emergido y las que emergieron eran muy pequeñas para realizar la colecta. Por ello, se tuvo que esperar 15 días más para comenzar la primera colecta de material. Al día 67 cayó una fuerte helada en la zona, la cual dañó mucho el dosel. Pocos días después el cultivo fue afectado por *Rhizotocnia solani*. Todos estos factores ocasionaron hicieron que el cultivo tuviera un desarrollo y crecimiento deficiente y se manifiesta en los valores y comportamiento de las figs.1 y 2, sobre todo en el intervalo comprendido entre el día 0, día de siembra, y el 80. El ascenso que se da al día 80 en parte porque las condiciones se tornaron un poco más favorables y porque tal vez ayudó la aplicación de agroquímicos Cytozime (a base de hormonas), Biozime (trazas minerales) y adherente foliar (utilizado para facilitar la asimilación de los otros productos químicos).

Ahora, sí comparamos la fig. 1 con la fig. 2 correspondiente a los índices de crecimiento, y la cual nos describe el desarrollo del cultivo, nos dice que TAN (indica la actividad fotosintética de las plantas) tuvo dos picos uno al día 60 y otro al día 105 a éste último alcanza su valor máximo, pero también tuvo un descenso al día 80. Lo anterior nos indica que el dosel finalmente, después de las adversidades se estableció al día 105. También expresa una cantidad máxima de carbono acumulada sin que las plantas hallan dejado de crecer. Es decir, que apartir de ese día el dosel de las plantas dejó de ser demandante de los metabolitos fotosintetizados para el crecimiento de las hojas y tallos y pasó a ser fuente para el desarrollo y crecimiento de los órganos de almacenamiento (tubérculos), marcando con ello el inicio de la tuberización (fase reproductiva) y el final de la fase vegetativa de las plantas de papa.

Como la parte aérea siguió asimilando carbono y produciendo fotosintatos (azúcares y almidones) para las partes demandantes (tubérculos) entonces el aparato asimilatorio de las plantas siguió siendo eficientemente fotosintético hasta el día 120 como lo denota la duración del área foliar (DAF) y el IAF que expresa la máxima dimensión foliar.

El índice de área foliar (IAF) indica que la máxima dimensión del aparato fotosintético fue al día 135 después de la máxima asimilación de carbono lo que refleja una tardanza en el establecimiento del dosel debido a un declive en la capacidad de asimilación de carbono.

El estrés hídrico afectó las plantas tal como lo refiere Moorby y Milthorpe (1975), por la poca disponibilidad de agua en el suelo las plantas no pueden compensar el agua pérdida por transpiración, entonces el déficit hídrico manifestado en las plantas produce cierre de estomas, disminuyendo el potencial de agua en las hojas así como la tasa fotosintética debido a una mayor resistencia estomática para el ingreso de CO₂, lo cual es una limitante para un óptimo crecimiento.

En la figura 3, la materia seca de los tubérculos se disparó justamente al día 105 que marca el desarrollo potencial de los tubérculos y el momento en el cual las concentraciones de azúcares y almidones de la parte aérea comienzan a descender. La biomasa del dosel se mantiene más o menos constante presentando un ligero descenso para el día 135. Por otra parte, el desarrollo radical reflejado en el peso seco implicó una extracción suficiente de agua del suelo durante el inicio del desarrollo. Después ocurrió el déficit hídrico que ocasionó deterioro fisiológico y baja productividad del tubérculo.

Ahora bien, la tasa de crecimiento relativo (TCR) (fig.4) que es el incremento de biomasa por unidad de biomasa presente en la planta (Hunt,1978), alcanzó su máximo valor cuando descienden los valores de azúcares y almidones lo que expresa que las hojas dejaron de ser demandantes y pasaron a ser fuente de fotosintatos para promover el desarrollo de los órganos de almacenamiento Así, la parte aérea de las plantas alcanzó la madurez, es decir, concluyó la fase vegetativa e inició la fase reproductiva.

Jefferies y Heibron, (1991) y Jefferies y Mackerron (1987) señalan que el estrés de agua en el desarrollo y crecimiento del cultivo de plantas de papa afecta la producción de materia seca tanto del dosel como de los tubérculos. Por lo tanto, el estrés hídrico ocasionó en las plantas un crecimiento deficiente que ocasionó una senescencia temprana, un retardó de la tuberización y una baja en la productividad

Por otra parte, el peso seco de cualquier planta y el área foliar son resultado de la asimilación de CO₂ mediante el proceso de fotosíntesis el cual depende de las condiciones ambientales que prevalecen e influyen en el comportamiento estomático.

Como sabemos, los estomas abren cuando las células oclusivas se tornan túrgidas, es decir, cuando aumenta su presión de turgencia, es decir, cuando el agua difunde por ósmosis a las células oclusivas debido a un bombeo activo de iones K⁺ acompañado por concentraciones de iones cloro o ácidos orgánicos, por la síntesis de azúcares o ácidos orgánicos o por la hidrólisis de almidón a azúcares (Bidwell,1989).

Partiendo de que los antitranspirantes pueden inducir cierre de estomas sin afectar demasiado la fotosíntesis e incrementar la eficiencia de uso de agua suponiendo turgidez de las células oclusivas y tomando en cuenta la participación de los iones K^+ y Cl^- , se hicieron mediciones de la concentración de estos iones (fig.5). Como vemos la concentración de iones K^+ es directamente proporcional a la de Cl^- . La baja del día 60 corresponde a la afección de los factores adversos ya mencionados.

El comportamiento sugiere que antes del estrés hídrico la poca humedad que había en el suelo permitió a las semillas-tubérculos un grado de emergencia y fotosíntesis correspondiente, deduciendo de aquí que los estomas se mostraron túrgidos por esa disponibilidad de agua manteniéndolos abiertos y llevando a cabo el intercambio gaseoso para la asimilación de carbono. Sin embargo, después ocurrió el estrés hídrico que ocasionó un trastorno fisiológico a las plantas las cuales empezaron a responder primeramente cerrando sus estomas, es decir echando andar su sistema hidroactivo, y luego sintetizando sustancias orgánicas para soportar la excesiva pérdida de agua por transpiración dadas las condiciones de temperaturas altas e intensa radiación del medio que operó. En este período las plantas presentaron la condición de marchitez temporal que fue contrarrestada un poco con las lluvias y la aplicación de los agroquímicos (Biozime y Citozyme), es por eso que después del día 80 nuevamente ascienden los valores.

CON 1

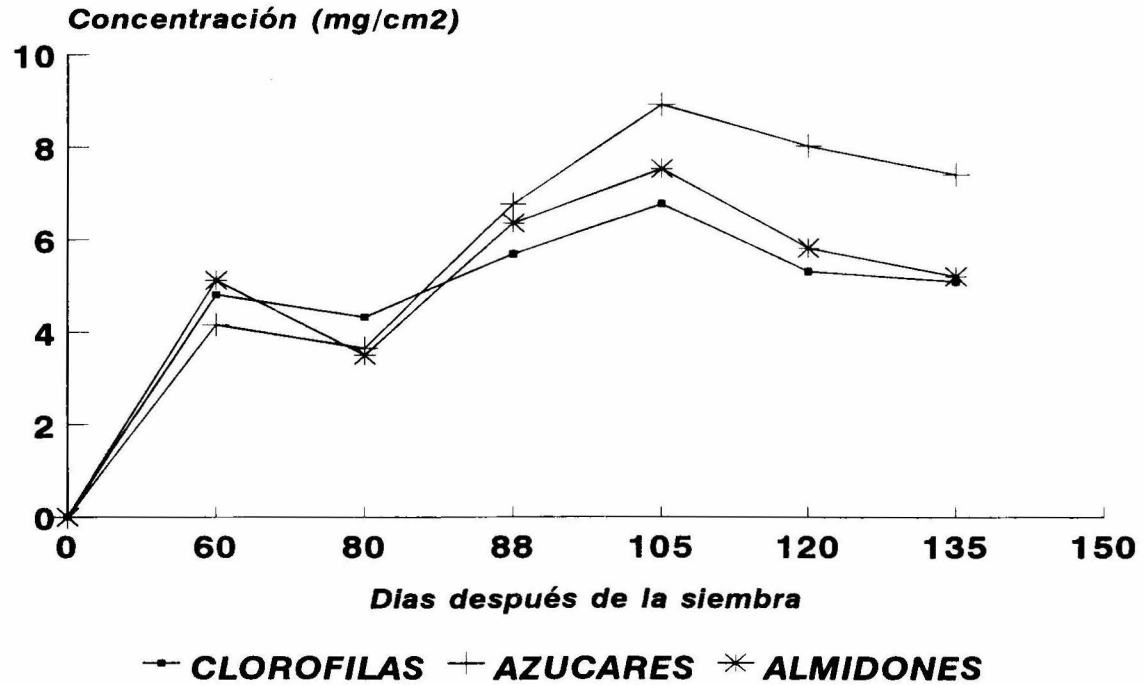


Figura 1. Concentración de clorofilas y fotosintatos del control en la zona 1.

CON 1

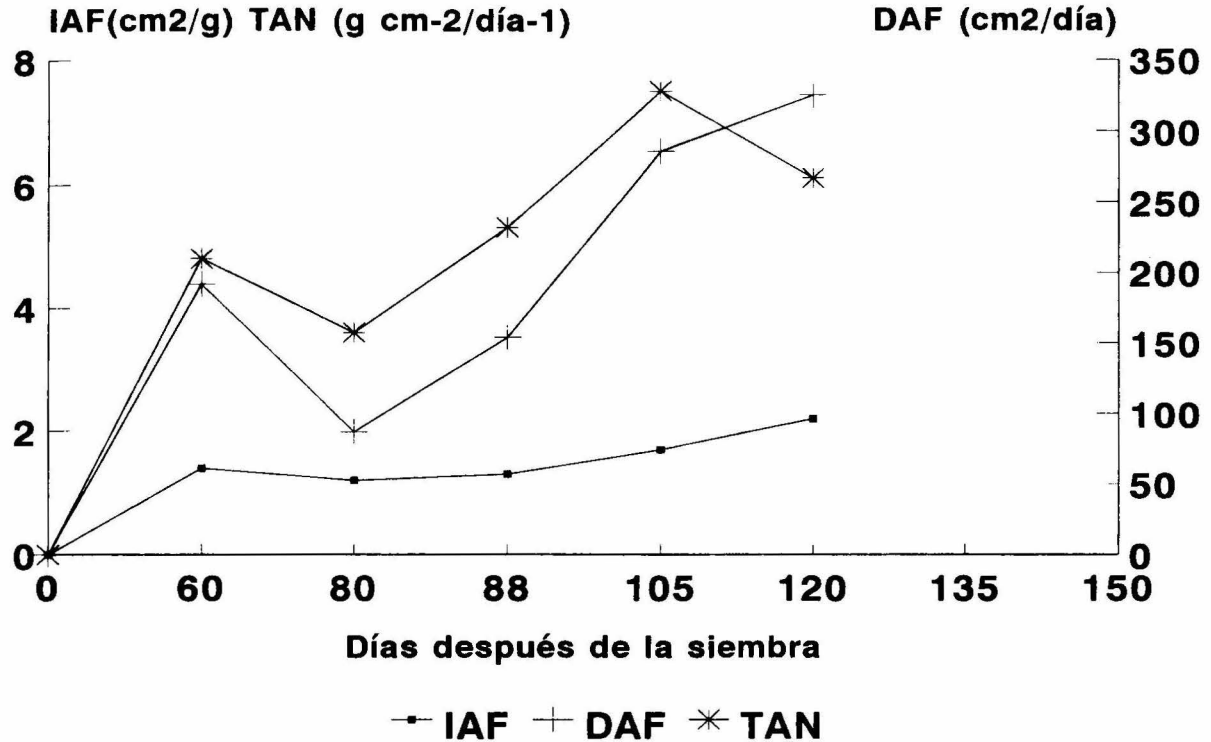


Figura 2. Índices del crecimiento fisiológico obtenidos durante el desarrollo del cultivo de papa.

CON 1

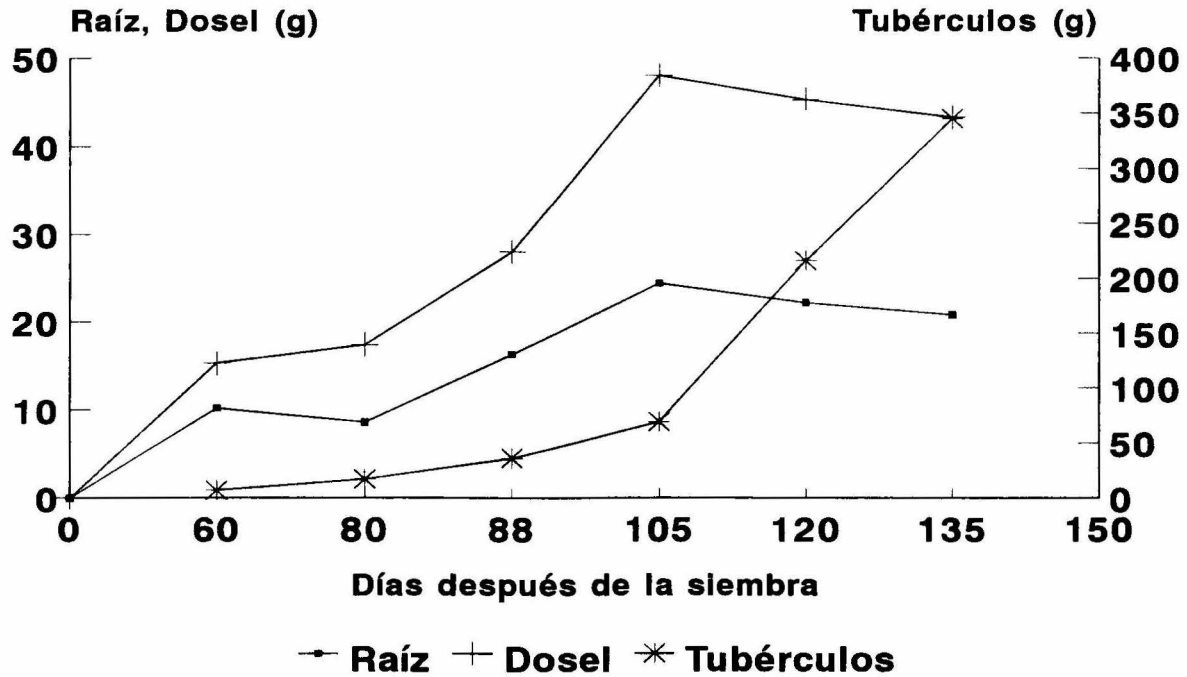


Figura 3. Materia seca de los diferentes órganos de las plantas durante el desarrollo del cultivo.

CON 1

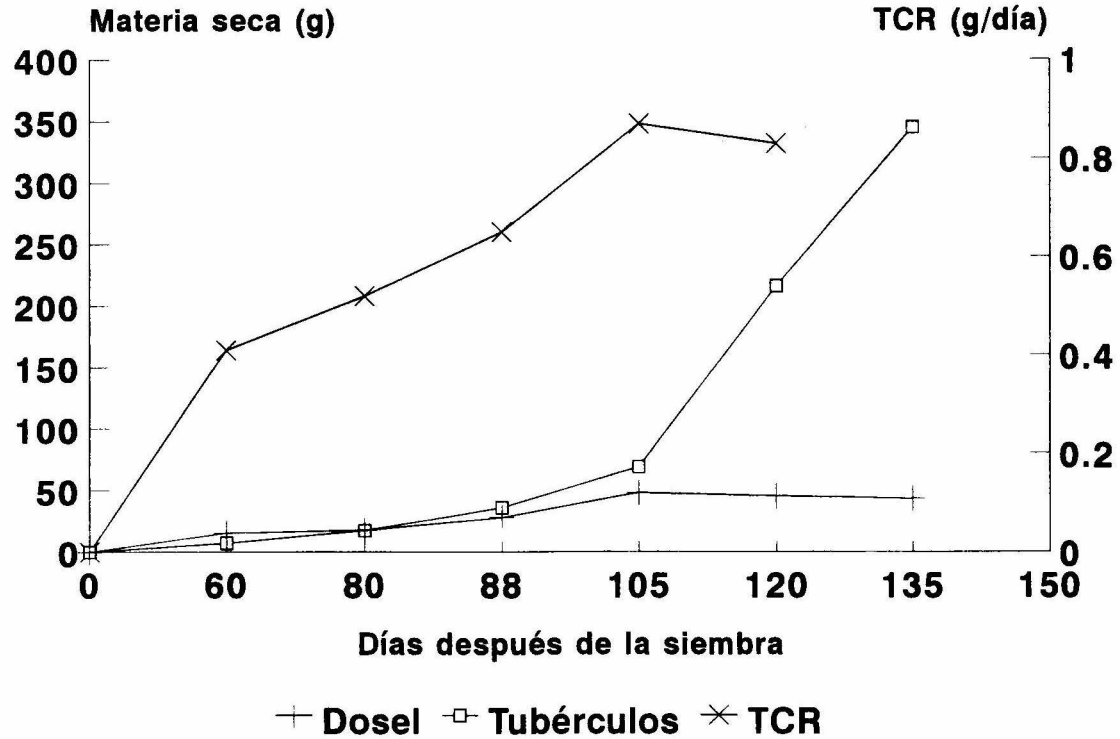
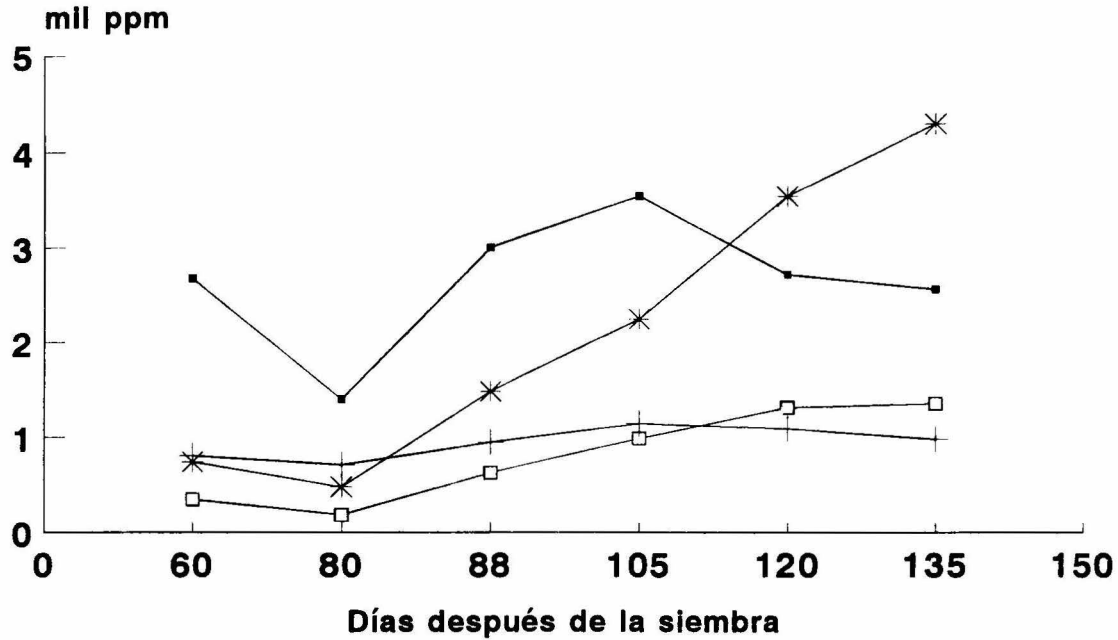


Figura 4. Tasa de crecimiento relativo del cultivo contra la materia seca de las diferentes órganos de las plantas.

CON 1



—■— K+ DOSEL + Cl-DOSEL * K+ TUBERCULOS □ Cl- TUBERCULOS

Figura 5. Concentración de iones K⁺ y Cl⁻ obtenidas durante el crecimiento de las plantas.

6.2 Crecimiento con ASA en la zona 1 (ASA1).

Los valores registrados de los índices fotosintéticos y productivos fueron más altos que en el CON1 lo que nos indica un mejor crecimiento fisiológico. Aunque se aplicó el ASA desde el inicio de la fase vegetativa no mostró un efecto perceptible; apenas y hubo plántulas muy pequeñas al día 45 motivo por el cual no hubo colecta en ese día. Por lo tanto se confirma lo reportado bibliográficamente de que la eficacia de los antitranspirantes va a depender del medio ambiente, la etapa de desarrollo y salud de las plantas.

Como lo señala la figura 6, la concentración de clorofilas, almidones y azúcares siguió un comportamiento distinto al presentado en CON1, fue en forma ascendente hasta el día 88 para luego disminuir paulatinamente hasta el día 135.

Estos valores están estrechamente relacionados con los índices de crecimiento (fig.7), donde podemos observar que la TAN se manifestó en forma ascendente alcanzando también su máximo valor al día 88 para después descender progresivamente al día 120. Sin embargo aunque los valores van en forma ascendente, en el período del día 60 al 80 no hay un aumento muy significativo lo cual podemos asociar a los factores (estrés hídrico y la helada) que intervinieron durante ese intervalo de tiempo. Al comparar TAN de ASA 1 con la del CON 1 nos está indicando que el dosel se estableció en menos tiempo, que la fase vegetativa duró hasta el día 88 y que la tuberización inició en un período de tiempo menor.

Este hecho lo corrobora la máxima dimensión del aparato fotosintético, expresada por IAF, alcanzada al día 105, y que está estrechamente relacionada con la capacidad de asimilación de energía radiante, ya que marca la acumulación y distribución de materia seca hacia las partes en crecimiento que son las demandantes. Por otro lado la DAF nos hace referencia a que las plantas mantuvieron por mayor tiempo la actividad fotosintética.

Evans(1983) y García (1994) han reportado que un dosel establecido rápidamente mantiene una DAF por mayor tiempo. Es precisamente lo que se puede apreciar la gráfica de índices de crecimiento. Ahora bien, conforme se estableció el dosel se manifestó el incremento de materia seca de los tubérculos debido al desarrollo potencial de los mismos así lo indica la TCR y la materia seca del dosel (fig. 9).

Si observamos la figura 8, correspondiente a la materia seca de las diferentes partes de la planta nos damos cuenta de un mejor desarrollo radical que se mantuvo por mayor tiempo y con más acúmulo de materia seca que el dosel. Para este último hay que destacar que debido a la afección de la helada y del patógeno hubo gran pérdida del dosel por maltrato y pudrición.

Según estos resultados y en comparación con el CON2, parece que ASA contrarrestó los efectos del ataque por *R. solani*, tal vez el modo de acción sobre el patógeno se deba a que el ASA por ser un fenol estimula la activación de enzimas fenolxidasas (dentro del proceso respiratorio) oxidando los fenoles y transformándolos en quinonas los cuales fueron tóxicos al patógeno y de esta forma inhibió la infección.

Ahora observemos la figura 10, referente a la concentración de iones K^+ y Cl^- . Aquí la concentración de estos iones es ascendente hasta el día 105, este valor tiene relación con la máxima expansión foliar (IAF), la acumulación de materia seca del dosel y la TCR, lo que significa que la concentración de potasio desempeñan un papel importante sobre el proceso fotosintético lo cual se manifiesta en la expansión foliar y la producción de materia seca tal como se ha reportado (Liebhardt,1964; Jackson & Volk,1968; Kllmer,1972 citados por Huber, 1985).

El efecto del ASA fue eficiente durante la etapa de sequía manteniendo la turgencia de los estomas manteniendo óptimos la concentración de K^+ . Aquí hay que considerar que el ASA tiene en su estructura química, una forma orto por lo cual puede captar otros iones, como el Ca^+ , actuando como quelante y provocando un cambio en la permeabilidad de las membranas celulares; consecuentemente ocurre una interferencia en la fosforilación oxidativa aumentando el CO_2 dentro de las hojas induciendo con ello un cierre de estomas evitando así la pérdida excesiva de agua. Esta es entonces aprovechada por las células de las plantas para llevar a cabo sus funciones metabólicas. En estos términos, nos estaremos refiriendo a un mejor aprovechamiento o uso de agua que se tradujo en un mejor desarrollo y crecimiento de las plantas respecto al control.

ASA 1

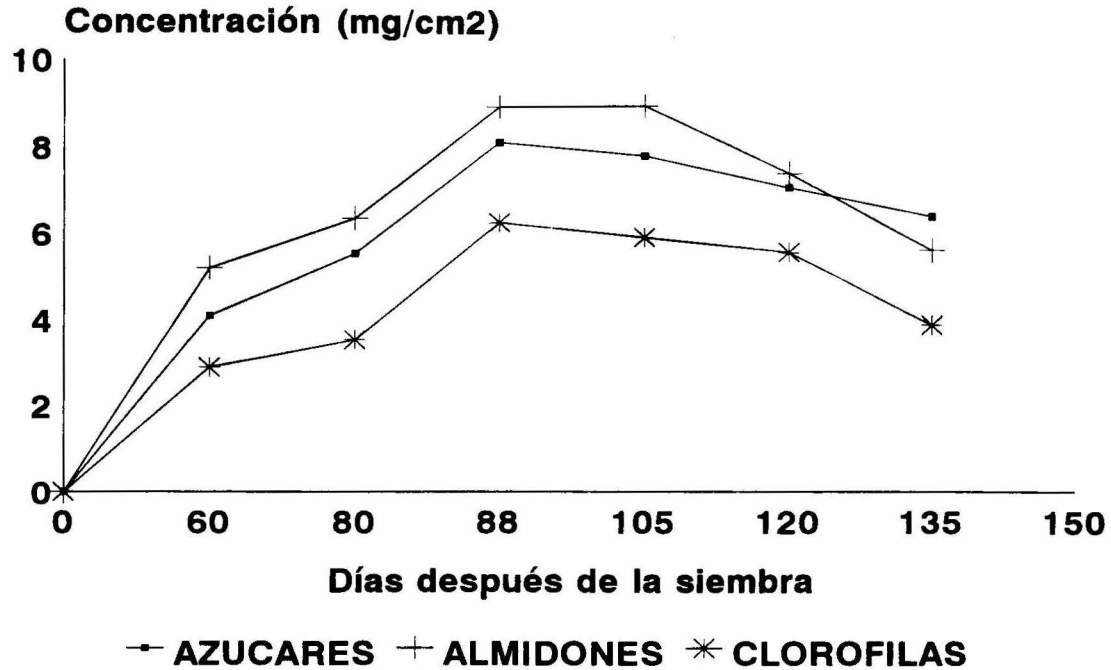


Fig.6. Concentración de clorofilas y fotosintatos de las plantas en tratamiento con ASA en la zona 1.

ASA 1

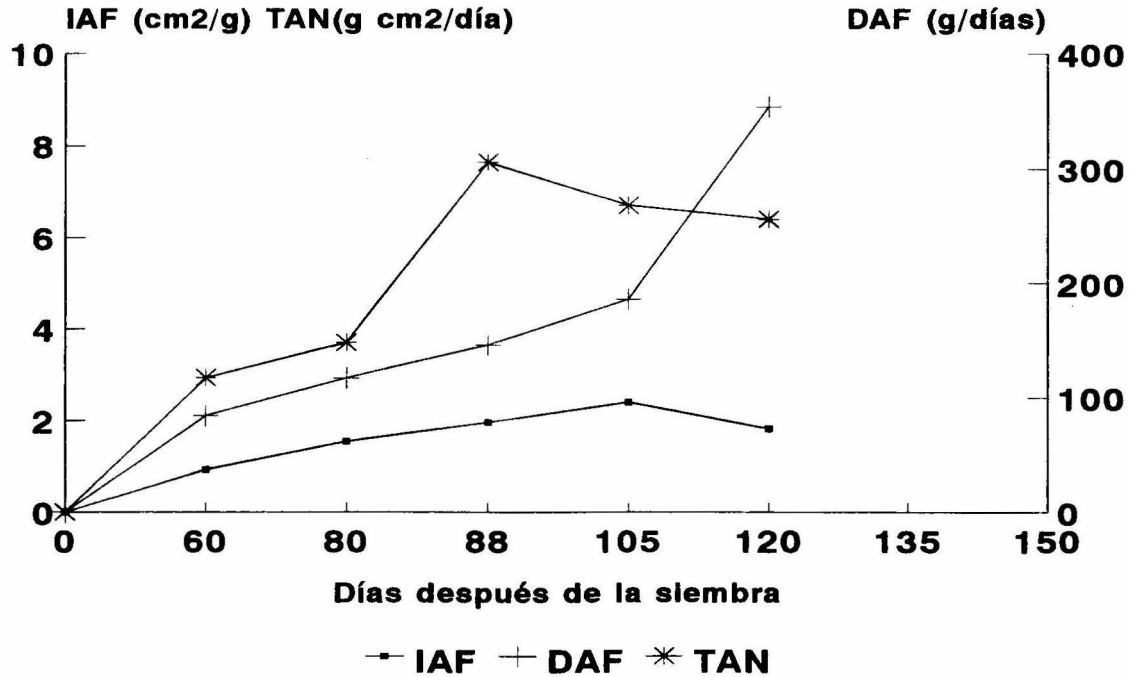


Figura 7. Indices de crecimiento obtenidos bajo tratamiento con ASA.

ASA 1

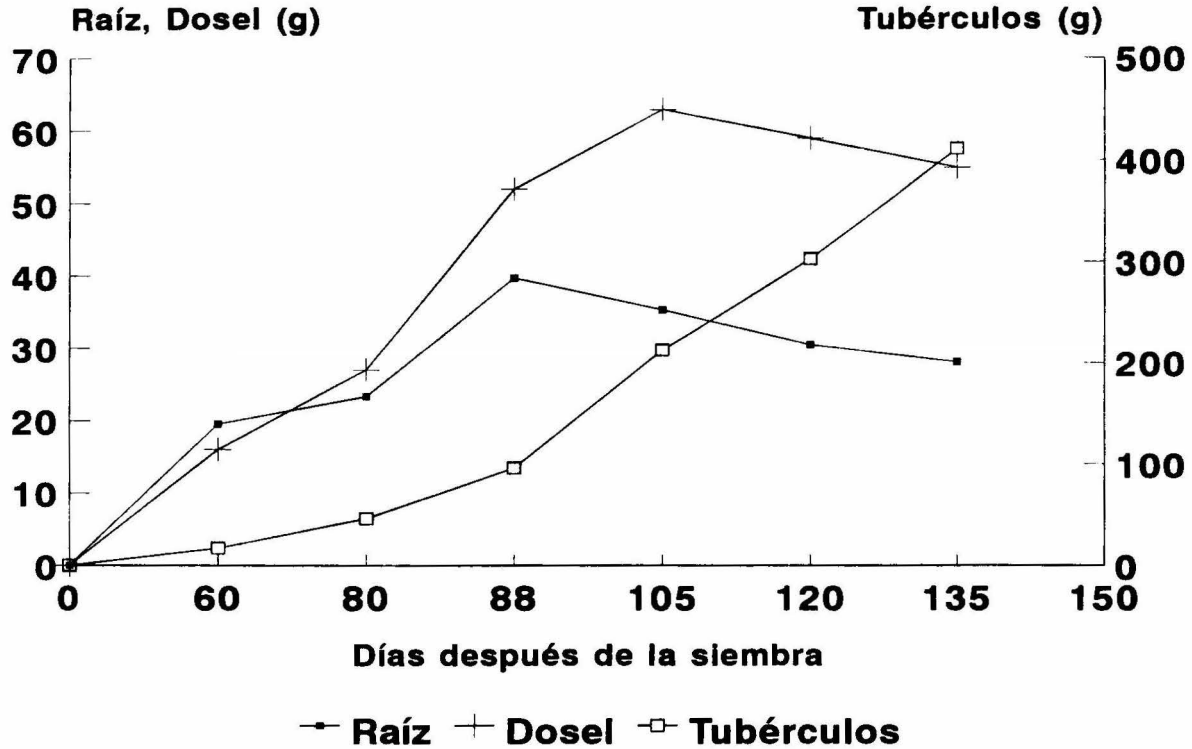


Figura 8. Materia seca de las diferentes partes de las plantas tratadas con ASA.

ASA 1

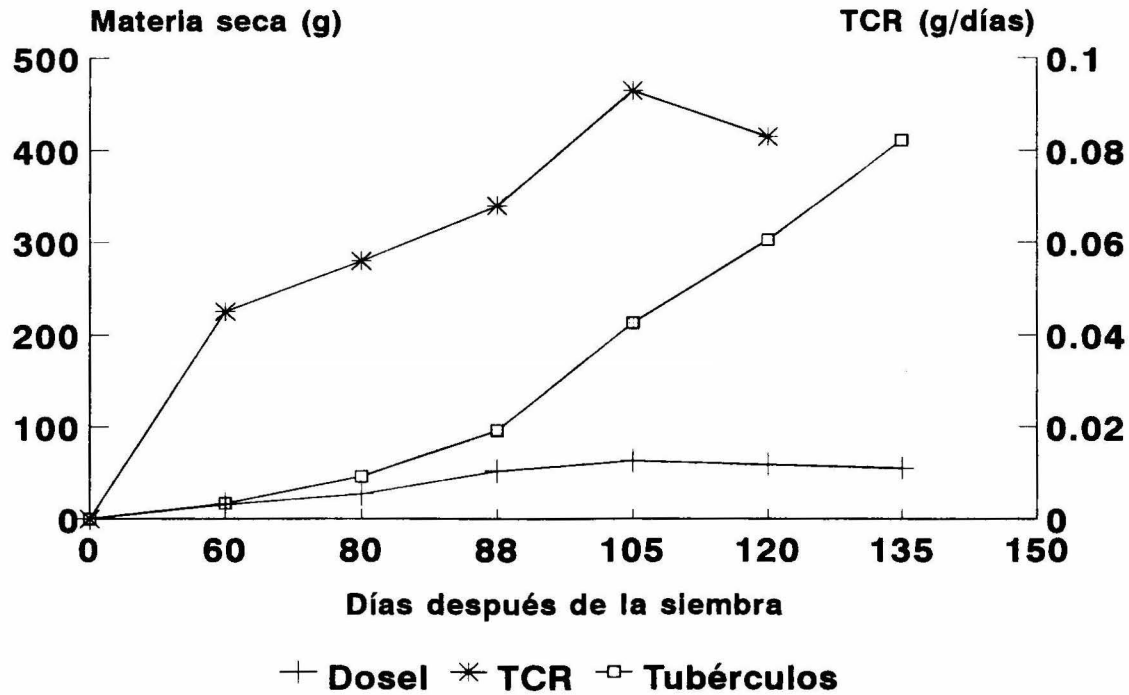
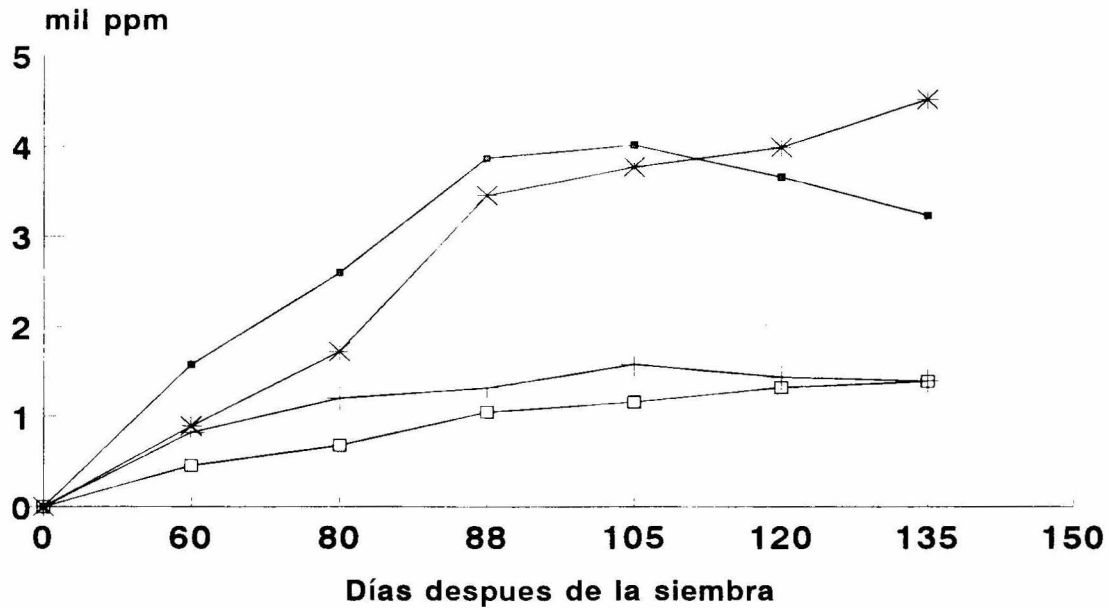


Figura 9. TCR contra la materia seca de las diferentes partes de las plantas bajo tratamiento con ASA.

ASA 1



—■— K+ DOSEL —●— Cl- DOSEL * K+ TUBERCULOS —□— Cl- TUBERCULOS

Figura 10. Concentración de iones K+ y Cl- durante el crecimiento de las plantas.

6.3 Crecimiento con Kaolin en la zona 1 (KA01).

Las plantas bajo este tratamiento mostraron un crecimiento similar que ASA1 sólo que en éste los valores fotosintéticos y de productividad fueron más bajos.

La figura 11 de clorofilas y fotosintatos muestra un descenso en la concentración de clorofilas al día 88, éste se debió principalmente al ataque de *R.solani* que destruyó cloroplastos de tallos y hojas ocasionando con ello una baja en la cantidad de pigmentos de clorofila. Además también disminuyeron estos pigmentos por la afección de la sequía y la helada en el crecimiento de las plantas

Lo anterior repercutió en los índices de crecimiento (fig.12). La TAN que representa la eficiencia fotosintética por asimilación de carbono alcanzó su valor máximo al día 105, lo que significa que hubo una baja en la capacidad de asimilación de carbono respecto a ASA 1.

Por lo tanto, tardó más en establecerse el dosel y alcanzar su máxima expansión foliar, representada por el valor máximo de IAF al día 120. García (1994) dice que las clorofilas definen la capacidad de asimilación de energía radiante por el dosel y la cantidad presente es el resultado de la asimilación de carbono para la síntesis de azúcares que posteriormente se acumulan en polímeros de almidón.

El desarrollo de los tubérculos se manifestó desde el día 88 como lo indica la materia seca (fig.13), pero el desarrollo potencial se da a partir del día 105, es por ello que la concentración de azúcares y almidones descienden a ese día e indican que la fase vegetativa terminó.

Por otro lado, también lo indica el valor de TCR (figura 14), como vemos, mientras se estableció el dosel se manifestó potencialmente el incremento de la biomasa (máximo valor de TCR al día 120). Por lo anterior, las plantas de KAO 1 se mantuvieron fotosintéticamente activas durante menos tiempo como lo muestra DAF, cuyo valor máximo es al día 120, en comparación con ASA 1.

Haciendo referencia a las concentraciones de iones (fig. 15) éstas van en forma ascendente para los tubérculos, mientras que en el dosel desciende durante la fase de reproductiva de la planta. Bibliográficamente se reporta que cuando la temperatura es alta y se presenta un déficit de agua, las plantas responden primero echando andar automáticamente un mecanismo hidropasivo que consiste en cerrar estomas hasta que el potencial de agua vuelva a su normalidad. Si no ocurre esto, echa andar su sistema hidroactivo que implica cierre de estomas regulado por la hormona ABA e inhibiendo fotosíntesis que a su vez causa una disminución de los niveles de K^+ y aniones

En este caso no hay baja en la concentración de estos iones y son mayores que en el CON1, entonces se deduce que el KAO mostró un efecto antitranspirante. Posiblemente su forma de acción es que como el Kaolín es un poliazúcar que al combinarse con el agua forma una solución densa y al aplicarla sobre las hojas actuó como surfactante evitó la pérdida de agua por transpiración manteniendo las hojas túrgidas con la participación de K y Cl . Así, no se vio muy afectado el proceso fotosintético para la producción de azúcares y almidones que serían traslocados a las hojas en crecimiento y luego a los órganos de almacenamiento (tubérculos). Es probable, por otra parte, que la fotosíntesis fue eficiente también por el efecto reflejante que tiene el kaolin, ya que se tiene conocimiento de que éste refleja la luz radiante hacia los sitios donde es escasa (Agarwal y De 1976; Allison 1978; Shekour y col. 1987 y Umrani 1987). Sin embargo no hubo evidencia que indicara que el kaolín halla combatido en alguna forma al patógeno que afectó el cultivo.

KAO 1

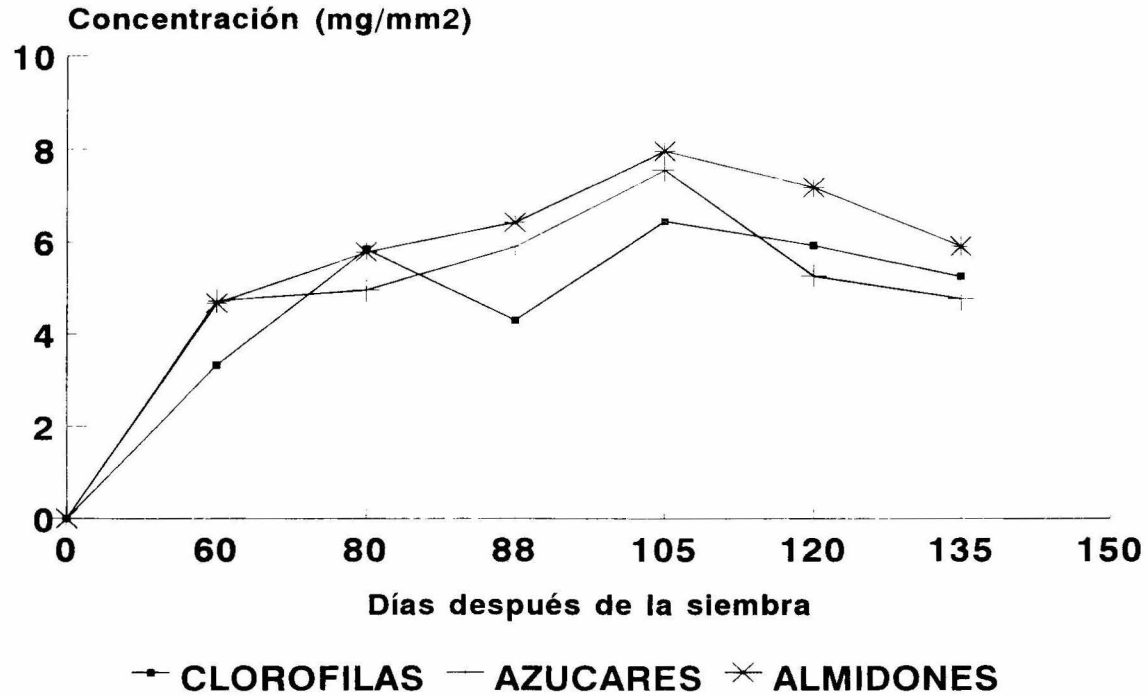


Figura 11. Concentración de clorofilas y fotosintatos a lo largo del crecimiento en las plantas tratadas con KAO.

KAO 1

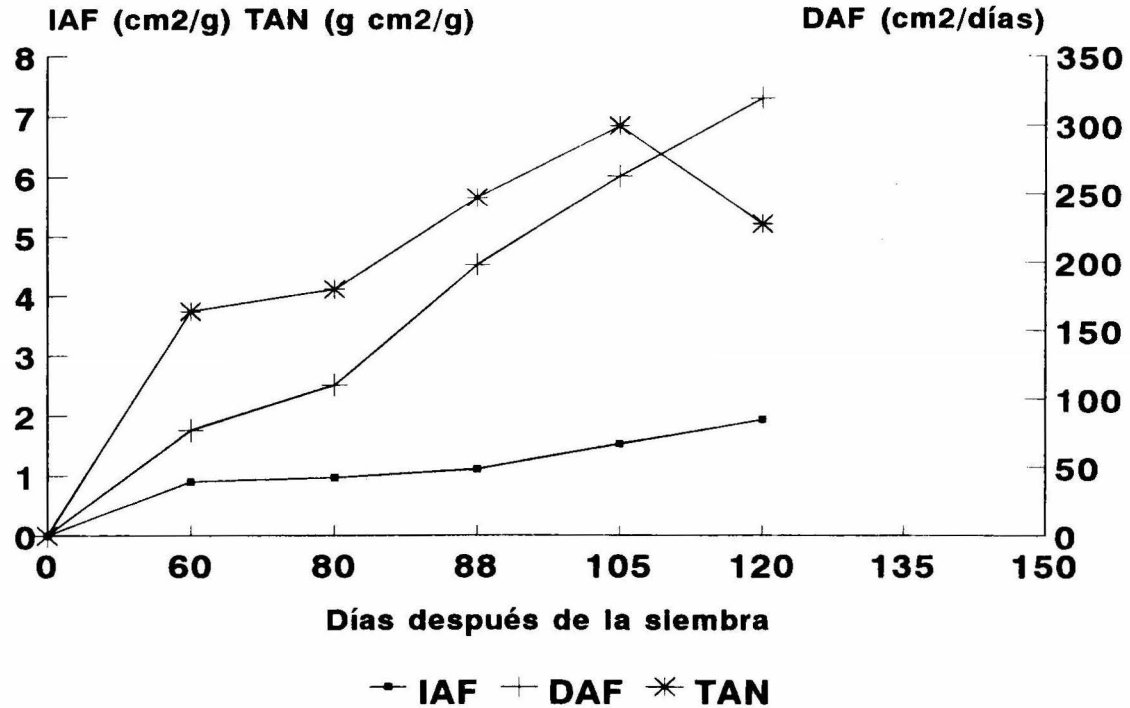


Figura 12. Índices de crecimiento de las plantas tratadas con KAO.

KAO 1

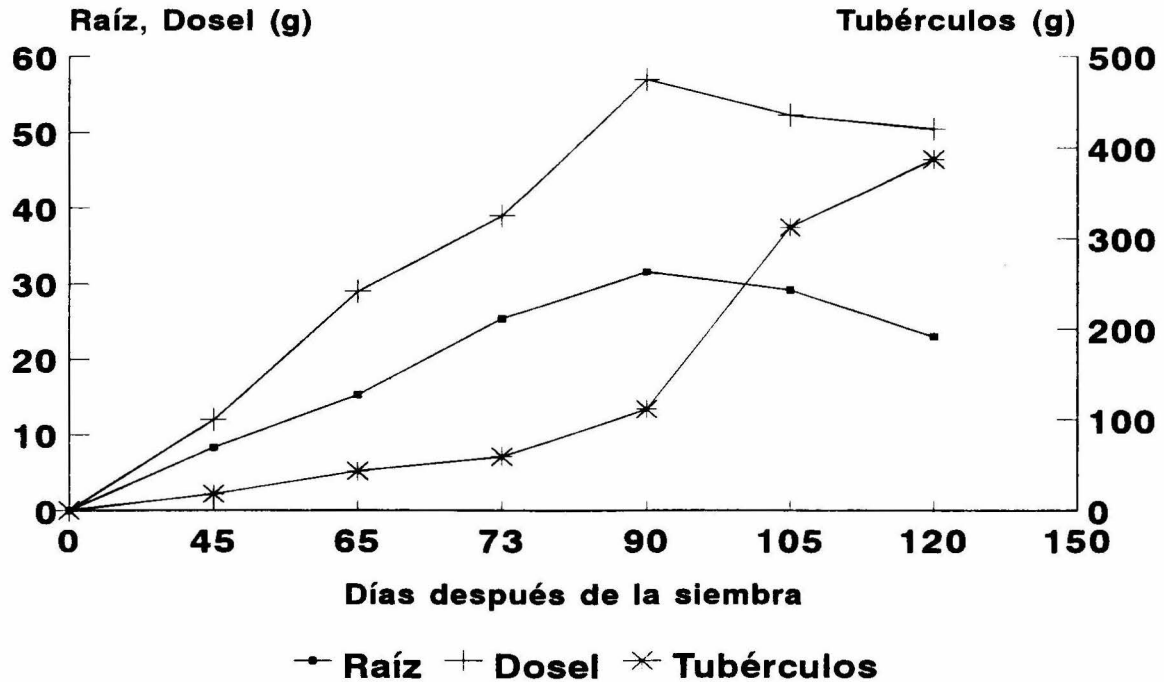


Figura 13. Materia seca de los diferentes órganos de las plantas a lo largo de su desarrollo.

KAO 1

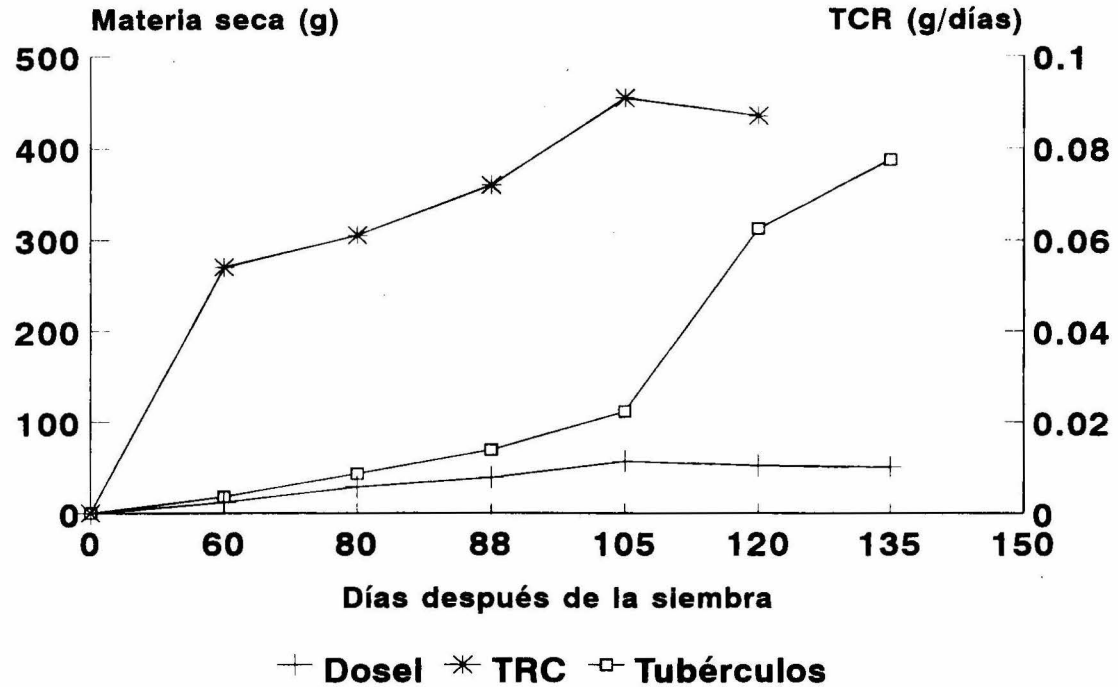
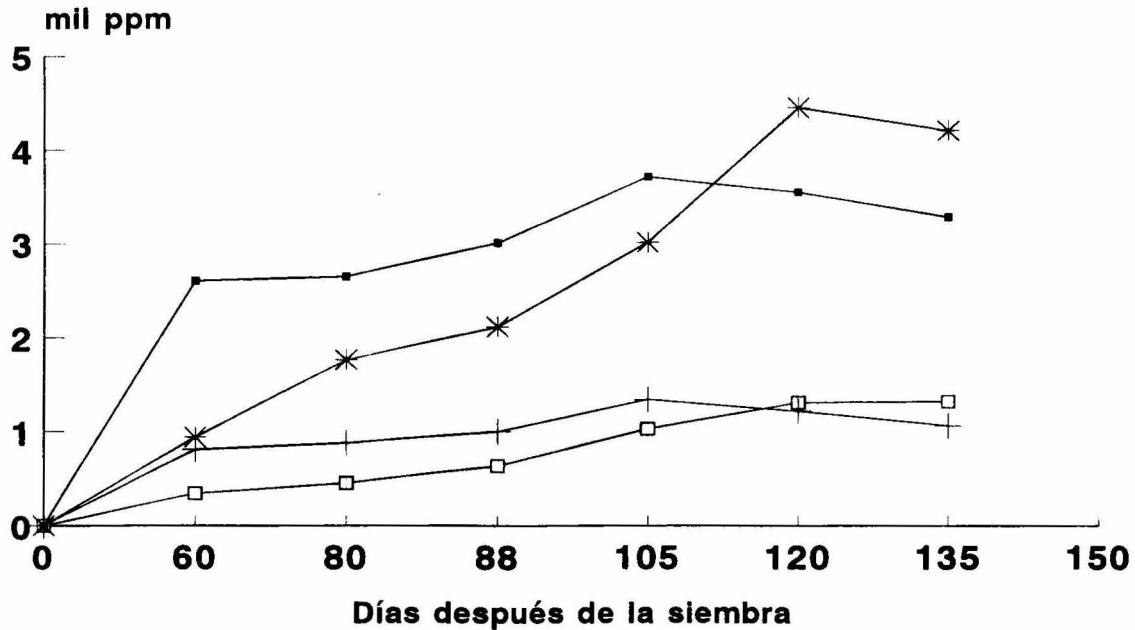


Figura 14. TCR contra la materia seca de las diferentes partes de las plantas durante el crecimiento del cultivo.

KAO 1



—■— K+ DOSEL —●— Cl- DOSEL * K+ TUBERCULOS —□— Cl- TUBERCULOS

Figura 15. Concentración de iones K⁺ y Cl⁻ bajo durante el desarrollo de las plantas tratadas con KAO.

6.4 Crecimiento del control en la zona 2 (CON2).

El crecimiento en esta zona sí sucedió en las etapas reportadas por García (1994) por lo cual se efectuaron los muestreos en los días establecidos.

Hay que señalar que esta zona fue menos dañada por sequía, pues por falta de tiempo la siembra se efectuó 15 días después que en la zona 1. Aquí los factores adversos de mayor importancia fueron el patógeno y la helada

En la figura 16, se muestra que la concentración de clorofilas alcanza su máximo al día 90 al igual que la concentración de azúcares y almidones.

Al relacionar estos resultados con los índices de crecimiento (fig.17) nos indica que el dosel se estableció al día 90 (IAF máximo), donde fue la máxima asimilación de carbono permitida por la concentración de clorofilas, de esta manera las hojas ya no aprovechan los productos elaborados de la fotosíntesis pero no significa que la planta dejó de crecer sino que los fotosintatos elaborados (azúcares y almidones) comienzan a distribuirse ahora, hacia los tubérculos que pasan a ser los órganos en crecimiento. Este comportamiento marca el término de la fase vegetativa y el inicio de la fase reproductiva. La máxima expansión foliar se refleja en el día 105, una fecha después del establecimiento del dosel, y que va en relación con la capacidad de captación de energía radiante del dosel. Puesto que la DAF es el tiempo de duración que se mantienen fotosintéticamente activas las plantas durante la fase reproductiva y éste valor máximo se alcanzó al día 105 nos refleja que fue corto este período de tiempo.

La expresión de asimilación de carbono por las plantas es la materia seca, en la figura 18 se observa el desarrollo y crecimiento en estos términos en las diferentes partes de las planta conforme transcurre el tiempo. El sistema radical no se vio tan afectado en comparación con el CON1.as y tallos. El desarrollo potencial de los tubérculos se da al día 90 como lo indica el máximo valor de la TCR (fig.19) que es el incremento en biomasa por unidad de biomasa presente de la parte aérea.

En la figura 20 podemos apreciar el comportamiento ascendente de la concentración de iones K^+ y Cl^- durante la fase vegetativa de las plantas pero durante la fase reproductiva estos tienden a disminuir, sin embargo el incremento es significativo en el tubérculo.

Este comportamiento está en estrecha relación con la máxima cantidad de carbono asimilado, pues el K^+ junto con el Cl^- participan en el proceso fotosintético el cual se ve reflejado en la concentración de fotosintatos y producción de materia seca, con ello se afirma lo reportado por Ward (1960 citado por Huber,1985) de que la cantidad de almidón en las hojas de papa va en función directa con los niveles de K^+ de las hojas, además la concentración de K^+ refleja la alta producción de materia seca durante la máxima expansión foliar (Huber,1985)

CON 2

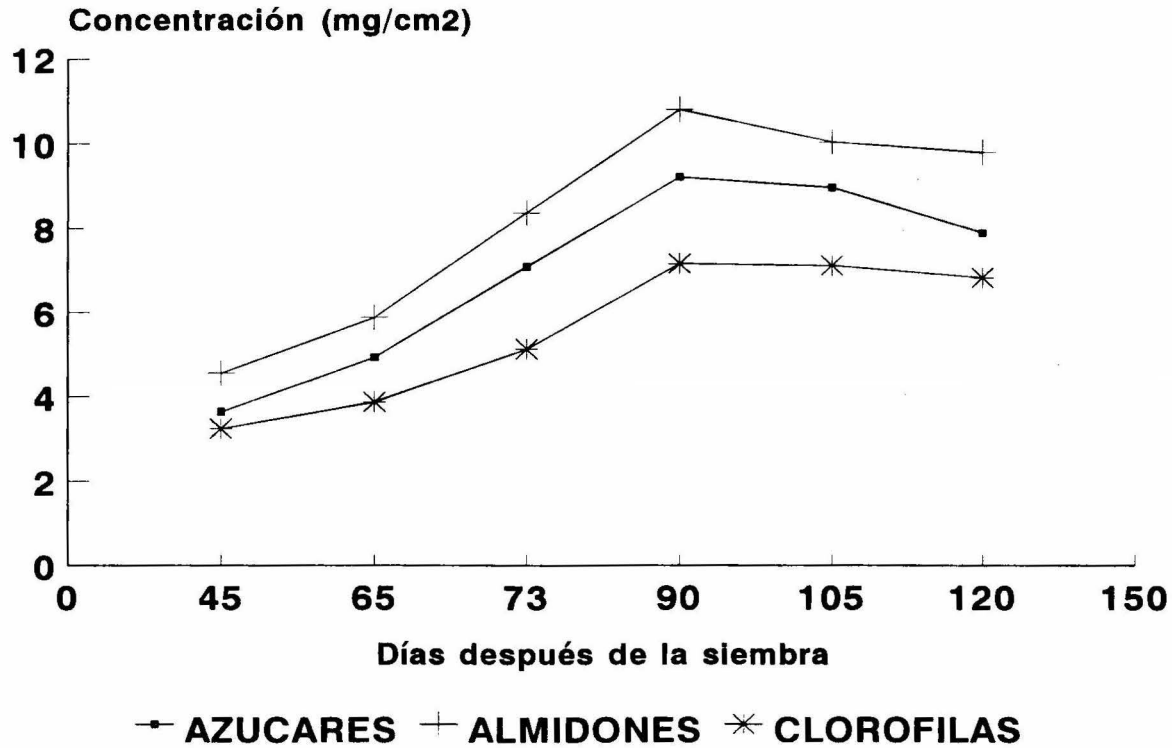


Figura 16. Concentración de clorofilas y fotosintatos en el control de la zona 2.

CON 2

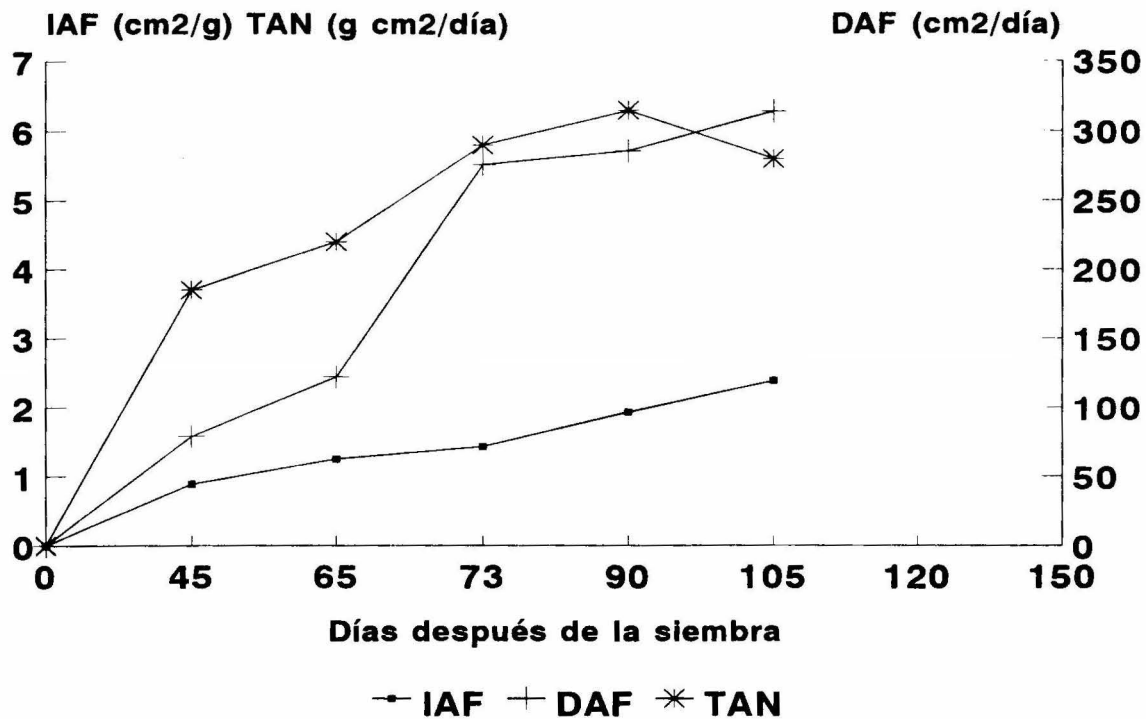


Figura 17. Índices del crecimiento obtenidos en el control de la zona 2.

CON 2

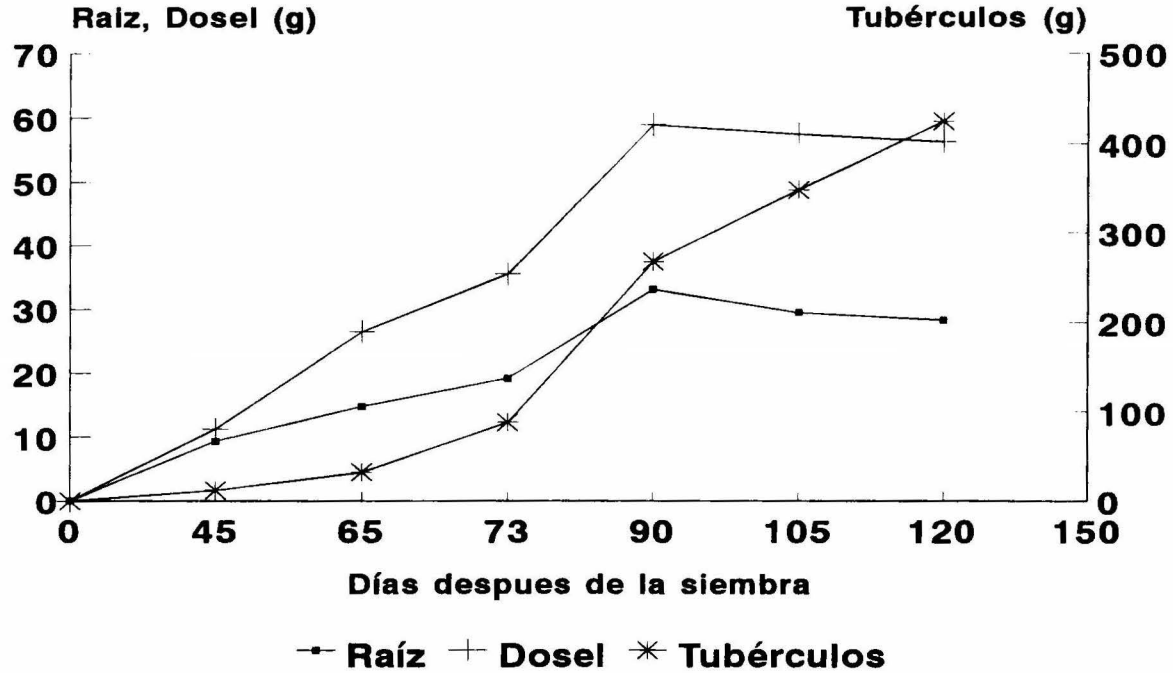


Figura 18. Materia seca de las diferentes partes de las plantas en el control de la zona 2.

CON 2

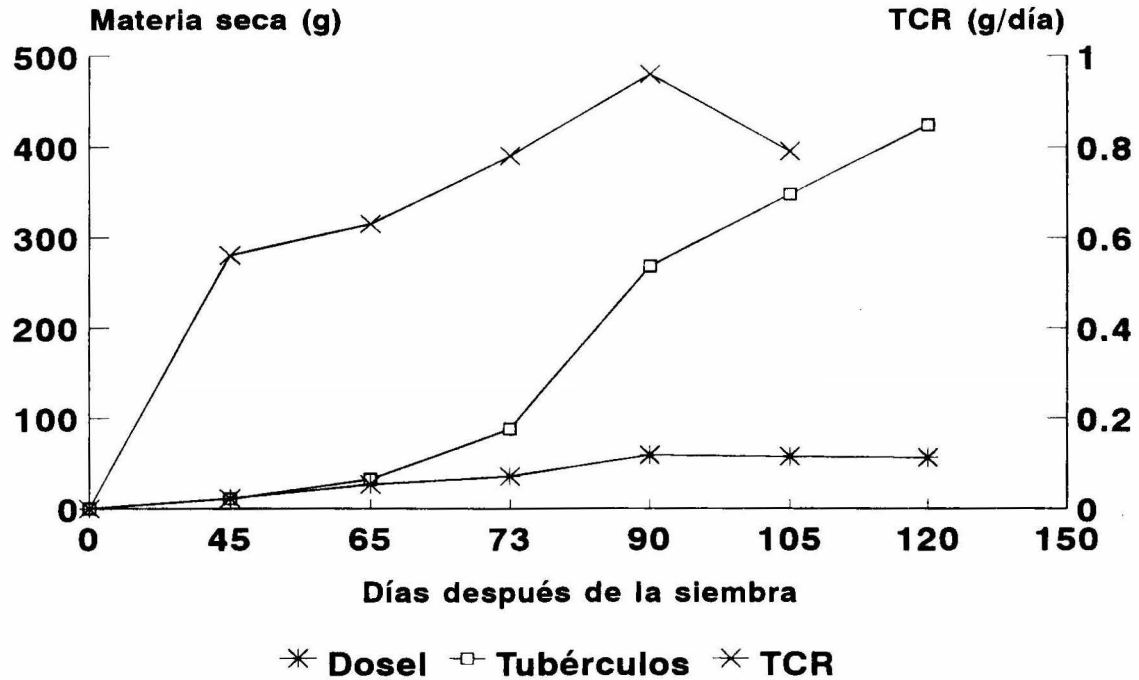
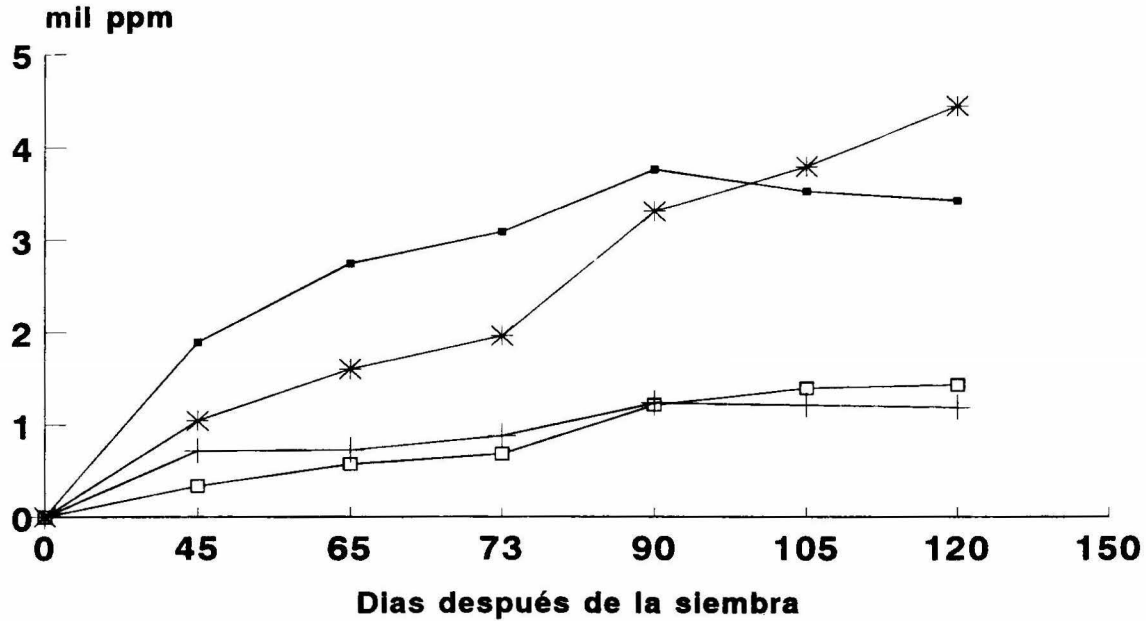


Figura 19. TCR contra materia seca de los diferentes órganos de las plantas en el control de la zona 2.

CON 2



—■— K+ DOSEL —+— CL- DOSEL * K+ TUBERCULOS —□— CL- TUBERCULOS

Figura 20. Concentración de iones K⁺ y Cl⁻ durante el crecimiento de las plantas en el control de la zona 2.

6.5 Crecimiento con ASA en la zona 2 (ASA2)

En la figura 21 denota un comportamiento ascendente de las concentraciones tanto de clorofilas como de fotosintatos al día 73, los valores máximos se alcanzaron una fecha antes que en el CON2, y estos son directamente directamente proporcionales a la TAN (fig.22) cuya máxima capacidad de asimilación de carbono fue al día 73. Esto nos sigiere dos cosas; primero, que la cantidad de clorofilas fue eficiente para fotosintetizar metabolitos que permitieron un establecimiento más rápido del dosel, por lo tanto, ASA actuó nuevamente sobre el patógeno. Segundo, fin de la fase vegetativa y comienzo de la reproductiva (tuberización). Por otra parte, la producción de materia seca (fig.23) fue superior. El desarrollo potencial de los tubérculos marcado por la TCR al día 90 (fig.24) está relacionado con la DAF (fig.22) cuyo valor máximo fue alcanzado al día 90 indicándonos que el período de catividad fotosintética se mantuvo por un interválo mayor de tiempo durante la fase reproductiva respecto al CON2.. Por otro lado la expansión foliar comenzó a acrecentarse desde el día 73 alcanzando su valor máximo al día 105.

En cuanto a la concentración de iones K^+ y Cl^- (fig.25), estos también van en relación directa con la concentración de fotosintatos y producción de materia seca.

Por el comportamiento anterior se puede decir que el ASA tuvo un efecto favorable sobre el crecimiento del cultivo pues así lo indican los índices foliares y de materia seca respecto al control.

ASA 2

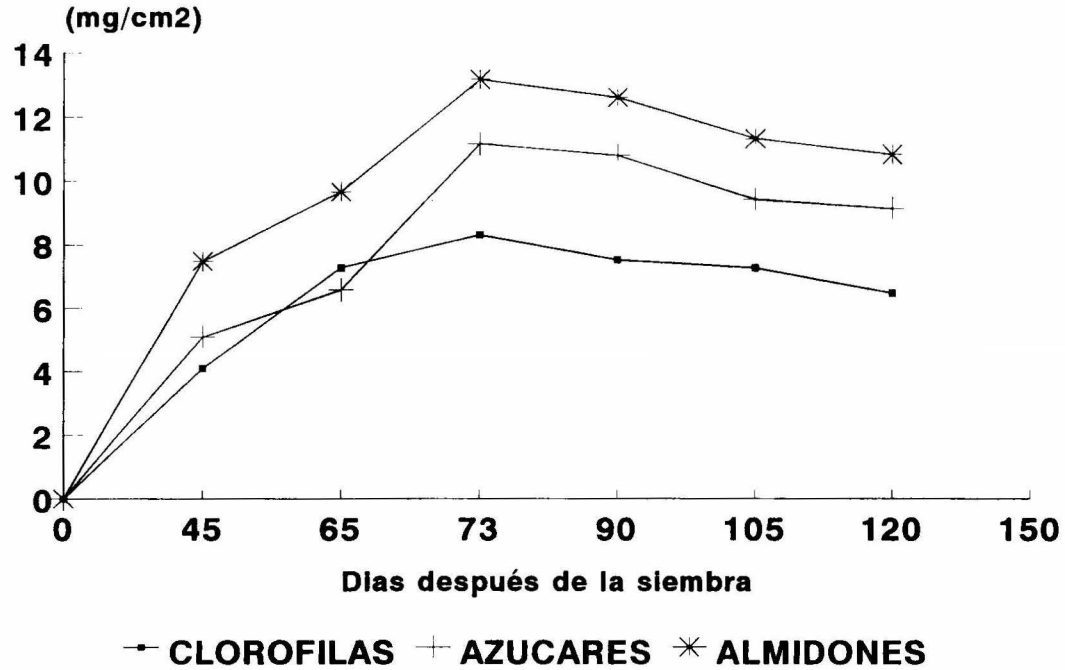


Figura 21. Concentración de clorofilas y fotosintatos durante el crecimiento de las plantas tratadas con ASA.

ASA 2

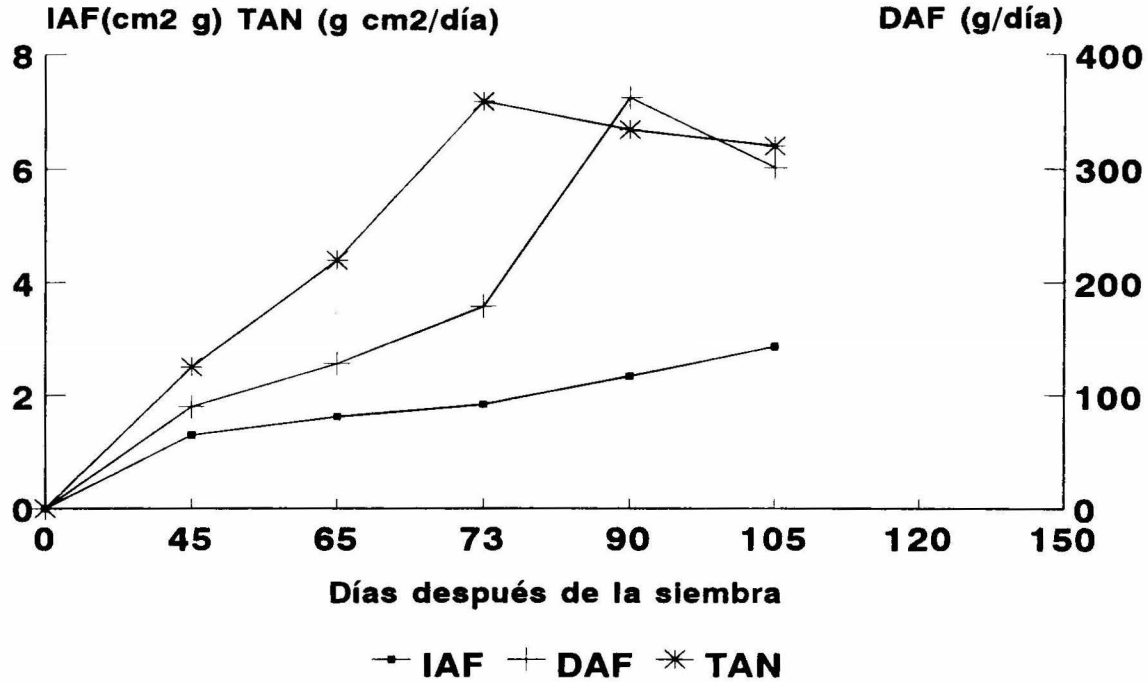


Figura 22. Indices de crecimiento para la población de plantas tratadas con ASA en la zona 2.

ASA 2

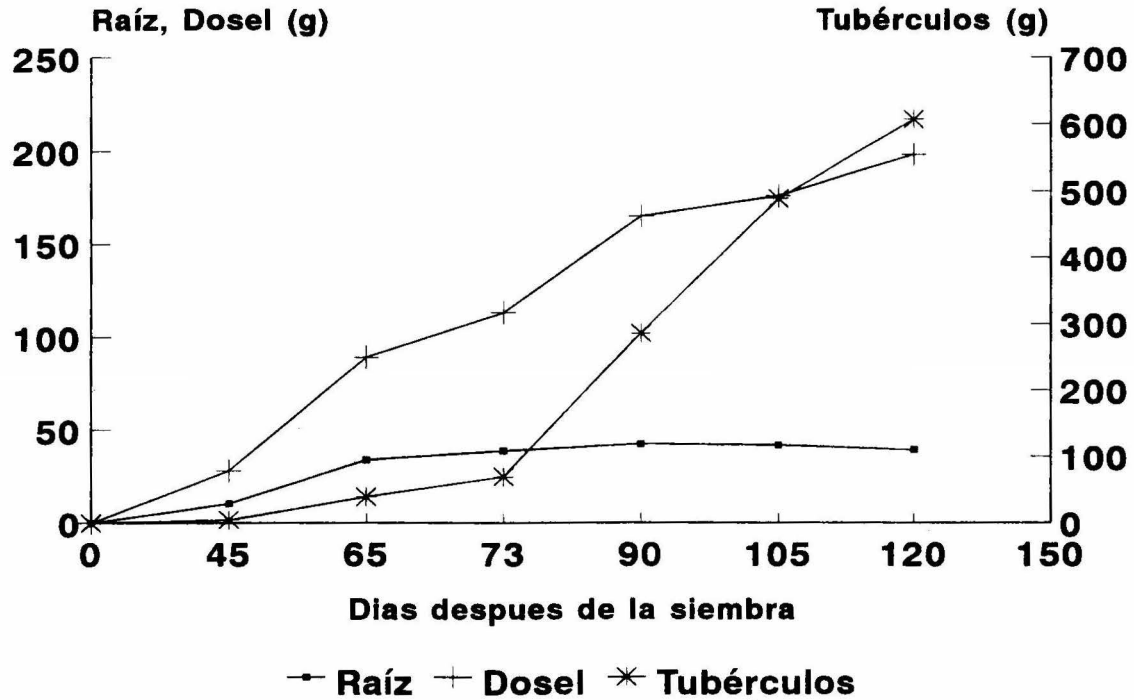


Figura 23. Materia seca de las diferentes partes de las plantas de la zona 2 tratadas con ASA.

ASA 2

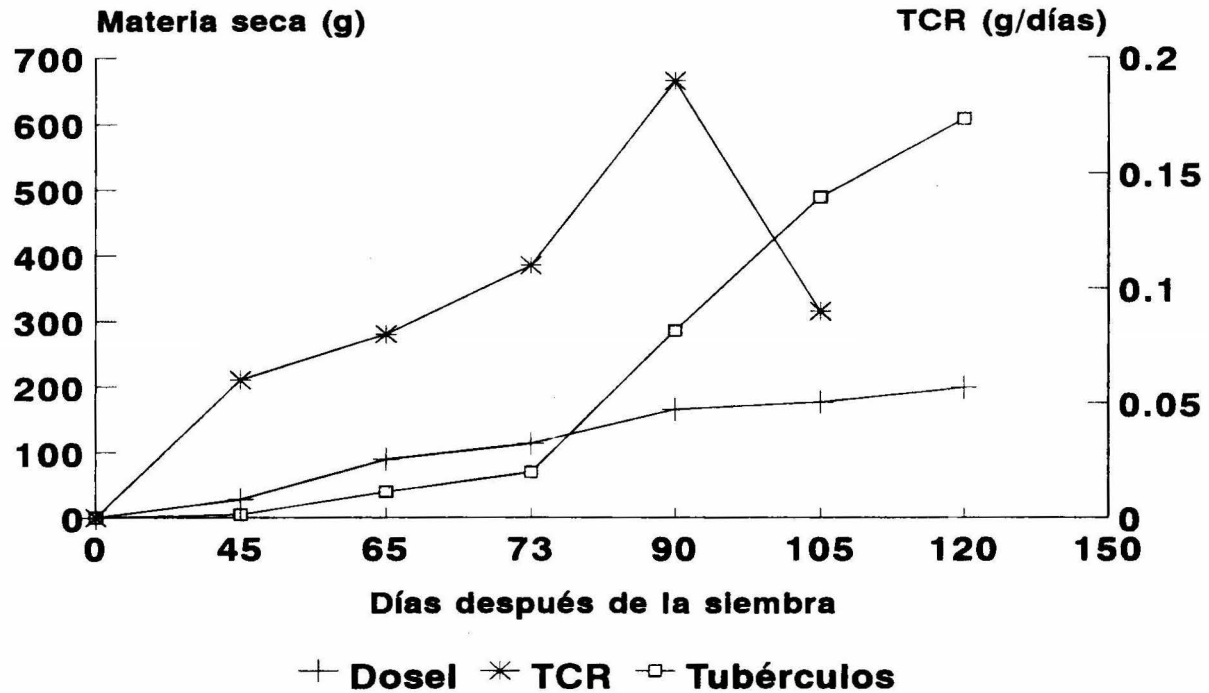
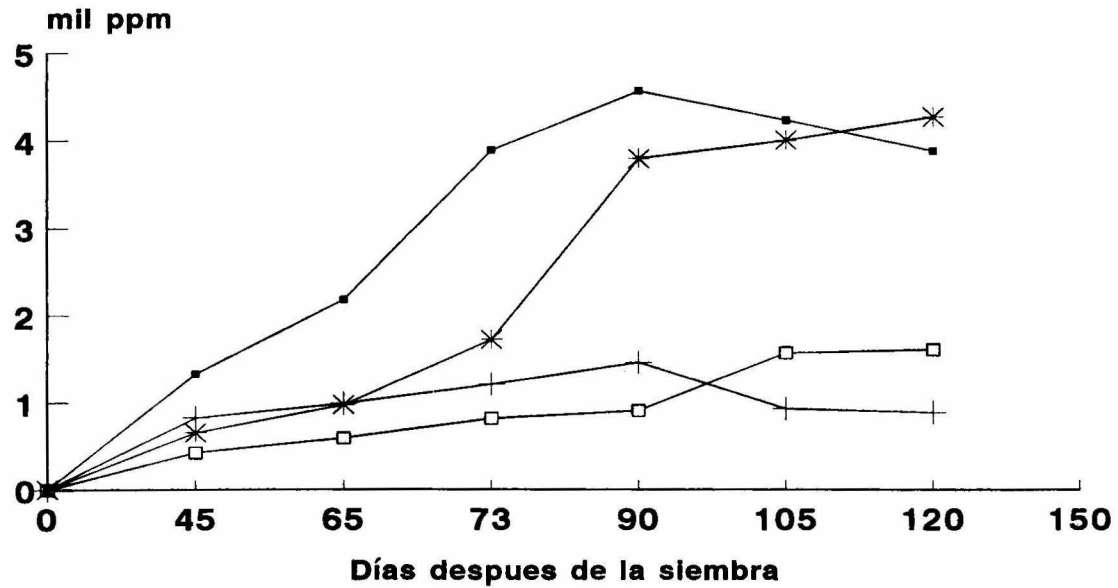


Figura 24. TCR contra la materia seca de las diferentes partes de las plantas bajo ASA en la zona 2.

ASA 2



—■— K+ DOSEL + Cl- DOSEL * K+ TUBERCULOS □ Cl- TUBERCULOS

Figura 25. Concentración de iones K⁺ y Cl⁻ de las plantas a lo largo de su desarrollo con ASA.

6.6. Crecimiento con kaolin en la zona 2 (KAO2).

La mayor concentración de clorofilas fue en el día 73 (fig.26) y los fotosintatos tuvieron su máximo al día 90. Por otra parte, la tasa de asimilación máxima de carbono (fig.27), alcanzó su máximo al día 73 que corresponde a la máxima concentración de clorofilas con lo cual se está marcando el establecimiento del dosel y las plantas ya no pueden asimilar más de lo necesario aunque las condiciones climáticas hallan sido favorables para esa fecha. Así mismo el índice de área foliar describe una actividad fotosintética más eficiente en su expansión foliar respecto al CON2 pero menor que ASA2.

Respecto al tiempo de actividad fotosintética durante la fase reproductiva (DAF), este fue mayor que en el CON2 y menor que ASA2. Entre los días 65 y 73 es mínima la variación de los valores esto fue porque son los días donde se presentaron con mayor fuerza los factores adversos de helada y ataque del patógeno. Este efecto también es notorio en la producción de materia seca, principalmente del dosel ya que la producción potencial de los tubérculos se comienza a dar precisamente al día 73 después de que se presentaron dichos factores (figs.28 y 29). Es por ello que se infiere que el KAO durante la fase vegetativa tuvo un efecto antitranspirante, aunque en menor proporción que el ASA, al evitar con su forma de acción la pérdida excesiva de agua y contribuir al desarrollo y crecimiento de las plantas en forma favorable. Al parecer en ésta zona tampoco dio indicios de haber actuado sobre el patógeno.

Haciendo referencia a la concentración de iones K^+ y Cl^- (fig.30), estos van en forma ascendente alcanzando su máximo al día 90 y nuevamente son directamente proporcional a la concentración de fotosintatos. A pesar de que la TAN nos está manifestando el inicio de la fase reproductiva al día 73, lo que quiere decir, que no necesariamente cuando se da el inicio de la fase reproductiva la concentración de fotosintatos descienden y por lo tanto estos no determinan netamente el inicio de la fase reproductiva ni el término de la vegetativa.

KAO 2

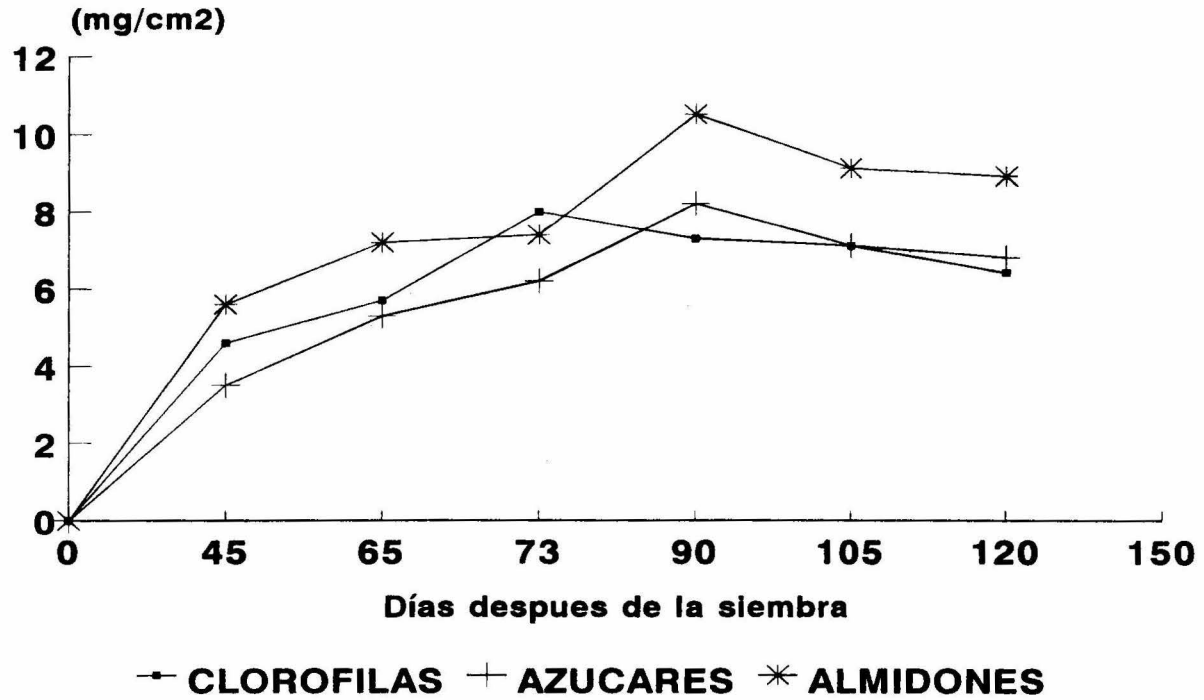


Figura 26. Concentración de clorofilas y fotosintatos durante el desarrollo de las plantas tratadas con KAO.

KAO 2

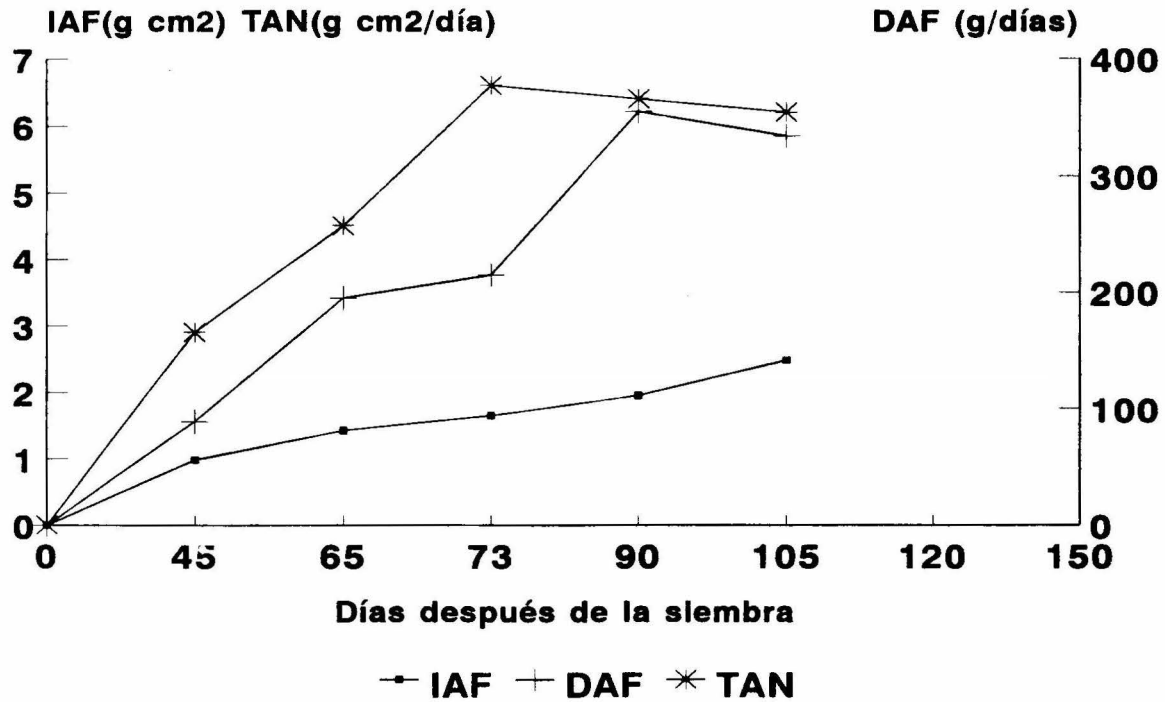


Figura 27. Indices de crecimiento para las plantas de la zona 2 tratadas con KAO.

KAO 2

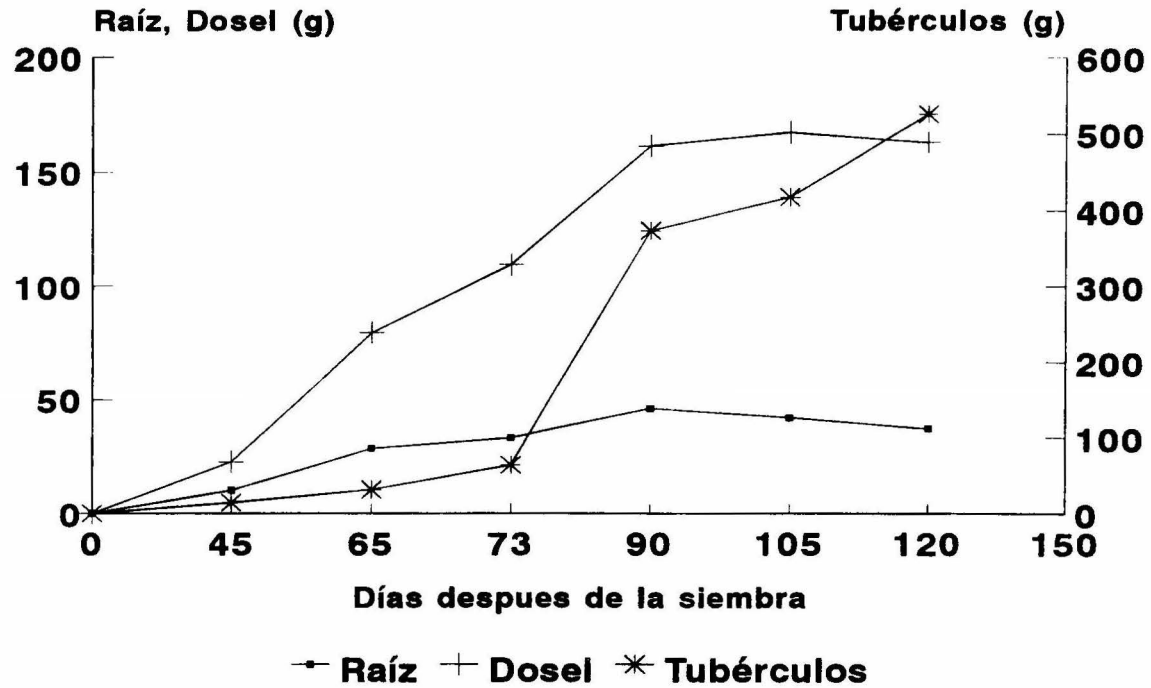


Figura 28. Materia seca de los diferentes órganos de las plantas tratadas con KAO en la zona 2.

KAO 2

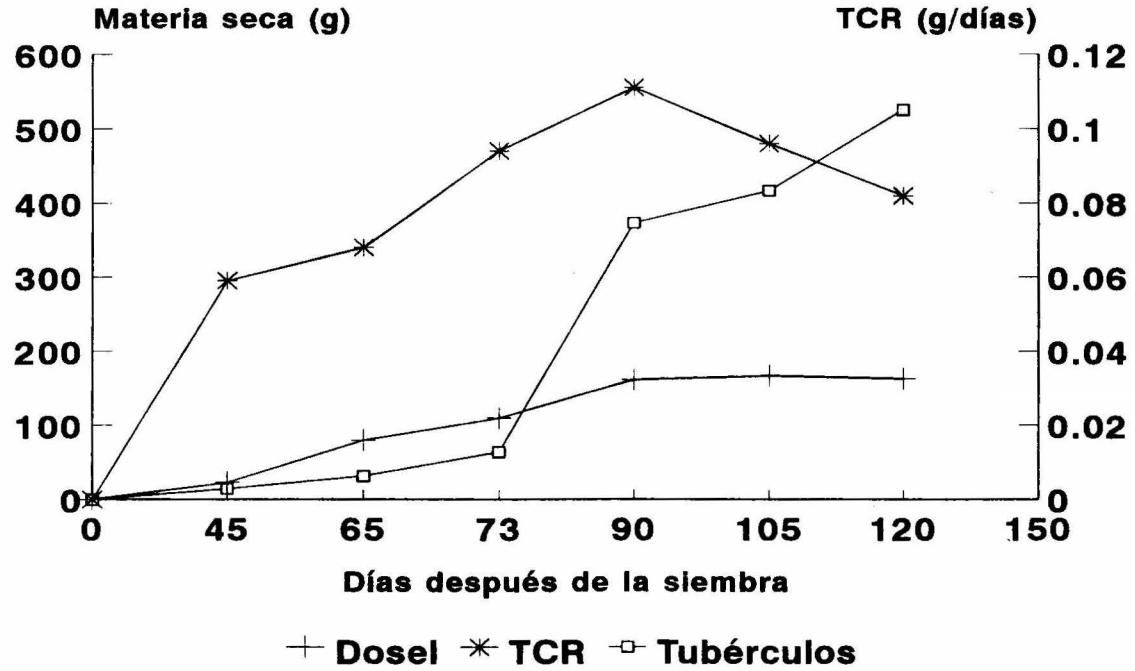
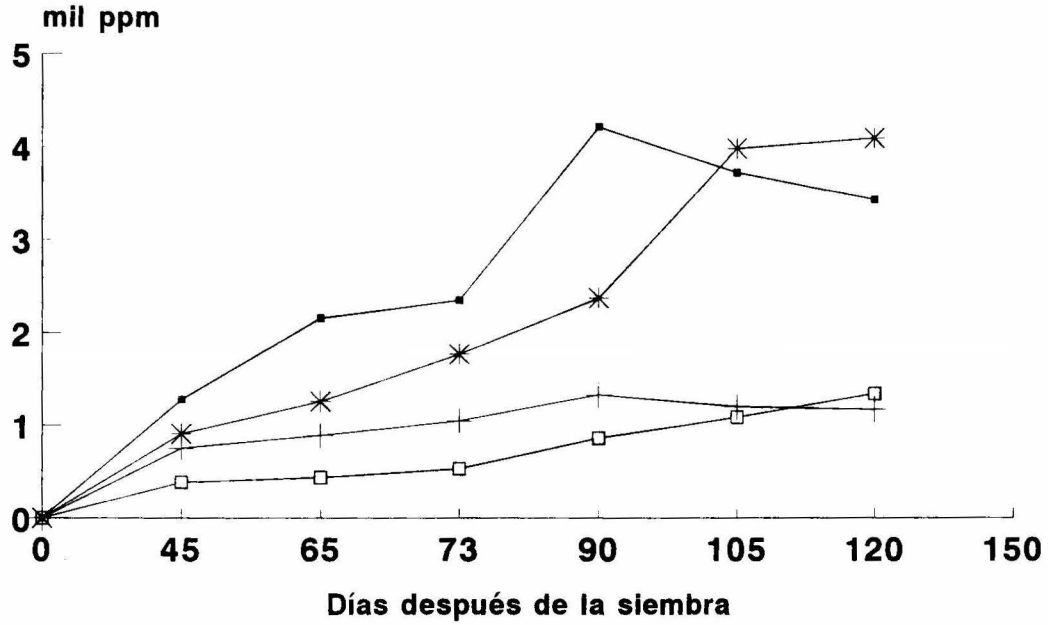


Figura 29. TCR contra materia seca de las diferentes partes de las plantas tratadas con KAO en la zona 2.

KAO 2



—■— K+ DOSEL —+— CL- DOSEL —*— K+ TUBERCULOS —□— CL- TUBERCULOS

Figura 30. Concentración de iones K+ y Cl- durante el desarrollo de las plantas tratadas con KAO en la zona 2.

6.7 Correlación de las etapas de crecimiento fisiológico con las etapas de crecimiento morfológico.

Las etapas de crecimiento y desarrollo **fisiológico** de *S. tuberosum* reportadas por García (1994) las referimos en este trabajo como G1, G2, G3, G4, G5 y G6. Las etapas de crecimiento y desarrollo **morfológico** reportadas por Jefferies y Lawson (1991) como J&L0, J&L1, J&L2, J&L3, J&L4, J&L5 y J&L6 (ver cuadro 1 y figs.31 y 32).

La etapa J&L0 se considera como hasta antes del brote de la semilla-tubérculo.

Las etapas fisiológicas fue distinta en las diferentes zonas de cultivo como se observan en las figuras anteriores correspondientes al análisis de crecimiento. Estas, para la zona 2 concuerdan con las de García. Las etapas morfológicas fueron observadas cualitativamente en campo y en el laboratorio y se compararon con las claves de Jefferies y Lawson para su determinación. La correlación de ambas etapas está integrada en el cuadro 1 y corresponde a lo observado en la zona 2, donde hubo un menor déficit hídrico debido a que la siembra se efectuó 15 días después que en la zona 1. En ésta última, hubo un retraso de las etapas causadas por las condiciones adversas que prevalecieron, principalmente debido al estrés hídrico.

Normalmente para que se dé un crecimiento como el reportado por García la semilla-tubérculo debe brotar a los 30 días después de la siembra. En la zona 1, el estrés hídrico retrasó el brote hasta cerca de los 45 días que correspondería a la etapa J&L2, de ahí que, las subsiguientes etapas de desarrollo y crecimiento se vieran afectadas.

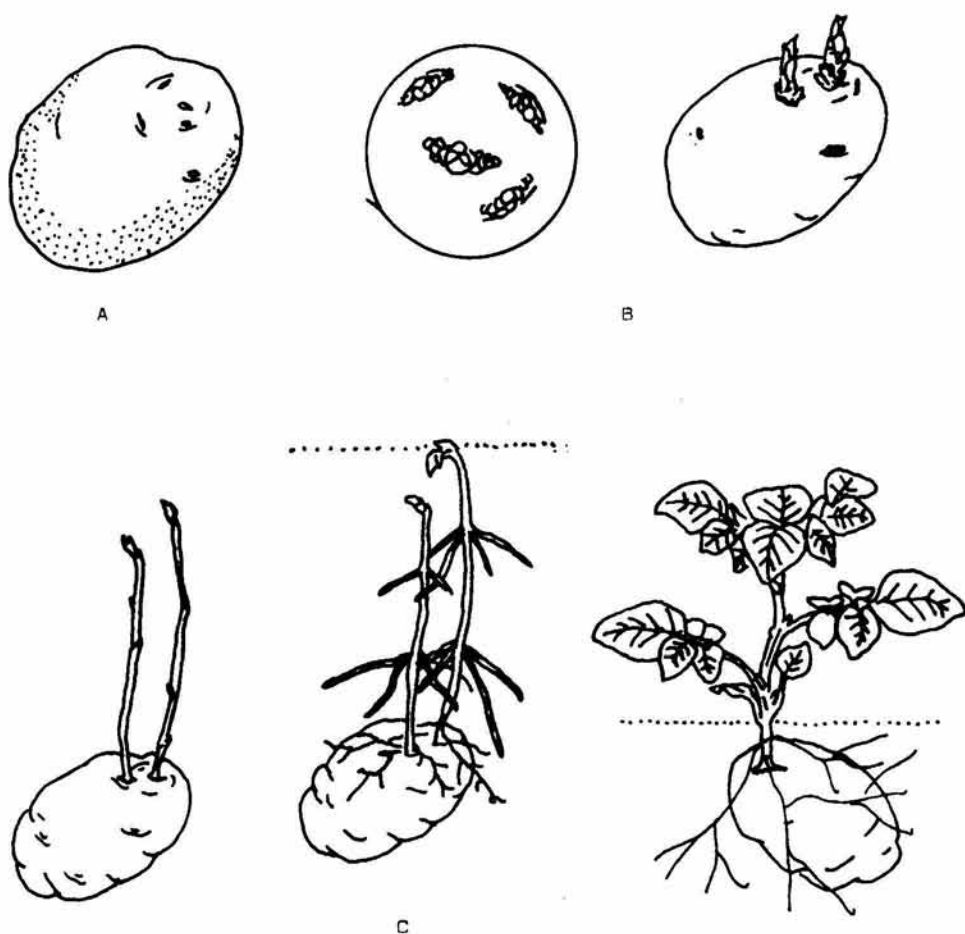
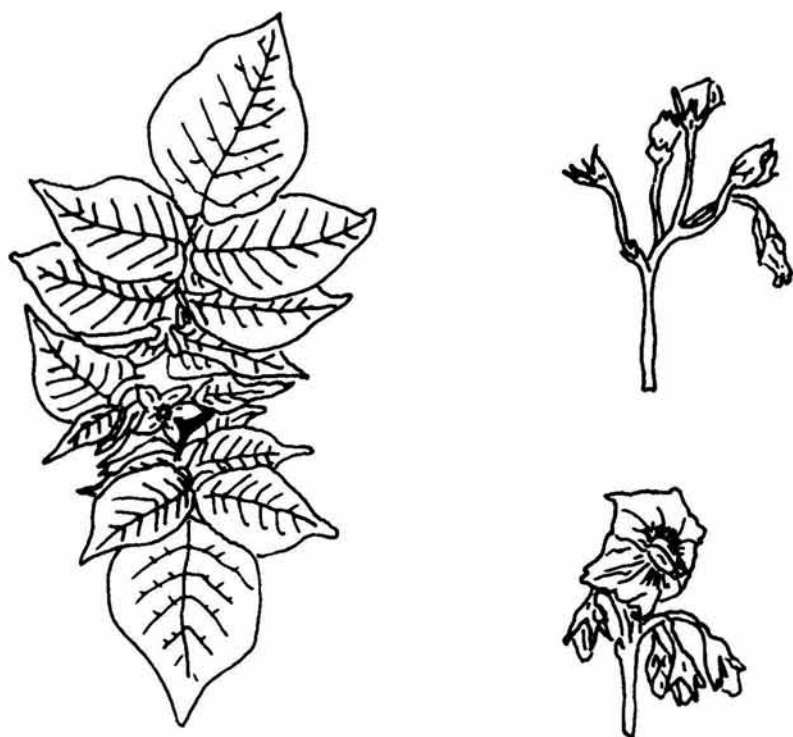
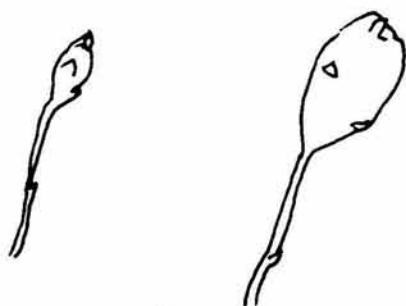


Fig.31 Etapas de crecimiento morfológico reportadas por Jefferies y Lawson (1991). Estas fueron observadas en campo. A.Semilla-tubérculo en latencia a la cual denominamos JSL0, B.Brote del tubérculo (JSL1). C. Fases de emergencia y expansión de raíces (JSL3).



D



E

Fig.22 Etapas de crecimiento morfológico. D.Floración (JSL4).
 E.Inicio de desarrollo de tubérculos, tuberización -
 (JSL5).

Jefferies & Lawson (1991)		García (1994)	
Etapa	Características	Etapa	Características
0 (J&L0)	Hidratación de la semilla		
1 (J&L1)	Tubérculo en latencia	0 (G0)	Brote del tubérculo a los 30 días
2 (J&L2)	Tubérculo brotado		
3 (J&L3)	Emergencia y expansión de raíces	1 (G1)	Desarrollo de hojas y tallo principal, día 45
4 (J&L4)	Floración	2 (G2)	Inicio de la floración, día 65
		3 (G3)	Plena floración e inicio del desarrollo del tubérculo, día 73
5 (J&L5)	Desarrollo del tubérculo	4 (G4)	Crecimiento del tubérculo e inicio del desarrollo del fruto botánico, día 90
(J&L5.10)		5 (G5)	Pleno crecimiento del fruto botánico y crecimiento total del tubérculo, día 105
6 (J&L6)	Senescencia	6 (G6)	Madurez comercial, día 120

Cuadro 1. Correlación de las etapas morfológicas con las fisiológicas reportadas. Las etapas reportadas por Jefferies y Lawson constan de etapas secundarias que representan el inicio y final de la etapa principal. Alguna etapa morfológica abarca más de una fisiológica y viceversa. Este fué el esquema observado durante el desarrollo y crecimiento de las plantas de papa "alpha" de temporal en la zona 1.

Jefferies & Lawson Etapa	Garcia Etapa	Zona 1 Eventos de las etapas
J&L0 J&L1 J&L2	G0	Dia 45
J&L3	G1	Dia 60
J&L4	G2 G3	Dia 80 Dia 88
J&L5 J&L5.10	G4 G5	Dia 105 Dia 120
J&L6	G6	Dia 135

Cuadro 2. Comparación de las etapas de desarrollo y crecimiento reportadas con lo obtenido en la zona 1 bajo estres hidrico. Aunque la morfología de las plantas en ésta zona se vió afectada por las condiciones que prevalecieron se lograron ajustar a la clave de J&L.

Así la emergencia de las plantas con un tallo principal y desarrollo de hojas así como un sistema de raíces se manifestó hasta el día 60 que correspondería a G1 y J&L3; luego G2 y J&L4 fue al día 80, G3 que equivaldría a J&L4 al día 88, G4 correspondiente a J&L5 se manifestó al día 105, G5 corresponde a una etapa secundaria de J&L5 hasta antes de la senescencia y que puede ser expresada como J&L5.10, la etapa G6 correspondiente a J&L6 fue al día 135.

La aplicación tanto de KAO como de ASA ayudaron a corregir los trastornos, ocasionados por déficit hídrico, de los procesos fisiológicos pero con más eficacia en las etapas G3-J&L4 y G4-J&L5 (cuadro 2) como lo denotan los valores de respuesta fotosintéticos del crecimiento y la producción obtenidos.

CONCLUSIONES

- * La producción de materia seca obtenida en los tratamientos con ASA, implica cualitativamente, una eficiencia de uso de agua favorecida por su efecto antitranspirante el cual no afectó fotosíntesis.
- * El Kaolin reflejó baja eficiencia antitranspiratoria y los resultados obtenidos no sugieren que halla inhibido la presencia de patógeno que atacó el cultivo.
- * La eficiencia del uso de antitranspirantes está condicionada a la etapa de desarrollo de las plantas, calidad de semilla, condiciones ambientales y práctica cultural empleada.

* Dentro del estudio fisiológico de las plantas se logró deducir el comportamiento estomático mediante las concentraciones de K^+ y Cl^- determinadas puesto que participan activamente en la fotosíntesis y cuya funcionalidad se refleja en la expansión del aparato asimilatorio y en la producción de materia seca.

* La descripción morfológica de crecimiento y desarrollo de *S.tuberosum* reportada por Jefferies y Lawson (1991) es aplicable a cualquier cultivo de papa lo mismo que la fisiológica reportada por García (1994) lo que nos permite comprender de manera más íntegra el desarrollo y crecimiento de este cultivo.

* Las respuestas de crecimiento fisiológico en base al análisis de crecimiento y la comparación con una descripción morfológica nos permitieron determinar diferentes etapas de crecimiento y desarrollo bajo condiciones de estrés hídrico.

SUGERENCIAS

1) Evaluar la transpiración de las plantas en campo bajo los tratamientos utilizados en este trabajo con la finalidad de tener alguna referencia del momento en que los procesos de fotosíntesis y transpiración tienen poca variabilidad y así tener más certeza del uso del ASA y KAO.

2) Verificar la efectividad del ASA sobre patógenos fungales, como *R. solani* y otros, mediante experimentos basados en la inoculación del hongo así como determinar su forma de acción a través de experimentos bioquímicos.

3) Realizar más estudios de fisiología del cultivo de papa abordando los problemas que se vayan suscitando en el campo e integrarlos a lo que ya se conoce para mejorar la productividad.

4) Llevar a cabo el uso de otras metodologías y sustancias que ayudan a contrarrestar los efectos del estrés hídrico las cuales son accesibles y rentables para los productores temporaleros, y que además podrían ser utilizados para otros cultivos que padecieran de sequía.

IX. REFERENCIAS

- Aguilar, A.J.L. 1990. Respuesta Vegetativa y Rendimiento de la papa a la adel Follaje aplicación de cal, dosis y fuentes fosfatadas. XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera, México.
- Alvarado, L.F. 1986. Crecimiento del cultivo de papa. Memorias del curso sobre el control integrado de plagas de papa. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Editado por Luis Valencia. Bogotá Colombia.
- Amrik, S.J. 1991. Texture of french fried potato quantitative determinations of non starch polysacharides. American Potato Journal. pp. 171-177
- Bayer Informa. Monceren M.R. Acaba con la *Rhizotocnia*. División Agrícola. México.
- Bayer. 1984. Manual Fitosanitario de la papa. México.p.44
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. AGT EDITOR. México.
- Borah, J y Milthorpe, F. 1963. The growth of the potatoe. Ed. Butterworths London.
- Clarson D. 1980. The mineral nutrition of higher plant Ann. Rev. Plant Physiol.31:239-298
- Colinas L. M. T. 1982. Apuntes para el tema de agua. Departamento de Fitotecnia. UACH. p.29
- Darpoux, R. y Debelley, M. 1969. Plantas de escarda. Mundi-Prensa . España. pp.113-195
- De León, F.G. y Larqué-Saavedra, A. 1980. Cierre estomatal inducido por aspirina y su dependencia del pH. Agrociencia. En prensa.

- De León, F.G. 1979. Efecto del ácido acetil salicílico (aspirina) sobre algunos aspectos de la fisiología estomatal de *Commelina communis* L.
Tesis de Maestría en C.P. Chapingo, México.
- Davies, J; Kleinschmidt, G. 1980. Controlling a premature death of russet burbank potatoes with foliar applications of prochloraz. Proceedings the American Phytopatology Society.
- De Rajat y Giri, G. 1978. Effect of mulches and kaolin foliar spray on wheat yield in dryland.
Indian J. Agric. Sci. 48 (6):334-337
- Dwelle, B. R.1985. Photosynthesis. Ed. Paul H.Li. Potatoe Physiology. Academic Press. Inc. Orlando U.S.A.
- Evans, L.T. 1978. Crop Physiology. Papa. Cambridge University Press. London. pp. 245-179
- Evans, L.T. 1969. Crop Physiology. Cambridge Univ. Press.
- Fanjul P. L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) de hábito de crecimiento inderterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos.
Tesis Maestría en Botánica. C.P. Chapingo, México.
- García, P y Larqué-Saavedra, A. 1981. El efecto de los salicilatos en la maduración fisiológica del jitomate *Lycopersicum esculentum* Mill.
Agrociencia 44: 7-15
- García Pérez, R.E. 1979. El ácido acetil salicílico en la maduración fisiológica del fruto de jitomate *Lycopersicum esculentum* Mill. cv Royal ACE.
Tesis de Maestría en C.P. Chapingo, México.
- García, S.P. y Camarena, G. G. 1992. Aspectos fisiológicos del crecimiento de la papa (*Solanum tuberosum*). Análisis de crecimiento de las variedades "Alpha" y "Rosita" una propuesta para el manejo integrado del cultivo. Memoria II Simposio y I Reunión Nacional de Agricultura Sostenible. Facultad Agrónoma. Univ. Guadalajara. pp.43

- García, S. P. 1994. El manejo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el ejido "El Llano" Sta. Cruz Pueblo Nuevo Estado de México, y sus consecuencias en el crecimiento y la productividad. Tesis de licenciatura. UNAM. Reyes Iztacala, Edo.Méx.
- Hartman, H.T. et al., 1981. Growth, Development and utilization of cultivated plants. Plant Science, U.S.A.
- Henfling, W.J. 1980. El tizón tardío de la papa, *Phytophthora infestans*. CIP. Lima-Perú. pp.20
- Hunt, R. 1982. Plant Growth curves. The funtional approach to plant. Grow analysis. Ed. Edward Arnold. Great Britain.
- Hunt. R. 1978. Plant growth analysis. The Inst. of Biology's London.
- Huber, C. 1985. The mineral nutrition of higer plants. Clarkson & Hanson editors. Univ Illinois.
- Iritani, W.M. 1971. Factores que afectan la formación y movimiento de los carbohidratos en el tubérculo de papa. University of Idaho. E.U.A.
- Jefferies , R.A. y Mackerron, K.L. 1987. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions. Potato Research Vol.30, pp.201-217
- Jefferies, R.A. 1989. Water stress and leaf groth in field-grown crops of potato (*Solanum tuberosum* L.). J.of Exp. Botany, Vol.40, No.221, pp.1375-1381
- Jefferies, R. A.; Heilbron, T.D. 1991. Water stress as a constraint on growth in the potato crop. Model 1 development. Agricultural and Forest Metereology. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 53. pp.185-196

- Jefferies, A.R. y Lawson, H.M. 1991. A key for the storage of development of potato (*Solanum tuberosum*)
Ann. appl. Biol. 119: 387-389
- Kramer, P. J. 1979. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Edutex. México.
- Larqué- Saavedra, A. 1978. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* Physiology Plant 43: 126-128
- Larqué- Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment zetschrift Fur Pflanzenphysiologie 93 (4): 371-375
- Li, H.P. 1985. Potato Physiology. Academic Press. Inc.USA. pp.37-51
- Long-Ovalle F. 1986. Reguladores del crecimiento VIII: efectos del ácido acetil salicílico y/o dimetil sulfoxido en el rendimiento agronómico de *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría en C.P. Chapingo, México.
- Lozano, G.J. 1987. Evaluación de fungicidas para el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*
- Lozoya, S. H. 1973. Estudio preliminar sobre algunas características fisiológicas en variedades de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis de Mestría en C.P. Chapingo, México.
- Milthorpe, F.L. y Moorby, J. 1974. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press, London.
- Moorby, J y Milthorpe, F.L. Potato. Ed. Evans. L.T. Crop Physiology. Cambridge Univ. Press. London.
- Oijen, V.M. 1991. Leaf area dynamycs of potato cultivars with late blinght (*Phytophthora infestans*). Potato Research. 34. pp. 123-132
- Parsons, B.D. 1984. Papas. Trillas. México. p.54

- Radley, R. W. 1963. The effect of season on growth and development of the potato. Ed. Butterworth London.
- Rebolledo, J.D. 1988. Resistencia a la sequía XV: el papel de la raíz, del estolón y del tubérculo madre en conferir resistencia a la sequía en *Solanum cardiophyllum* Lindl.
Tesis de Maestría en C.P. Chapingo, México.
- Reeve, R.M. and col. 1970. Anatomy and compositional variations within potatoes. III Gros compositional gradients. Am. Potato J. 47, 148-162
- Roderik, H. 1978. Plant Growth Analysis. Eduard Arnold Publishers. Great Britain. p.67
- Rodríguez Z. C. 1986. Fotosíntesis, transpiración, eficiencia en el uso de agua, análisis de crecimiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)
Tesis de Maestría en C.P. Chapingo, México.
- Rojas, G. M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4a. ed. Interamericana. México. p.275
- Schans, J. 1991. Optimal potato production systems with respect to economic and ecological goals. Agricultural Systems 37. 387-397.
- Shekour, G.M., Brathwaite R.A.I. and McDavid, C.R. 1987.
Dry season sweet corn response to mulching and antitranspirant. Agron.J. 79: 629-631
- Sestak, Z.J. 1985. D.R.W. Junk Publisher. Boston.
- Smith, M.J. and Smith. 1966. The salicylates. Interscience, Wiley. New York, USA. p.331
- Tanaka A. y Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento del grano de maíz.
Traducido del inglés por J. Kohashi-Shibata. C.P. Chapingo, México.

- The Merck Index. 1976. An Encyclopedia of chemical and drugs, 9th ed. U.S.A. pp. 114 y 3249
- Trejo, L. 1981. Resistencia a la sequía IV. Efecto antitranspirante del ácido salicílico sobre frijol (*Phaseolus vulgaris*) Tesis profesional. UNAM. México. p. 166
- Umrani, N.K. 1987. Use of mulch and antitranspirant on groundnut under water stressed and non-stressed conditions. J. Maharashtra. Agric. Univ., 12(12): 247-249
- Villarreal, C. 1983. Seminario Internacional sobre la palomilla y polilla de la papa. Memoria. Celaya Gto. México. pp. 1-10
- Villagarcía, H.S. 1987. La nutrición mineral y fertilización de la papa. Documento 8. CIP.