

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Efecto de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el Contenido  
de Minerales de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)**

**Por:**

**José Juan Meza Ramírez**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Abril del 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Efecto de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el Contenido  
de Minerales de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)**

**Por:**

**José Juan Meza Ramírez**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador Como requisito  
Parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Aprobado por:**

---

**Dr. Adalberto Benavides Mendoza**  
**ASESOR PRINCIPAL**

---

**Dr. Homero Ramírez Rodríguez**  
**SINODAL**

---

**Dr. Víctor M. Zamora Villa**  
**SINODAL**

---

**Dr. Sergio Javier García Garza**  
**SINODAL**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides García**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Abril del 2005.**

**De todas las ocupaciones de las que deriva beneficio no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre como la “Agricultura”.**

**CICERON.**

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios nuestro señor.** Por darme lo más hermoso que anhela el ser humano la vida, por estar conmigo en todos los momentos, y por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mi **“ALMA MATER”** por darme la oportunidad de formarme con sus conocimientos a lo largo de cuatro años y medio, gracias a todos los maestros de esta universidad que me dieron los mejores de sus conocimientos.

Mil gracias al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (**COECYT**) por el financiamiento brindado para poder realizar el presente proyecto de investigación, a la LIC. Gabriela Azucena Torres Valdés por su amabilidad y paciencia para la entrega del mismo.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza.** Por darme la oportunidad de trabajar en su proyecto, brindarme su amistad, paciencia y confianza para poder terminar mi tesis, por esto y mucho más mil gracias.

Al **Dr. Sergio Javier García Garza.** Por su amistad, tiempo y después por las sugerencias en la conclusión de este trabajo.

Al **Dr. Víctor Zamora Villa.** Por su apoyo y consejos para poder realizar este trabajo de tesis.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara.** Por su gran amabilidad, paciencia brindada durante los análisis de minerales.

Al **Dr. Homero Ramírez Rodríguez.** Por su apoyo y consejos para poder realizar este trabajo de tesis.

Al **Ing. Juan Javier González.** Por su amistad, confianza y consejos en mi estancia dentro del Equipo de Fútbol Americano.

A todos mis amigos de la escuela, en especial a Memo, Temo, Rodrigo, Chilango, Arteaga y checo, porque convivimos momentos muy especiales, en las buenas y en las malas siempre supieron estar conmigo, y formaron una parte muy importante para la realización de este trabajo.

**Por Todo Y De Todo Corazón Muchas Gracias Les Deseo Lo Mejor De Esta Vida**

## DEDICATORIA

El presente trabajo representa la culminación de mis estudios profesionales, por lo que deseo dedicarlo con todo mi amor, respeto, cariño y admiración a quienes se esforzaron por brindarme todo su apoyo y comprensión.

### **A Mis Padres:**

**Sr. Rafael Meza Aranda.**

**Sra. Maria Luisa Ramírez León.**

Muchas gracias por haberme dado la vida, por su comprensión, cariño y amor, pero sobre todo por enseñarnos a mis hermanos y a mi a luchar en la vida con humildad, como también con respeto para quien lo merece, y ser un hombre de bien. Muchísimas gracias por los muchos sacrificios que han hecho sin importar el sufrimiento, por darme una educación digna, le doy muchas gracias a DIOS por la enorme fortuna de tenerlos a mi lado. Este te trabajo lo hicieron ustedes. Muchísimas gracias.

### **A Mis Abuelitos**

#### **Pateros**

#### **Maternos**

Sr. Guillermo Meza Quiroz (†).  
Rosario Ramirez.

Sr.

Sra.  
Sra. Josefina León.

Maria

Aranda.

Con mucho cariño y respeto por todas las bendiciones, sus sabios consejos y su apoyo incondicional en los momentos mas importantes de mi vida.

### **A Mis Hermanos:**

Alma Leticia Meza Ramírez

Ana Patricia Meza Ramírez

Ernesto Meza Ramírez

Raúl Meza

Ramírez.

Con todo mi cariño, respeto y admiración por esos momentos inolvidables que hemos pasado juntos y seguiremos pasando, gracias por todo su apoyo, cariño, comprensión, sus

consejos brindados durante mi formación profesional y como persona muchas gracias hermanos los quiero mucho.

**A Mi Esposa:**

**Patricia Vacio Padilla**

Por ser una gran mujer y por aceptar compartir su vida a mi lado, por tu compañía en mis anhelos, tristezas, victorias, gracias mi amor por la paciencia, el amor y sobre todo por el apoyo que me has brindado, con todo mi amor y agradecimiento este humilde detalle te lo dedico a ti mamita.

**A Mis Tíos:**

José, Juan, Rosario, Ramón.

**A Mis Tías:**

Amparo, Hilda, Lupita, Consuelo, Martina, Lupe.

Por haber sido un ejemplo a seguir adelante, por estar presentes cuando más lo necesite y por todo el apoyo brindado incondicionalmente.

**A Mis Primos:**

Lalo, Luis, Marcos, Julio, Víctor, Eleazar, Edgard, José, Fran, lagrimas, lupita, Jorge, chame, Juan, Vicente, Jorge, Clarissa.

Por los momentos importantes que han compartido conmigo y por su apoyo brindado desde mi infancia.

**A mis amigos:**

Temo, Lucia Rosales, Memo, Chilango, Jorge, Peter, Lucia Memetla, Maritza, Isabel, Yeny, Rosalía, Chimino, Calvo, Irving, Francisco, Rodrigo, Alermo, paisa Víctor, Víctor Almaraz, Emilio, Armando, Pollo, Amilkar, Ney, Chacon JAL, Isrrael, Cande, Felipe frías, Sergio, Omán, Ezequiel, Melesio, Alejandro, Agustín, Zafra, Salas, Julio, Rolando, Fercho, y

todos aquellos compañeros que me brindaron su apoyo y amistad, durante mi estancia en la Universidad.

	<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>II</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>III</b>
<b>INDICE DE CUADROS Y FIGURA</b>	
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
Origen e Historia.....	5
Importancia del Cultivo.....	6
Importancia Mundial.....	7
Clasificación Taxonómica.....	7
<b>Descripción Botánica</b> .....	<b>8</b>
Raíz.....	8
Tallos.....	8
Hojas.....	8
Flor.....	9
Fruto.....	9
<b>Requerimientos Edafoclimáticos</b> .....	<b>9</b>
Temperatura.....	9
Luz.....	10
Humedad.....	10

Suelo.....	11
<b>Ácido Salicílico</b> .....	11
Origen e Historia.....	11
Ácido Salicílico y Daño Oxidativo.....	12
Ácido Salicílico y Resistencia a los Patógenos.....	15
Ácido Benzoico.....	16
<b>Nutrición</b> .....	16
Absorción de nutrimentos.....	16
<b>Nutrimentos primarios</b> .....	17
Nitrógeno (N).....	17
Fósforo (P).....	18
Potasio (K).....	18
<b>Nutrimentos secundarios</b> .....	19
Cálcio (Ca).....	19
Magnésio (Mg).....	19
<b>Micronutrientes</b> .....	19
Fierro (Fe).....	19
Cobre (Cu).....	19
Zinc (Zn).....	19
Sódio (Na).....	20
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	21
Ubicación del Sitio Experimental.....	21
<b>Material Utilizado</b> .....	21
Material vegetativo.....	21
Material de campo.....	21
Diseño Experimental.....	22
Descripción de Tratamientos.....	22
<b>Establecimiento del Experimento</b> .....	22
Tratamiento de la Semilla.....	22
Siembra.....	23

Fertilización.....	23
Control de Plagas y Enfermedades.....	24
Aplicación de los Ácidos.....	25
<b>Muestreo</b> .....	26
Obtención de biomasa y tubérculo.....	26
<b>Variables Evaluadas</b> .....	26
Análisis de minerales.....	26
Determinación de Cu, Fe, Zn, Mg, Ca.....	27
Determinación de fósforo en la planta por medio de colorimetría.....	27
Determinación de nitrógeno en planta por el método de kjeldhal.....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	30
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	51
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	53
<b>VII. APENDICE</b> .....	55

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 3.1.</b> Productos y dosis utilizadas para la preparación de la solución nutritiva Douglas.....	23
<b>Cuadro 3.2.</b> Productos y dosis utilizadas para la fertilización foliar.....	24
<b>Cuadro 3.3.</b> Productos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.....	24
<b>Cuadro 3.4.</b> Fechas de aplicación de los ácidos.....	25
<b>Cuadro 3.5.</b> Contenido de las diferentes soluciones aplicadas foliarmente en el experimento.....	26
<b>Cuadro 4.1.</b> Concentración de medias por tratamientos evaluados y días después de la siembra en la parte aérea del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ).....	38
<b>Cuadro 4.2.</b> Rango de suficiencia en un análisis foliar de minerales en el cultivo de papa ( <i>solanum tuberosum L.</i> ) según (Benton Jones et al 1991).....	38
<b>Cuadro 4.3.</b> Concentración de medias por tratamientos evaluados y días después de la siembra en el tubérculo del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum L.</i> ).....	47
<b>Figura 3.1.</b> Distribución del experimento.....	22
<b>Figura 4.1.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de nitrógeno (N) en la parte aérea.....	30
<b>Figura 4.2.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de fósforo (P) en la parte aérea.....	31
<b>Figura 4.3.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de potasio (K) en la parte aérea.....	32
<b>Figura 4.4.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de calcio (Ca) en la parte aérea.....	33
<b>Figura 4.5.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de Magnesio (Mg) en la parte aérea.....	34
<b>Figura 4.6.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de Hierro (Fe) en la parte aérea.....	35
<b>Figura 4.7.</b> Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ , $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de Cobre (Cu) en la parte aérea.....	36

<b>Figura 4.8.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Zinc (Zn) en la parte aérea.....	37
<b>Figura 4.9.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Nitrógeno (N) en el tubérculo.....	41
<b>Figura 4.10.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de fósforo (P) en el tubérculo.....	42
<b>Figura 4.11.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Potasio (K) en el tubérculo.....	43
<b>Figura 4.12.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Magnesio (Mg) en el tubérculo.....	44
<b>Figura 4.13.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Hierro (Fe) en el tubérculo.....	45
<b>Figura 4.14.</b> Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ , $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de Zinc (Zn) en el tubérculo.....	46

## RESUMEN

La presente investigación se realizó durante los meses de Diciembre 2003 a Mayo de 2004; dentro de las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; con el objetivo de analizar el efecto del ácido benzoico y salicílico sobre el contenido de minerales N, P, K, Cu, Fe, Zn, Mg y Ca en la parte aérea y tubérculo en crecimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*).

Se evaluaron 5 tratamientos, dos de ácido salicílico ( $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$  molar), dos de ácido benzoico ( $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$  molar) y un testigo al que solo se le aplicó la solución Douglas en el riego; el diseño experimental utilizado fue completamente al azar factorial, con 36 repeticiones. Se hicieron 5 aplicaciones y un muestreo después de cada aplicación de los inductores durante el ciclo del cultivo.

Al final del experimento se obtuvo lo siguiente: los contenidos de **N, P, Ca, Cu**, en la parte aérea no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos pero sí una diferencia numérica en el contenido de **N** para el **T<sub>2</sub> AB  $1 \times 10^{-6}$  molar** con respecto al testigo, para **P** la diferencia numérica la mostró el **T<sub>5</sub> (test)**, para **Ca** la tuvo el **T<sub>1</sub> AB  $1 \times 10^{-4}$  molar** con respecto al testigo, para **Cu** la diferencia numérica se presentó en el **T<sub>1</sub> AB  $1 \times 10^{-4}$  molar** con respecto al testigo.

Sin embargo en el contenido de **K** se encontró diferencia significativa para el **T<sub>3</sub> AS  $1 \times 10^{-4}$  molar** con respecto a los de más tratamientos, para el de **Mg** se encontró diferencia significativa para el **T<sub>1</sub> AB  $1 \times 10^{-4}$  molar** con respecto a los otros tratamientos, al igual para el **Fe** el **T<sub>1</sub> AB  $1 \times 10^{-4}$  molar**, solamente en el contenido de **Zn** se encontró una diferencia altamente significativa para **T<sub>4</sub> AS  $1 \times 10^{-6}$  molar** con respecto a los otros tratamientos.

En el caso de aplicación del ácido Salicílico y Benzoico para el cultivo de la papa, en la parte del tubérculo de la planta, no modifican el contenido de **P, K, Cu, Fe, Zn, Mg** y **Ca**, al no presentar diferencia estadística; sin embargo, existió una diferencia numérica, en el caso de **P** el **T<sub>4</sub> AS  $1 \times 10^{-6}$  molar**, para **K** el **T<sub>4</sub> AS  $1 \times 10^{-6}$  molar**, para **Cu** el **T<sub>3</sub> AS  $1 \times 10^{-4}$**

**molar, para Fe el T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar, para Zn el T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar, para Mg el T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>.**

Solamente Se obtuvo un efecto positivo en el contenido de N con una diferencia altamente significativa entre los tratamientos y resaltando la respuesta el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar.**

Por lo que en este trabajo se concluyo que los ácidos no presentaron un efecto notable en el contenido de **N, P, Ca** y **Cu** en la parte aérea, ya que solo se encontró una diferencia significativa para **K, Mg** y **Fe** con las dosis altas de **AS<sup>-4</sup>, AB<sup>-4</sup>, AB<sup>-4</sup>**, respectivamente y solo para **Zn** una diferencia altamente significativa la dosis mas baja de **AS<sup>-6</sup>**.

Para la parte del tubérculo los ácidos no presentaron un efecto en el contenido de **P, K, Cu, Fe, Zn, Mg** y **Ca**, y solo para N se encontró un efecto por la concertación baja del **AS<sup>-6</sup>**.

## I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como en América y es uno de los cuatro cultivos básicos a nivel mundial. Superado solo por el maíz, trigo y arroz.

La papa requiere suelos bien preparados, aireados, drenados, profundos, con buen nivel de materia orgánica, pH entre 6.5 y 5.0, es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad y relativamente sensible al déficit de agua, especialmente durante el período de formación de estolones y el inicio de tuberización.

Entre los factores que limitan la producción de papa, tales como temperatura, duración del día, intensidad de luz, humedad y condiciones físicas del suelo, están los niveles de fertilización, los cuales son responsables en gran proporción de las variaciones en los rendimientos.

Es necesario un balance en el suministro de los nutrientes a la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno, ya que cumplen funciones específicas para el adecuado crecimiento de la planta. La falta de alguno de estos nutrientes origina un retardo del crecimiento y por consecuencia una disminución del rendimiento. El cultivo de papa extrae los nutrientes del suelo y por ello es necesario reemplazarlos para mantener la fertilidad del mismo.

Los costos del cultivo de papa, gran parte se ubica en la adquisición de semilla, fertilizantes y en la aplicación de agroquímicos, como medio para contrarrestar los malos suelos, la incidencia de plagas y enfermedades, esto origina que los costos de producción se eleven.

Debido a la demanda que tiene este producto en el mercado extranjero, nacional y regional, nos lleva a buscar nuevas alternativas para incrementar la productividad, calidad del tubérculo, y un buen desarrollo de la planta, reduciendo de alguna manera la grande inversión, por ello en esta investigación se pretende mejorar estos aspectos en el cultivo mediante la aplicación de ácidos orgánicos, salicílico y benzoico que promueven la tuberización y con la

ayuda de la solución douglas ya que tiene los elementos nutritivos que la planta necesita para su desarrollo, se obtendrá un buen producto. ya que con este trabajo no es solamente alcanzar altos rendimientos, si no que es tratar de contaminar lo menos posible al medio ambiente con la aplicación de los ácidos orgánicos, dado que si se obtienen resultados exitosos se puede transferir a los productores ya que como se sabe estos grandes productores de papa realizan hasta tres o cuatro aplicaciones químicas semanalmente ocasionando tasas altas de residualidad de los fertilizantes que constituyen una posible fuente de contaminación a los mantos freáticos y al suelo mismo.

### **OBJETIVO**

Analizar el efecto del ácido benzoico y salicílico sobre el contenido de minerales N, P, K, Cu, Fe, Zn, Mg y Ca en la parte aérea y tubérculo sobre el crecimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Saltillo, Coahuila.

### **HIPÓTESIS**

La aplicación del ácido Salicílico y ácido Benzoico en el área foliar de la planta, modifican el contenido de minerales N, P, K, Cu, Fe, Zn, Mg y Ca en la parte aérea y tubérculo de la misma.

El Ácido Salicílico y el Ácido benzoico en aplicación foliar tiene un efecto en el incremento de minerales del cultivo de la papa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e Historia

Delgado (1968) menciona que la papa pertenece a la familia de las solanáceas, existiendo únicamente dos áreas en el mundo donde se encuentran especies silvestres: México y la región Andina. De estas especies la más ampliamente cultivada es la *Tuberosum*, y otras como *Andigenum* cultivadas solo en sus lugares de origen.

Smith (1975) menciona que especies distintas de *Solanum* se desarrollaron en los Andes, algunas de las cuales se adaptaron en áreas de temperaturas bajas sin sufrir daño alguno, como sucede con algunas variedades comerciales. Dos de estas son *Solanum ajanhuiri* y *S. juzepczukii*, siendo la primera un diploide ( $2n = 24$ ) y la segunda un triploide ( $2n = 36$ ) que contrasta con las cultivadas en Norteamérica y Europa con un tetraploide ( $2n = 48$ ).

Gran parte de los investigadores están de acuerdo que el origen de la papa (*Solanum tuberosum L.*) se localiza en la región Andina (Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador y Chile) según Willack (1967) y Harris (1978), en regiones de altura hasta de 4000 msnm prevaleciendo en forma silvestre desde hace unos 8000 años.

Smith (1975) menciona que la más común de las papas es la *Solanum tuberosum L.* la cual es un tetraploide ( $2n = 48$ ) que esta compuesta por las subespecies *Tuberosum* y *Andigenum*, las cuales son completamente fértiles entre si. La subespecie *Andigena* es la más ampliamente cultivada en Sudamérica; tiene ojos profundos, es a menudo pigmentada y produce tubérculos bajo condiciones de días cortos, mientras que la subespecie *Tuberosum* que se cultiva en el norte de América y Europa tiende a requerimientos de días largos para su efectiva tuberización.

En México existen alrededor de 30 especies silvestres entre ellas la serie poliploide de 24, 36, 48, 60 y 72 cromosomas, las cuales por su diversidad genética, constituyen un germoplasma sumamente valioso en el mejoramiento (Rojas 1977; Romero 1972).

Las culturas indígenas comenzaron a domesticar este cultivo 400 años A.C. donde, junto con el maíz, se convirtió en la base de su alimentación (Harris 1978; rojas 1976).

En nuestro país el cultivo de la papa se inició hace unos 250 años en las partes altas de la sierra de la zona central del país. Sin embargo, no fue hasta hace 40 o 50 años que se impulso la producción intensiva de este cultivo, lográndose paulatinamente grandes aumentos en los rendimientos y producción total a medida que se tecnifico el cultivo (Rojas 1976).

### **Importancia del cultivo**

La papa es un cultivo alimentario de gran importancia mundial; como ejemplo de su enorme influencia en la alimentación humana basta recordar la gran epidemia que apareció en Europa a mediados del siglo XIX causada por una enfermedad de la papa conocida hoy como tizón tardío. Esta enfermedad apareció en Irlanda en 1845, la cual provocó un gran desastre económico que se extendió al resto de Europa. Debido a la hambruna causada por la pérdida de los cultivos de papa, más de un millón y medio de la población Irlandesa pereció de hambre y más de un millón emigraron a otros países, particularmente Estados Unidos y Australia (Ochoa, 1991).

En México, el consumo anual per cápita de papa es de 12.3 Kg. el cual comparado con el de otros países como Estados Unidos (58.4 Kg.) u Holanda (58.8 Kg.), resulta relativamente bajo; la papa ocupa el sexto lugar de importancia como alimento de los mexicanos (Rancel, 1998).

Por lo que respecta a la producción en México, encontramos que esta ha presentado una tendencia positiva debido en parte al aumento de la superficie cultivada y al incremento de los rendimientos; sin embargo, en los años de 1980 a 1985 la producción presento altas y bajas ya que durante 1980 se obtuvieron 1, 000, 065 ton y durante 1985 disminuyo situándose en 989, 000 ton (Rancel, 1998).

Durante los años de 1988 y 1989, los principales estados productores fueron Estado de México, Puebla, Guanajuato, Chihuahua, Nuevo León, Tlaxcala, y Michoacán, que en

conjunto aportaron 70% del total de la producción nacional en esos años, mientras que en 1991 y 1992 la producción obtenida fue de 1,200,000 ton, suficiente para garantizar el abasto para el consumo nacional. Se reporta que en 1994 la producción fue de 1, 067,186 ton, y la superficie cosechada en este mismo año fue de 61, 159 has. En 1995 la producción fue de aproximadamente 1, 211,224 ton, y la superficie cosechada fue de casi 57, 898 has, según los anuarios estadísticos de la producción agrícola. (SARH, 1996).

### **Importancia mundial**

Maldonado (1982) indica que actualmente Inglaterra, Holanda y Alemania utilizan la papa como alimento básico. Como planta alimenticia ocupa el primer lugar en producción de calorías diarias por unidad de superficie y además es una excelente fuente de vitaminas B y C.

Velásquez (1989) menciona que el cultivo puede ser el más importante a nivel mundial debido a los altos rendimientos que produce por unidad de superficie y por el alto consumo en la alimentación humana.

### **Clasificación Taxonómica**

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División	Spermatophyta
Tipo	Angiosperma
Clase	Dicotiledón
Subclase	Gamopétala
Orden	Tubiflora
Familia	Solanaceae
Tribu	Solaneae
Género	Solanum
Especie	tuberosum

## **Descripción botánica**

Es una planta dicotiledónea herbácea anual, pertenece a la familia de las solanáceas; potencialmente es una planta perenne debido a que es capaz de reproducirse por tubérculos.

## **Raíz**

Las plantas de papa se desarrollan a partir de tubérculos o de semillas. Cuando crecen a partir de semilla, se forma una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Y cuando se desarrollan a partir de tubérculos producen raíces adventicias en los nudos de los tallos subterráneos y en los estolones, las raíces son gruesas y pivotantes. Normalmente, la planta enraíza bastante cerca de la superficie, no profundizando más de 40 a 50 cm. estas son muy ramificadas finas y largas (Guerrero, 1981).

## **Tallos**

Los tallos son herbáceos aunque en las etapas avanzadas del desarrollo, la parte inferior puede ser relativamente leñosa. Las plantas que crecen de semilla botánica tienen un solo tallo principal, pero cuando crecen de un tubérculo se pueden producir varios tallos, normalmente son de color verde ramificados y el corte de la sección transversal es hueco, formas entre circular y triangular. Las ramas laterales que salen del tallo principal se llaman tallos secundarios. Los estolones de la papa son tallos laterales, normalmente subterráneos (Guerrero, 1981).

## **Hojas**

Las hojas maduras son compuestas y consisten en un pecíolo con un foliolo terminal, foliolos laterales, foliolos secundarios y a veces foliolos terciarios. Están provistas de pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta.

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo; las hojas miden de 8 a 15 cm. de largo, por 1 a 3 cm. de ancho, ovales como también son acuminadas; en las axilas, que se forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas (SEP, 1982; Mier, 1986).

## **Flor**

Son pentámeras y los colores son diversos variando desde el blanco al morado; las flores tienen estilo y estigma simples y el ovario es bilocular, supero, bicarpelar y multiovalado (Baez, 1983). La dispersión del polen es llevada a cabo por el viento. La polinización cruzada en los tetraploides es rara, realizándose de forma natural una autopolinización. La inflorescencia es cimosa; las flores son hermafroditas y tetraciclicas, el cáliz es gamosépalo lobulado, la corola es rotacea pentalobulada de color blanco al púrpura, con 5 estambres, posee 2 anteras de color amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado que producen polen a través de un tubo terminal (Montaldo, 1984). El número de flores es variable y depende mucho de la variedad de que se trate, lo mismo se puede decir de los frutos originados a partir de esas flores.

## **Fruto**

El fruto maduro es de forma redonda u oval variando el color desde verde a amarillo, o incluso a violeta; su tamaño suele variar entre 1 y 3 cm. de diámetro y consta de dos cavidades o lóculos en los que se alojan las semillas, el número de semillas de cada fruto es muy variable y puede ir desde ninguna hasta más de trescientas (Montaldo, 1984).

## **Requerimientos Edafoclimáticos**

### **Temperatura**

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 calientes es esencial que las noches sean frescas para ayudar a la inducción de la tuberización de los tallos (SEP, 1982).

Borah y Milthorpe (1959) y Janick (1965), citados por Montaldo (1984), manifiestan que la emergencia de las plantas es más rápida a altas temperaturas y esta ocurre a los 22°C dos semanas antes que a los 13°C También indican que la temperatura óptima para la

formación de tubérculos es de 20°C y que a 15 y 25°C la formación de tubérculos se inicia entre una y tres semanas más tarde.

Bod Laender (1963), citado por Montaldo (1984), indican como temperatura óptima para producción de hojas de 12 a 14°C y para tallos 18°C la formación de tubérculos es óptima a 17°C, y por arriba de esta temperatura los rendimientos decrecen, siendo de 26 a 29°C el límite de desarrollo de los tubérculos (Montaldo, 1984).

### **Luz**

El tubérculo no requiere luz para brotar, sin embargo, cuando la planta emerge necesita bastante luz para su desarrollo. Todas las especies y variedades de papa crecen más en días largos y disminuyen su crecimiento cuando los días se acortan. La papa por regla general, florece más abundantemente cuando los días son más largos. En el trópico se ha observado que esta condición se modifica por la calidad de la luz y por la temperatura (Montaldo, 1984).

### **Humedad**

La cantidad total de agua para el desarrollo del cultivo es de aproximadamente 500mm durante la primera etapa de su desarrollo la planta requiere solo poca agua, pero después y hasta la cosecha, su consumo de agua es alto. Así mismo, para facilitar la cosecha, el campo debe estar seco (SEP, 1982).

El cultivo responde bien al riego y su crecimiento es mejor cuando la humedad del suelo se mantiene cerca de la capacidad de campo; la falta de agua se manifiesta por clorosis y marchitamiento de las hojas. La humedad en el suelo es dañina en el último periodo de desarrollo de los tubérculos especialmente cuando ya están formados, lo que ocasiona nuevos crecimientos vegetativos de la planta con su correspondiente depósito de almidón, lo que a su vez provoca tubérculos con hijos y rajaduras que disminuyen la calidad de estos (Montaldo, 1984).

## **Suelo**

La papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos con buen contenido de materia orgánica y drenaje óptimo. En lo referente al pH, este debe estar entre 6.5 y 5.0. Es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 64,000 a 2,560 ppm (10 a 4 mmho) (Baladez, 1994).

Según Narro (1986) los suelos óptimos para esta hortaliza son aquellos de textura mediana de tipo migajón – arenoso, estructura granular y de consistencia friable. El pH debe ser ligeramente ácido con un valor de 5 a 5.7 con un mínimo de 2 % de materia orgánica y una profundidad mayor de 60 cm. el contenido de carbonatos totales debe ser bajo y sin exceso de sales de sodio.

La papa puede crecer en casi todo tipo de suelo, excluyendo suelos muy húmedos por que la semilla se pudre; el suelo debe proveer de agua, nutrimentos y oxígeno a las raíces, además, la estructura del suelo debe facilitar las labores de preparación de la tierra, el manejo del cultivo y la cosecha (SEP, 1982).

## **Ácido Salicílico**

### **Origen e Historia**

El ácido salicílico es muy conocido gracias al extenso uso clínico de la aspirina o ácido acetilsalicílico. El nombre de ácido salicílico proviene de Salix, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban como cura para el dolor y fiebre, y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inició la producción comercial de ácido salicílico en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por la Bayer Company (Raskin, 1992).

El ácido salicílico pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como fenólicos. En las plantas los compuestos fenólicos, relacionados con el llamado metabolismo secundario, están involucrados en gran cantidad de actividades de regulación en las plantas. En particular diferentes estudios muestran la importancia de ácido salicílico en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas.

El ácido salicílico se ha encontrado en todos los tejidos de las especies que han sido analizadas. Algunas especies de importancia económica como la soya, arroz y cebada contienen hasta  $10 \text{ mg g}^{-1}$  de peso fresco.

Partiendo de la observación inicial de que la aspirina aumenta la vida en florero de las flores cortadas, probablemente por un efecto combinado de inhibición en la biosíntesis de etileno y celulasa en los tejidos (Ferrarese et al., 1996) y de acidificación del medio, se sabe que el AS presenta propiedades de retraso de la senescencia (Bourbouloux et al., 1998), inductor de floración y tuberización así como de compuesto termogénico y alelopático, entre otras (Raskin, 1992).

El ácido salicílico aplicado de forma exógena en concentración de  $10^{-2}$  a  $10^{-8}$  M aumentó la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez-Coronado et al., 1998), el rendimiento de trigo (López Tejeda et al., 1998) al igual que el rendimiento y la calidad de diversas hortalizas según se desprende de los resultados de diferentes trabajos experimentales del grupo de Gutiérrez Coronado adscrito al Instituto Tecnológico de Sonora.

Además de los anteriores resultados acerca de cómo el ácido salicílico interviene modificando diferentes actividades fisiológicas y del desarrollo, existe otra vertiente de trabajo experimental acerca del papel del ácido salicílico en las respuestas celulares relacionadas con el daño oxidativo, respuesta bioquímica que parece ser un factor común en las plantas sometidas a diversos tipos de estrés.

### **Ácido Salicílico y Daño Oxidativo**

El daño o estrés oxidativo se presenta cuando la producción de especies activas de oxígeno (EAO) rebasa la capacidad de los sistemas antioxidantes y de captura de radicales libres de la célula. Normalmente el nivel de EAO es alto cuando la planta se ve sometida a alguna condición de estrés biótico o abiótico. Aunque la presencia de EAO causa daño por oxidación de DNA, lípidos y proteínas, las plantas también hacen uso de las EAO en la disipación energética y como señalizadores desencadenantes de respuestas de adaptación y defensa (Draper, 1997). A su vez estas últimas se asocian con cambios morfológicos y fisiológicos de la planta (Inzé y Van Montagu, 1995). Es probable que el ácido salicílico tenga

algún papel regulador sobre el balance de oxidación/reducción de las células vegetales, y ello tal vez explique la capacidad del ácido salicílico de inducir respuestas tan variadas: fisiológicas, morfogénicas y adaptativas en las plantas.

El ácido salicílico comenzó a sobresalir como molécula señalizadora en plantas cuando se descubrió su papel como inductor de la termogénesis en plantas de la familia Araceae (Raskin, 1987). Poco después se demostró su importancia en las reacciones de defensa contra los patógenos (Malamy et al., 1990; Métraux et al., 1990). Asimismo el ácido salicílico parece relacionarse con la adaptación de las plantas a los ambientes extremos, y esto pudiera convertir a este compuesto y sus derivados en herramientas para el manejo agronómico del estrés.

Sin embargo, Ruffer et al. (1995) encontraron que más que unirse de manera específica a las catalasas, el ácido salicílico se une a las enzimas que contienen hierro como las catalasas, aconitasas, lipoxidasas y peroxidasas. Asimismo otros resultados experimentales indican que el ácido salicílico no siempre inhibe la actividad catalasa aunque se observe incremento en el nivel de  $H_2O_2$  (Raskin, 1992).

Probables explicaciones a esta discordancia son que el ácido salicílico ejerce efectos más amplios que la mera inhibición de esta enzima o bien que las respuestas sean dependientes de la especie vegetal o de la edad de los tejidos u órganos utilizados en los estudios. Por otra parte algunos investigadores han propuesto un papel directo para el AS en potenciar la producción de  $H_2O_2$  por medio de la activación de una NAD(P)H oxidasa de la membrana plasmática (Kauss y Jeblick, 1995, 1996; Willekens et al., 1995; Mur et al., 1996; Shirasu et al., 1997). Esto pudiera ser parte de la explicación de los resultados dispares entre presencia de ácido salicílico y actividad de catalasa.

Como se mencionó, otra posibilidad respecto al ácido salicílico es que actúe cambiando el balance redox celular por medio de la inducción del  $H_2O_2$  o de otras EAO, así como por medio de la modificación en la síntesis y actividad de enzimas y compuestos antioxidantes.

Al respecto, Willekens et al. (1997) estudiaron el papel de la catalasa y el  $H_2O_2$  en las plantas bajo estrés. Para ello utilizaron plantas transgénicas de tabaco con un 10% de actividad de catalasa en relación con las plantas silvestres. Las plantas deficientes en catalasa no mostraron desórdenes visibles al crecer en condiciones de baja irradiancia, sin embargo, bajo alta irradiancia las hojas desarrollaron lesiones necróticas. No se detectó acumulación de  $H_2O_2$  durante el desarrollo de la necrosis, tal vez como resultado de una compensación que elevó los niveles de ascorbato peroxidasa y glutatión peroxidasa.

La necrosis foliar mostró correlación positiva con el contenido de glutatión oxidado y correlación negativa con el nivel de ascorbato foliar, indicando que la catalasa es crítica para mantener el balance redox durante el estrés oxidativo. Asimismo el daño no se presentó en un medio enriquecido con  $CO_2$  lo que indica una aparente dependencia de la actividad fotorespiratoria. Las plantas deficientes en catalasa revelaron mayor susceptibilidad al paraquat, salinidad y ozono pero no a las bajas temperaturas.

López-Delgado et al. (1998) obtuvieron igualmente termotolerancia en microplantas de papa desarrolladas en medio de cultivo con ácido acetilsalicílico en concentración de  $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  M. Al parecer parte del efecto protector del ácido salicílico se relaciona con su capacidad para inducir la expresión de las proteínas de choque térmico en las células vegetales, hecho demostrado en cultivos celulares de tomate por Cronjé y Bornman (1999).

Por otro lado, se consiguió un aumento significativo en la tolerancia a la carencia de agua en plántulas de Col y Tomate al aplicarles una aspersión de ácido benzoico  $10^{-4}$  M. Asimismo, la aplicación de ácido salicílico como pretratamiento de la semilla ( $10^{-4}$  M por 6 horas) aumentó el éxito de germinación de las semillas de melón en soluciones de NaCl (Benavides, datos no publicados).

El ácido salicílico se ha aplicado en diferentes cultivos para aumentar el rendimiento y la calidad. De acuerdo con la información planteada el ácido salicílico y sus derivados pueden aplicarse como herramientas para la promoción y aumento de los mecanismos naturales de resistencia de las plantas, cuando estos involucren la participación de EAO. En este sentido se requiere realizar gran cantidad de investigación en diferentes especies, para estudiar en que forma las aplicaciones exógenas de ácido salicílico y compuestos análogos como el metil-

salicilato, el ácido benzóico, el BTH, etc. modifican los mecanismos de adaptación al estrés abiótico. Si fuese posible llegar a utilizar estos compuestos como potenciadores de los mecanismos naturales de adaptación, su bajo costo y el hecho de constituir productos naturales los convertiría en opciones atractivas para los productores agrícolas.

### **Ácido Salicílico y Resistencia a los Patógenos**

La habilidad de una planta para responder a una infección es determinada por caracteres genéticos tanto del hospedero como del patógeno. Algunos mecanismos de resistencia son específicos para ciertos cultivares y cepas de patógenos: los genes de resistencia de la planta permiten el reconocimiento de moléculas específicas del patógeno que resultan de la expresión de los llamados genes de avirulencia. Estos desencadenan una cascada de señales que termina en una respuesta hipersensible, es decir, en la muerte estrictamente localizada de las células involucradas con el patógeno lo cual evita su crecimiento y diseminación.

La muerte celular localizada genera los conocidos patrones de formación de lesiones o necrosis. Dichas interacciones gene-gene resultan en respuestas muy eficientes, pero también muy específicas, de resistencia a la patogénesis.

Otro nivel de respuesta inducible del hospedero, llamada resistencia sistémica adquirida (RSA), se expresa en los diferentes órganos de la planta después de presentarse una necrosis localizada originada por organismos patógenos necrosantes como el virus del mosaico del tabaco (TMV) y *Colletotrichum* así como algunos organismos no patógenos.

La RSA depende de un señalizador o señalizadores aún no identificados que se mueven de forma sistémica entre los diferentes órganos de la planta. La aplicación exógena de ácido salicílico da lugar a una respuesta de RSA por lo cual se dice que el ácido salicílico funciona como activador o inductor de este proceso. De hecho en el tabaco la aplicación de ácido salicílico ó de partículas de TMV da lugar a la inducción de prácticamente las mismas proteínas de defensa (PR) (Kang et al., 1998).

Un nuevo enfoque en el control y prevención de enfermedades es el uso de compuestos activadores de la RSA, tales como el ácido salicílico, sus derivados y sus análogos funcionales como el BTH, el 2,6-dicloroisonicotínico, el 3-allyloxy-1,2-benzisotiazol-1, 1-dióxido comercializado como probenazol, y el acibenzolar-S-metil comercializado como Bion. Estos activadores o inductores no tienen un efecto directo sobre el patógeno, protegen a la planta desencadenando las cascadas de señales que activan la RSA, actuando así de forma diferente a los agroquímicos convencionales (Gorlach et al., 1996; Stichter et al., 1997; Sakamoto et al., 1999; Gullino et al., 2000).

### **Ácido Benzoico**

El Ácido benzoico es precursor biosintético del Ácido salicílico (Raskin, 1992). Este compuesto fue probado en diferentes cultivos como la papa (Cabeza Banda, 2001) y el melón (Palafox Arenas, 2001) encontrándose que aumenta la tuberización y el crecimiento de la planta, respectivamente. Mayor cantidad de información sobre la aplicación de este compuesto en plantas no se encontró en la literatura y bases de datos consultadas.

### **Nutrición**

#### **Absorción de nutrimentos**

Las plantas obtienen la mayor parte de los elementos nutritivos de la solución del suelo. La alimentación a través de las hojas puede ser útil para resolver casos de emergencia en que se necesitan elementos mayores; éste modo de fertilización no puede sustituir a la aplicación ordinaria de fertilizante al suelo. Los elementos nutritivos al penetrar al interior de la planta se utilizan para formar proteínas, membranas celulares y productos de reserva, como azúcar, almidones y grasas (Worthen, 1980), citado por Andrade (1995).

Al penetrar en las capas del suelo, los pelos absorbentes entran en finísimo contacto con las películas minerales y con el agua del suelo. En el agua se disuelven los nutrimentos. La intensidad de los nutrientes es afectada por los siguientes factores:

- a) Presencia de aire fresco suficiente, en los espacios del suelo. Esta es muy importante para el desarrollo y actividad de los pelos absorbentes.

- b) La humedad del suelo, que lleva los nutrientes en solución haciéndolos disponibles a la planta.
- c) La densidad y distribución de las raíces, determinan la cantidad de nutrimentos que pueden ser absorbidos (SEP/Suelos y Fertilizantes, 1989).

Thedal (2000) indica que para el abasto o suministro de los nutrimentos, hay que considerar lo siguiente:

**Cantidad:** la cantidad de nutrimentos en la fase sólida del suelo que actúa como reserva del nutrimento en la solución.

**Intensidad:** la concentración del nutrimento en la solución del suelo.

**Absorción:** la cantidad del nutrimento absorbido usualmente por la planta y su relación con la cantidad del mismo nutrimento absorbido por el suelo.

**Capacidad bufferizante:** la capacidad amortiguadora del suelo en relación con la capacidad amortiguadora de la solución del suelo, para no alterarla por las malas aplicaciones de producto.

Para mantener un crecimiento sano de la planta, es necesario que el suelo posea un amplio rango de nutrimentos. Las plantas absorben los nutrimentos en ciertas porciones. Es importante que los nutrimentos se mantengan balanceados en el suelo, para satisfacer las necesidades individuales de los cultivos (SEP/Suelo y Fertilizantes, 1988).

## **Nutrimentos primarios**

### **Nitrógeno (N)**

Este nutrimento imparte un color verde a las plantas, fomenta el crecimiento rápido, aumenta el crecimiento de hojas, así como también ayuda a la descomposición de los materiales orgánicos y puede retardar la floración y fructificación (Reiners 1995).

La falta de nitrógeno en un momento crítico, al inicio de la tuberización, puede ocasionar pérdidas considerables de producción (Errebhi et al., 1998).

La dosis, forma y distribución de las aplicaciones de fertilizantes varían mucho en función de las condiciones edáficas y climáticas, el manejo del cultivo y los objetivos de la

producción. En algunos casos se realiza una única aplicación de fondo antes de la plantación pero mayoritariamente se recomienda el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en varias aportaciones durante el cultivo (Errebhi et al., 1998).

### **Fósforo (P)**

Está orientado a producir un buen desarrollo radicular y un desarrollo aéreo inicial. Por ello durante esta etapa se requiere un alto aporte de fósforo y dosis iniciales de nitrógeno y potasio (Errebhi et al., 1998).

### **Potasio (K)**

Se considera un elemento esencial para las plantas, ya que tiene una influencia directa sobre el metabolismo de estas, de manera que su presencia resulta determinante para continuar el ciclo biológico, y no puede ser reemplazado por otro en su acción (Pérez *et al.*, 1994).

El potasio es vital para la fotosíntesis. Cuando existe deficiencia de K, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa. Estas dos condiciones (reducción en la fotosíntesis e incremento en la respiración) están presentes cuando existe deficiencia de K, reduciendo la acumulación de carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y producción de la planta (AGROPECT star, 2002).

El K es un activador de las enzimas que son necesarias para sintetizar almidón y proteínas. También contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y, por consiguiente a su presión de turgencia. (Salisbury and Ross, 1994).

Además el K es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta para su crecimiento, ayuda a controlar el balance iónico, es importante en la translocación de metales pesados como el hierro (Fe), ayuda a la planta a resistir los ataques de plagas y enfermedades, mejora la resistencia de la planta a las sequías y heladas, está involucrado en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos que regulan las principales reacciones metabólicas de la planta (AGROPECT star, 2002).

## **Nutrientes secundarios**

### **Calcio (Ca)**

La mayor parte del calcio en las plantas se encuentra en las vacuolas centrales y unido a las paredes celulares a polisacáridos llamados pectatos (Salisbury, 1994).

### **Magnesio (Mg)**

La función más destacada del Mg en las plantas, es su papel como el átomo central de la molécula de clorofila.

El Mg influye en una gran variedad de procesos metabólicos. Por lo tanto, es esencial para lograr un alto rendimiento y una buena calidad (Salisbury, 1994).

## **Micronutrientes**

### **Fierro (Fe)**

Esta ligado a la producción de clorofila verde, y a menudo, no es aprovechable en las formas que se presenta en las tierras tratadas con exceso de cal, alcalinas o las altamente calcáreas (Reiners, 1995).

### **Cobre (Cu)**

El cobre es absorbido por los vegetales en su forma catiónica,  $\text{Cu}^{++}$ . Interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales. (Reiners 1995).

### **Zinc (Zn)**

Necesario para la producción normal de la clorofila y para el crecimiento y a menudo se encuentra en cantidades inferiores en su forma aprovechable, en los suelos alcalinos (Reiners, 1995).

**Sodio (Na)**

El sodio es esencial cuando las plantas crecen en concentraciones de CO<sub>2</sub> bajas que existen en el aire normal, como resultado se obtiene una mayor cobertura de la planta como ocurrió en el ensayo “Función del Sodio como Micronutriente Vegetal” realizado por Browell P. F. (Salisbury, 1994).

Las soluciones se desplazan por el tejido floemático desde los órganos de asimilación a los de utilización. En realidad la velocidad con que los minerales llegan a las hojas solo depende de la rapidez con que entran en los tejidos xilemáticos, suponiendo que exista algún flujo en el xilema (Salisbury, 1994).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Ubicación del Sitio Experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de Diciembre 2003 a Mayo de 2004, en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), que tiene su domicilio en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas responden a los 25° 22” Latitud Norte, 101° 00” Longitud Oeste con una altitud de 1743 msnm.

#### **Material utilizado**

##### **Material vegetativo**

Se emplearon semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) del cultivar Gigant (Apéndice 1), originarias de Zamora, Michoacán; procedentes del lote la Purísima y proporcionadas por el Dr. Homero Ramírez Rodríguez.

##### **Material de campo**

Como macetas se utilizaron bolsas (plástico negro, con una capacidad de 12 Kg.), el sustrato que se utilizó para el llenado de las bolsas es PRO – MIX BX. Debido a que el experimento se estableció en un periodo con frecuencia de heladas se usaron como calentadores cubetas de aluminio (capacidad 20 litros) las cuales se llenaron con aserrín. Se utilizaron atomizadores (capacidad 1 litro) para hacer la respectiva aplicación de los ácidos, etiquetas para la identificación de los tratamientos y sus repeticiones. Se construyó una casa-sombra a base de malla térmica Luminet, para la protección del cultivo durante el periodo de heladas. Además se utilizaron azadones, rastrillos, machetes, tambor plástico de 200 litros para preparar la solución Douglas y una bomba aspersor de mochila para la aplicación de los productos químicos

### **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar, con 5 tratamientos y 36 repeticiones respectivamente, dando un total de 180 unidades experimentales.

El diseño experimental que se utilizó fue un completamente al azar con arreglo factorial, los factores fueron, fechas de muestreo y tratamientos aplicados sobre los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza con prueba de media Duncan con un nivel de significancia de 0.05.

### **Descripción de tratamientos**

T1 = Ácido benzoico  $1 \times 10^{-4}$  molar

T2 = Ácido benzoico  $1 \times 10^{-6}$  molar

T3 = Ácido salicílico  $1 \times 10^{-4}$  molar

T4 = Ácido salicílico  $1 \times 10^{-6}$  molar

T5 = Testigo aplicando agua

### **Establecimiento del experimento**

Para el establecimiento del experimento se realizó un sorteo de todos los tratamientos y sus repeticiones, con la finalidad de una adecuada distribución del experimento (al azar).



Figura 3.1. Distribución del experimento

### **Tratamiento de la semilla**

El tratamiento de la semilla se hizo con ácido giberélico (dosis 0.2 gr. / 10 lts. H<sub>2</sub>O) con la finalidad de inducir una mejor brotación del tubérculo, se colocó la semilla en un cuarto

frío por un periodo de 1 mes antes de la siembra. Antes de efectuar la siembra se le dio un tratamiento a la semilla con Tecto 60, para protegerla del ataque de patógenos (en dosis de 0.5 gr. / lts.). El procedimiento fue colocar las semillas sobre un plástico y con un atomizador se le asperjo el producto.

### Siembra

Previo a la siembra se realizo el llenado de las macetas con el sustrato PRO – MIX BX. El experimento se estableció en una superficie de 90 m<sup>2</sup> la siembra se realizo el 1 de Diciembre del 2003, sembrando a una profundidad de 10 cm. y 50 cm. entre macetas; se cubrieron y se dio el primer riego (un riego pesado).

### Fertilización

La fertilización del cultivo durante todo el ciclo se realizo mediante una solución Douglas (Cuadro 3.1), cabe mencionar que la forma de aplicación del fertilizante se realizo en el riego.

Cuadro 3.1. Productos y dosis utilizadas para la preparación de la solución nutritiva Douglas.

PRODUCTO	DOSIS
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	138 gr.
Mg SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	179.4 gr.
K NO <sub>3</sub>	149.5 gr.
Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	20 gr.
Cu SO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	0.01 gr.
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.05 gr.
Fe (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O	0.2 gr.
Mn SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	0.05 gr.
H <sub>2</sub> MO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	0.00017 gr.
Zn SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0.05 gr.
Na H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	10 gr.

La solución se preparo en 200 litros de agua / riego

Se hizo la aplicación de de fertilizante foliar para corregir algunas deficiencias que se presentaron en el cultivo, los fertilizantes utilizados se presentan en el siguiente cuadro (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Productos y dosis utilizadas para la fertilización foliar.

<b>PRODUCTO</b>	<b>DOSIS</b>	<b>N° APLICACIONES</b>
Poliquel multi	4 cc / lt.	4
Poliquel calcio	6 cc / lt.	2

### **Control de plagas y enfermedades**

El control de plagas y enfermedades se realizo con los productos químicos y las dosis que a continuación se presentan (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Productos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.

<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>	<b>Plagas</b>	<b>Enfermedades</b>	<b>Aplicaciones</b>
Citlali: 1-(6-cloro 3-piridinil metil)-N-nitimidazolirin-2-ilidene-amina	1 cc / lt.	Mosquita blanca		2
Allium sativum: Extracto de ajo	13 cc / lt.	Mosquita blanca		2
Metamidofos 600” R: Metamidofos	2 cc / lt.	Diabrotica		2
Cupertron: Oxicloruro de cobre	3.2 cc / lt.		Tizón tardío	3
Metalaxil: -N-(2,6-dimetilfenil)-N-(motoxiacetil)-alanina metil ester	2.5 gr. / lt.		Tizón tardío	1
Rydomil bravo: Metalaxil	2.5 gr. / lt.		Tizón tardío	1

Las dos plagas que se presentaron fueron Mosquita blanca *Bemisia tabaci* y *Diabrotica*, la primera se presentó cuando la planta tenía una altura entre 15 – 20 cm. sin causar daño al cultivo; mientras que la *Diabrotica* se presentó en etapas de desarrollo tempranas y en etapas más avanzadas sin causar daño al cultivo.

La enfermedad que se presentó fue el Tizón tardío *Phytophthora infestans*. Cuando aparecieron los primeros síntomas de la enfermedad se hicieron las primeras aplicaciones, logrando detener el avance de la enfermedad y por consiguiente evitar algún daño al cultivo. Todas las aplicaciones se hicieron con mochila aspersor, con las siguientes fechas de aplicación: para Citlali y Extracto de ajo 17 de Enero y 21 de Febrero, para Metamidofos 17 de Febrero, 11 de Marzo y 16 de Marzo; Metalaxil el 24 de Marzo, Rydomil bravo el 19 de Marzo.

#### **Aplicación de los ácidos**

Se hicieron 5 aplicaciones de los inductores durante el ciclo del cultivo, efectuadas en las siguientes fechas (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Fechas de aplicación de los ácidos

<b>FECHA DE APLICACIÓN</b>	<b>DDS</b>
21/01/04	46
04/02/04	65
26/02/04	86
18/03/04	100
15/04/04	123

DDS = Días después de la siembra

Las concentraciones de los ácidos que se aplicaron en el experimento se presentan en el siguiente cuadro (Cuadro 3.5):

Cuadro 3.5 Contenido de las diferentes soluciones aplicadas foliarmente en el experimento.

TRATAMIENTOS	CONTENIDO DE LA SOLUCIÓN
T1 = AB $1 \times 10^{-4}$ molar	0.04888 gr. / 4 lts
T2 = AB $1 \times 10^{-6}$ molar	0.0004888 gr. / 4 lts
T3 = AS $1 \times 10^{-4}$ molar	0.055248 gr. / 4 lts
T4 = AS $1 \times 10^{-6}$ molar	0.00055248 gr. / 4 lts
T5 = Testigo	Riego con solución douglas lts

AB = Ácido benzoico

AS = Ácido salicílico

La metodología que se siguió fue asperjar con el atomizador cada uno de los tratamientos a sus 36 repeticiones, la aplicación fue en forma foliar.

Para la preparación de las soluciones el procedimiento fue el siguiente: primeramente se pesaron las cantidades de cada uno de los ácidos, posteriormente en un matraz kjendal se agregó 1 litro de agua para después agregarle la cantidad del ácido que se peso, por último en una parrilla "THERMOLYNE" para calentar y agitar se colocó la solución hasta quedar totalmente diluido el ácido, para finalmente aforar la solución a 4 litros de agua.

## Muestreos

### Obtención de biomasa y tubérculo

Se realizaron 5 muestreos, en los cuales se seleccionaron 2 plantas al azar por tratamiento, dando un total de 10 plantas por muestreo. Estas muestras se seccionaron en parte aérea y tubérculo, las cuales fueron llevadas al laboratorio en bolsas (papel) marcadas.

## Variable evaluada

### Análisis de minerales

N, P, K, Cu, Fe, Zn, Mg, Ca.

### **Determinación de K, Cu, Fe, Zn, Mg y Ca Por absorción atómica.**

Después de realizado el muestreo la parte aérea y tubérculo fue colocado en bolsas de papel para llevarlas al laboratorio, los tubérculos se trituraron para facilitar su secado el cual se realizó en estufa de secado a 60°C por 24 hrs.

El material ya seco se molió, en un molino Willey y se colocó en pomos de plástico para posteriormente utilizar solamente 0.5 gramos de parte aérea y raíz, la cual se colocó en un vaso de precipitado de 250 ml agregando 15 ml de una mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico al 705 en proporción 1-2 (v/v) se tapó con un vidrio de reloj y se colocó en una parrilla dentro de una campana extractora para llevar a cabo la digestión, la cual se realizó aproximadamente de 1 a 2 hr.

La muestra se dejó enfriar un poco y se le agregó agua desionizada, se filtró con un papel whatman # 41 y se aforó a 50ml con agua desionizada, vertiéndose a un envase de polietileno y etiquetándose para su identificación.

Posteriormente se llevó al espectrofotómetro de absorción atómica para el análisis y determinación de los minerales ya mencionados.

### **Determinación de fósforo en la planta por medio de colorimetría.**

De la misma muestra digerida para la absorción atómica se utilizó una parte para la determinación de fósforo.

Se tomaron 10 ml de la muestra y se colocaron en un matraz de aforación de 100 ml (perfectamente lavado con jabón libre de fósforo y enjuagado de tres veces con agua destilada). Se le agregaron 5ml de una solución de molibdato de amonio y 2ml de solución ANSA, se agitó el tubo para mezclarse y se dejó reposar por 20 minutos.

Se colocó la muestra en la celdilla para leerla en el espectrofotómetro o fotocolorímetro a una longitud de onda de 650nm ya sea en absorbancia o transmitancia.

Con la lectura obtenida se determinó la concentración parcial del fósforo por medio de la curva estándar y se ajustó a la cantidad que se pesó al inicio de la digestión de 0.5 gramos de materia seca.

### **Cálculos**

0.5 gramos\* lectura de 20 ml de la dilución

## **Reactivos y protocolo para la determinación**

1.- Solución patrón de fósforo (par curva estándar).

Disolver 0.4394g de fosfato de potasio monobásico, añadir 300ml de agua destilada y 200ml de ácido sulfúrico 1N, mezclar hasta disolver la sal y completar un litro con agua destilada.

2.- Solución de ácido sulfúrico 1N.

Medir 28ml de ácido sulfúrico y diluirlos en un litro de agua destilada.

3.- Solución de ácido sulfúrico 10N.

Mida 280ml de ácido concentrado y dilúyalo a un litro con agua destilada.

4.- solución de molibdato de amonio.

Disuelva 2.8g en 20ml de agua destilada, agregue 30ml de ácido sulfúrico 10N y diluya a 100ml con agua destilada.

5.- solución de sulfito de sodio al 20%.

Pesar 20g de sal previamente secada a la estufa, diluir hasta 100ml con agua destilada.

6.- solución de bisulfito de sodio 15%.

Pesar 15g de la sal y diluir hasta 100ml con agua destilada.

7.- Solución de ácido aminoaftolsulfónico (ANSA).

Pesar 250g de ANSA, añada 7.5ml de bisulfito de sodio al 15% y 2.5ml de sulfito de sodio al 20% si no se disuelve todo el ANSA, añada .5ml más de sulfito de sodio; dejar reposar toda la noche y filtre sobre el papel whatman # 41, pasando ese tiempo, almacenar en frasco color ámbar completando el volumen a 500ml.

Tubos de ensaye 13\*100

Celdillas de espectrofotómetro

Pipetas graduadas

Agitador de tubos

Papel klennex

## **Determinación de nitrógeno en la parte aérea y tubérculo por el método de Kjeldhal**

### **Digestión.**

Se pesaron 0.5 gramos de muestra en papel filtro, recolocaron en un matraz kjeldhal de 800 ml, se agregaron 4 perlas de vidrio (para que este en ebullición constante), se le agrego una cucharada de catalizador, mezcla reactiva de selenio, después de adicionaron 15 ml de ácido sulfúrico concentrado, conectaron al aparato Kjeldhal a 350 °C por un tiempo hasta que la muestra tomo un color verde limón.

### **Destilación.**

El resultado de la digestión se diluyó con 150 ml de agua destilada, se dejó enfriar, en un matraz Erlenmeyer de 500 ml se agregaron 25 ml de ácido bórico al 4 % y 3 gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol), al matraz Kjeldhal se le añadieron 55 ml de NaOH al 45 % y 4 granillas de zinc, después se conectó a la parte destiladora de Kjeldhal y recibieron 125 ml del destilado.

### **Titulación**

La titulación se hizo con ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  0.1 N (el valor numérico se tomó cuando cambió de color verde a un color rosa)

### **Cálculos**

$$\%N = \frac{(\text{ml gastados } H_2SO_4 - 0.3 \text{ ml de blanco}) (\text{normatividad de ácido } 0.098)(0.014)(100)}{\text{Gramos de muestra}}$$

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Graficas (Parte Aérea). A continuación se incluyen los resultados obtenidos sobre la concentración de minerales en los tejidos.

Como se observa en la Figura 4.1, antes de las aplicaciones de los ácidos el contenido de nitrógeno esta en los niveles de suficiencia , según (Benton Jones et al 1991) pero conforme se desarrolla el cultivo la necesidad por nitrógeno es mayor, en el primer muestreo se puede observar que el T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> (AB x 10<sup>-4</sup>, AS x 10<sup>-4</sup>) respectivamente muestran un mayor contenido de nitrógeno superando al testigo, posteriormente a los 80 días de desarrollo del cultivo los mejores tratamientos siguen siendo los del AS en sus dos concentraciones, pero también a los 95 días el AB (x 10<sup>-6</sup> y x10<sup>-4</sup>) con concentración menor siguen superando al testigo, para los 125 días del cultivo la concentración de AB (x10<sup>-4</sup>) se ve parcialmente superado por el testigo, al final de ciclo del cultivo el testigo supera parcialmente a todos los tratamiento en el contenido de nitrógeno.

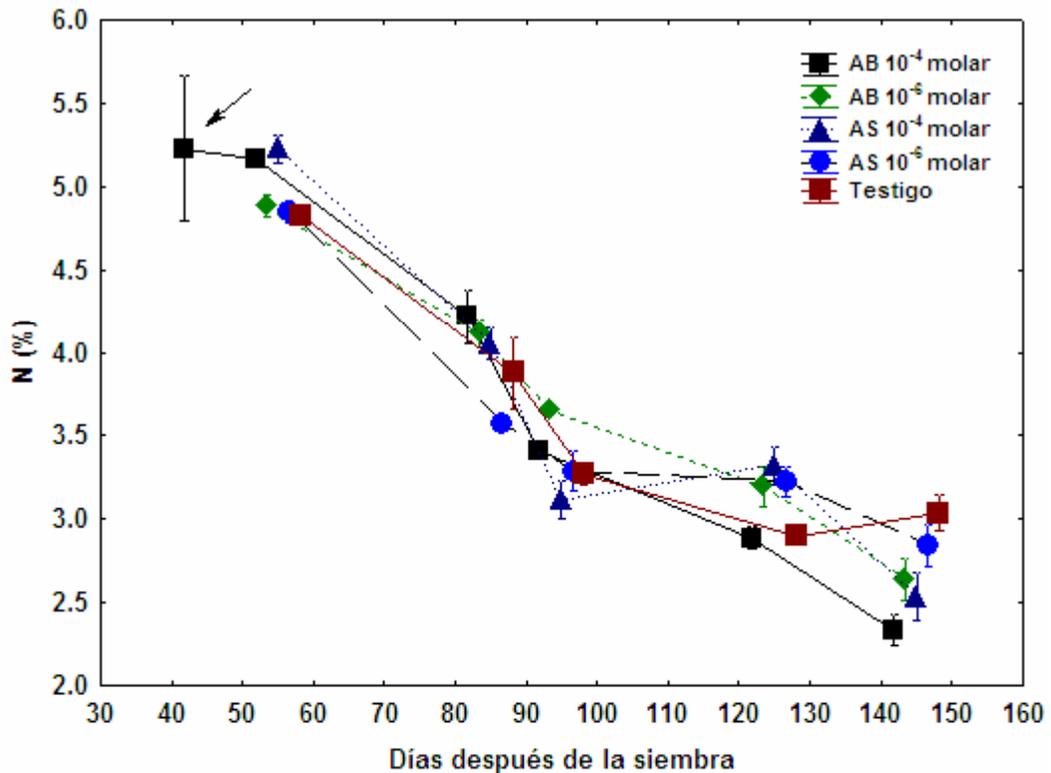
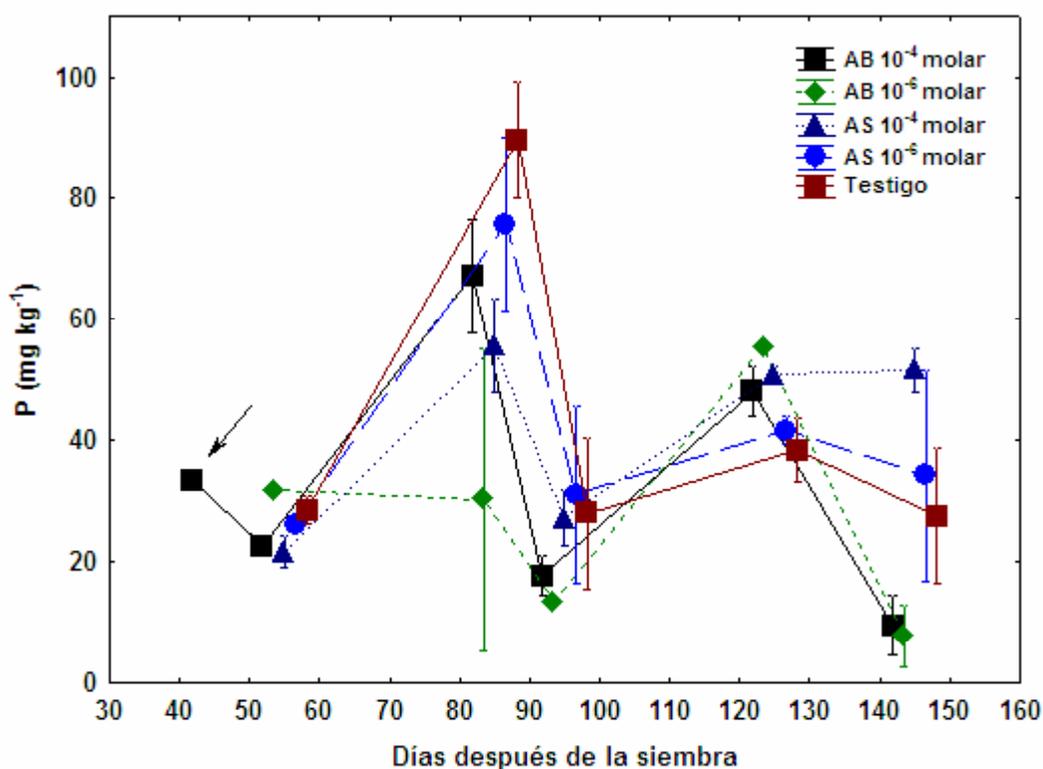


Figura 4.1. Efecto de los AB (x 10<sup>-4</sup>, x10<sup>-6</sup>) y AS (x 10<sup>-4</sup>, x10<sup>-6</sup>) sobre el contenido de nitrógeno (N) en la parte aérea.

En la Figura 4.2 se observa que en el primer muestreo sin la aplicación de ácidos el contenido de fósforo es mayor que en el primer muestreo con aplicación de los ácidos, superando parcialmente a los cinco tratamientos. Para el segundo muestreo el T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-6}$ ) muestra una pequeña diferencia ante los de más tratamientos, posteriormente a los 80 días del desarrollo del cultivo, el tratamiento testigo muestra una diferencia, superando numéricamente a todos los tratamientos, para los 95 días del cultivo el contenido de fósforo en los tratamientos es menor indicando que el T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) respectivamente junto con el testigo tienen el mismo contenido de fósforo en la parte aérea, para el cuarto muestreo el testigo se ve superado por los cuatro tratamientos indicando que si hay un efecto positivo en el contenido del fósforo, con la aplicación de los ácidos orgánicos, para el último muestreo se puede apreciar que en las dos concentraciones de AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ), se observa una diferencia numérica superando a los otros tratamientos.



**Figura 4.2. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de fósforo (P) en la parte aérea.**

En la figura 4.3 se observa que el contenido de potasio en la parte aérea se mejora con la aplicación de los ácidos, mientras que en los T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> que son el AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) se puede apreciar un mejor efecto en el contenido de potasio, a la mitad del ciclo de desarrollo del cultivo el T<sub>3</sub> AS ( $\times 10^{-4}$ ), indica un mayor contenido en la parte aérea, superando al testigo, a los 125 días de desarrollo del cultivo la concentración menor el T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-6}$ ), al igual que la menor concentración el T<sub>4</sub> AS ( $\times 10^{-6}$ ) en el ultimo muestreo superando numéricamente al testigo.

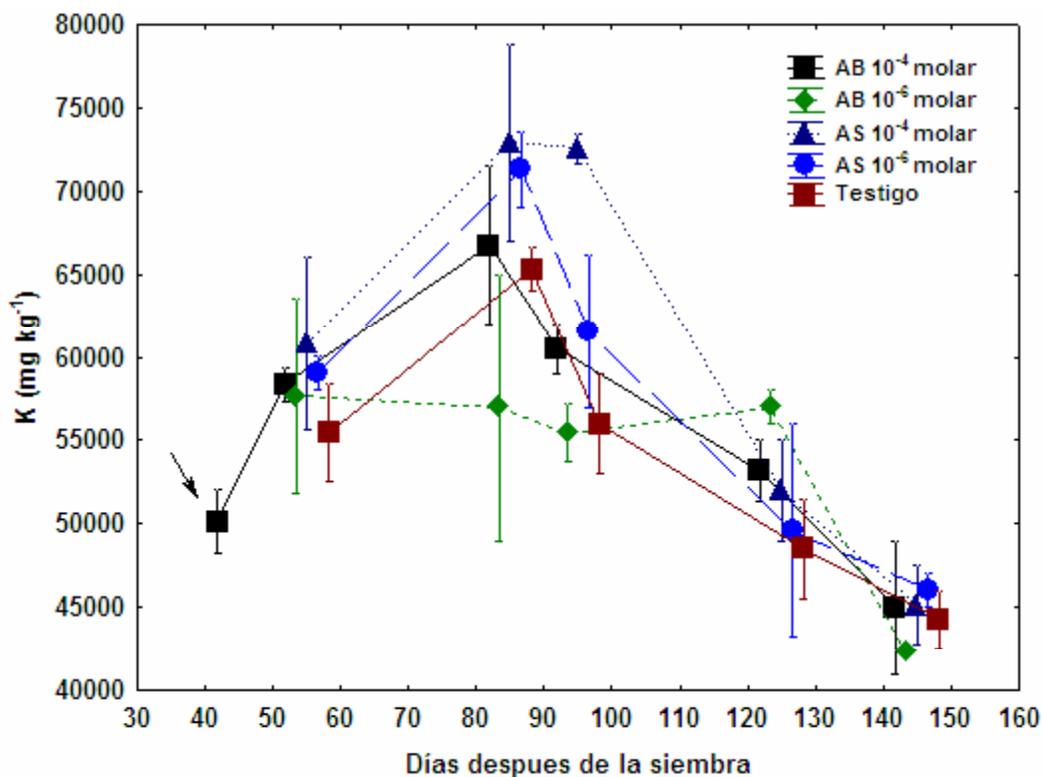


Figura 4.3. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de potasio (K) en la parte aérea.

En la figura 4.4 se observa que antes de las aplicaciones de los ácidos en contenido de calcio en la parte aérea es muy pobre, mejorándose notablemente conforme se realizan las aplicaciones de los ácidos orgánicos, en los primeros 90 días se observa que los T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) en sus dos concentraciones tiene un buen efecto, sobre el contenido de calcio y al final de las aplicaciones del T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) se mantiene una diferencia parcialmente numérica sobre el testigo.

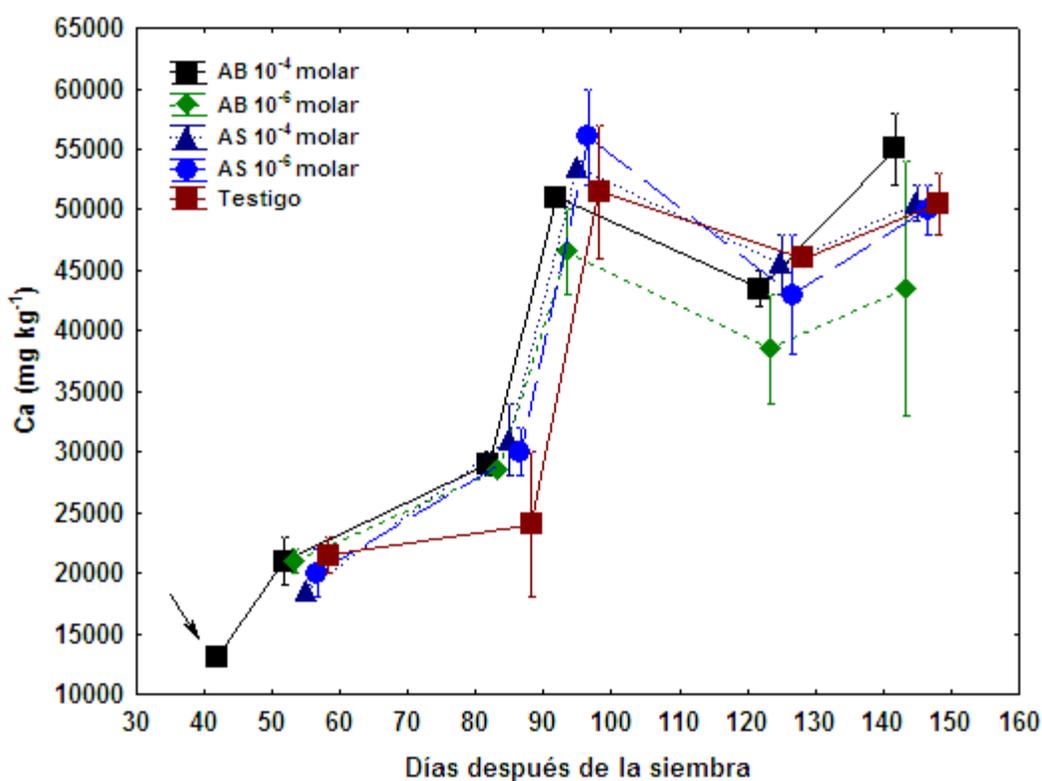


Figura 4.4. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de calcio (Ca) en la parte aérea.

En la figura 4.5 se puede apreciar que al inicio y final de las aplicaciones de los ácidos, el tratamiento que tiene un efecto notable sobre el contenido de magnesio es el  $T_1 AB (x 10^{-4})$ , superando al testigo, y a la mitad del ciclo el  $T_3 AS (x 10^{-4})$  supera a los otros tratamientos y después se puede apreciar que la aplicación de  $T_1 AB (x 10^{-4})$  el contenido de magnesio se mantiene en la parte aérea.

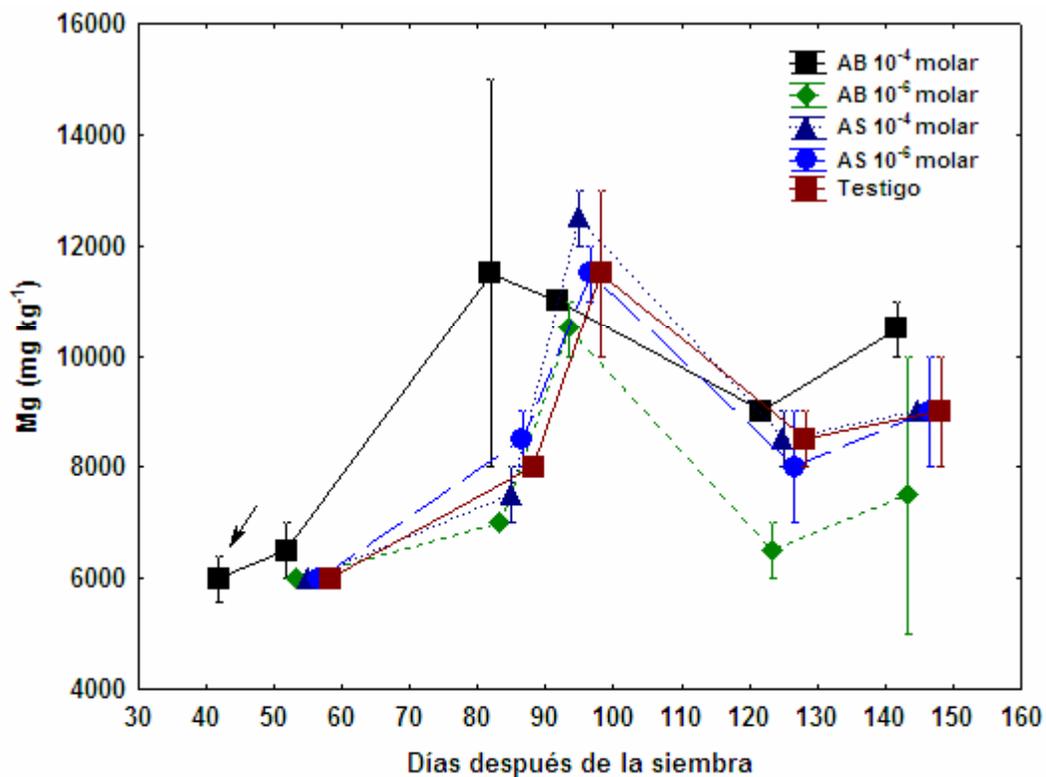


Figura 4.5. Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de magnesio (Mg) en la parte aérea.

### Micronutrientes (Parte Aérea)

En la figura 4.6 se observa que el contenido de hierro, al inicio se mejoro notablemente con la aplicación de los ácidos, observándose que no hay una estabilidad en el contenido de hierro en la parte aérea, solamente el tratamiento  $T_1$  AB ( $x 10^{-4}$ ), es el que mostró un equilibrio en el contenido de hierro en la parte aérea de la planta.

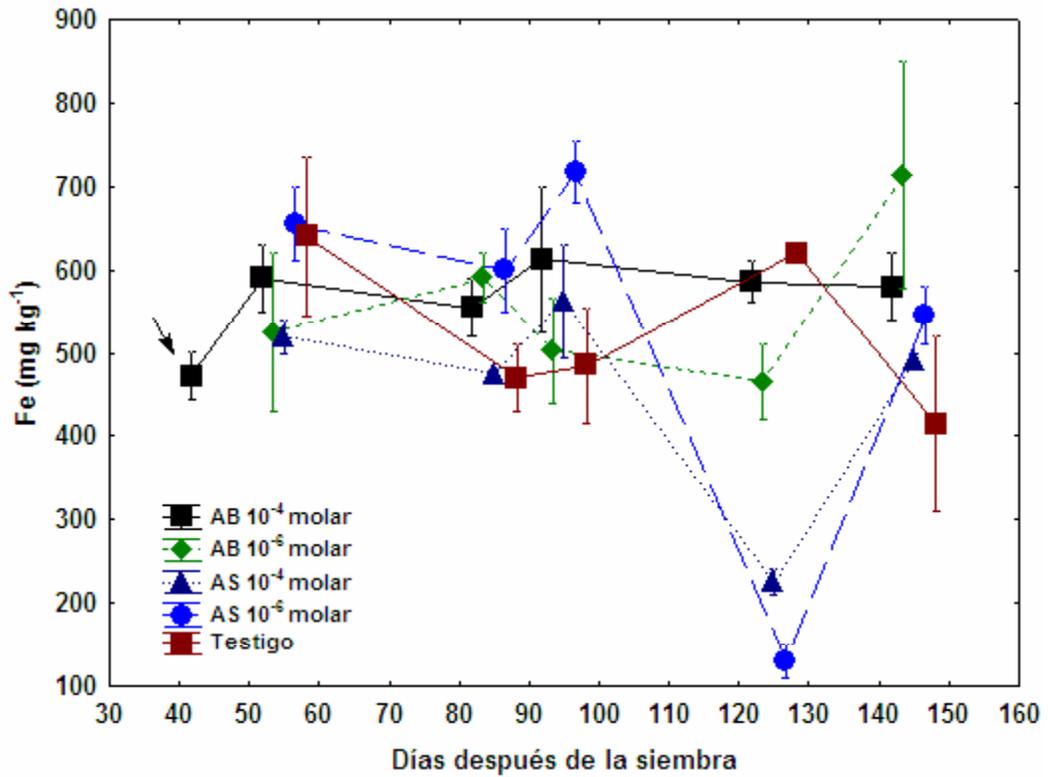


Figura 4.6. Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de hierro (Fe) en la parte aérea.

En la figura 4.7 se observa que el contenido de cobre en la parte aérea se mejora con la aplicación de los ácidos, especialmente es  $T_1 AB (x 10^{-4})$ , es el que se comporta mejor con el contenido de cobre superando el testigo conforme se desarrolla el cultivo.

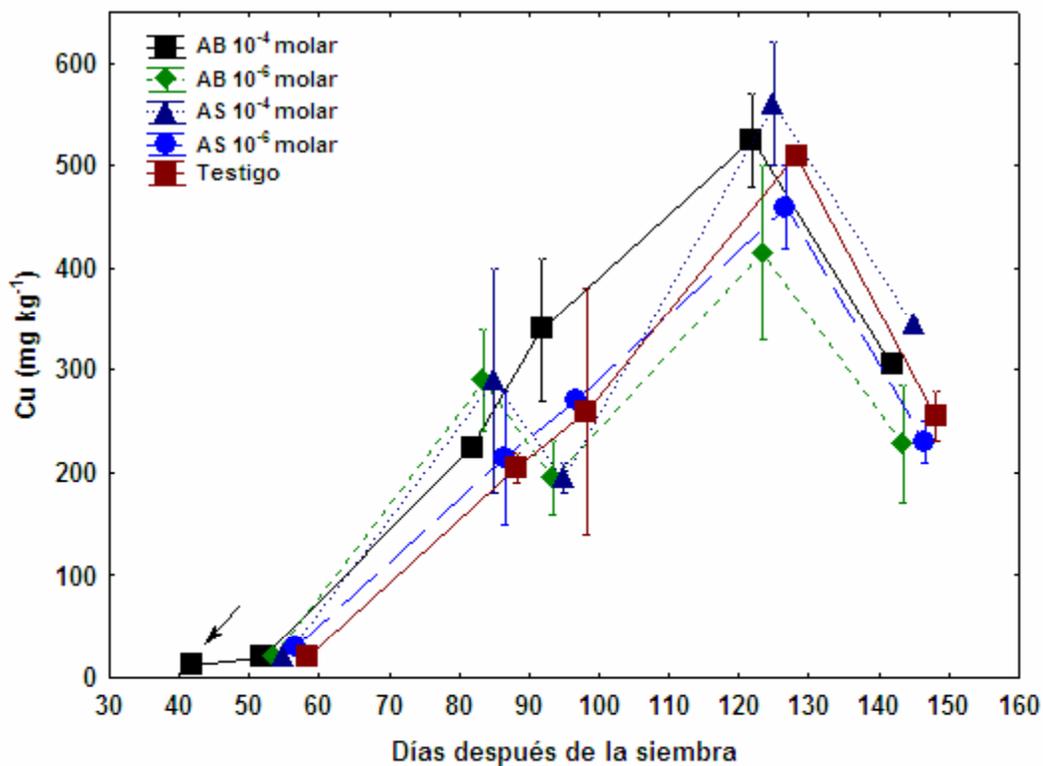


Figura 4.7. Efecto de los AB ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) y AS ( $x 10^{-4}$ ,  $x10^{-6}$ ) sobre el contenido de Cobre (Cu) en la parte aérea.

En la figura 4.8 se observa que con el  $T_4$  AS ( $\times 10^{-6}$ ) es mayor el contenido de zinc en los primeros 95 días de desarrollo del cultivo, sin embargo casi al final el testigo se muestra poco superior a los otros tratamientos, pero al final del muestreo el  $T_4$  AS ( $\times 10^{-6}$ ) nuevamente indica que es superior a los otros tratamientos, por lo que se observa que es mas eficiente para manifestar mayor contenido de zinc en la parte aérea al inicio y al final de las aplicaciones.

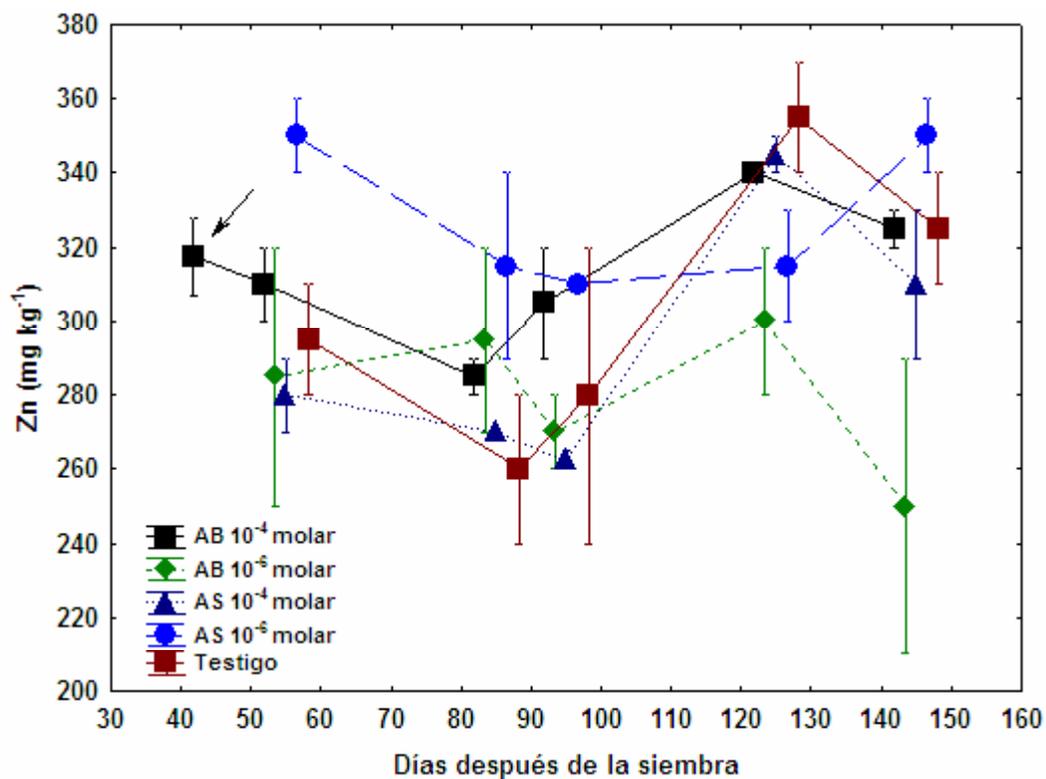


Figura 4.8. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de zinc (Zn) en la parte aérea.

Cuadro 4.1. Concentración de medias por tratamientos evaluados y días después de la siembra en la parte aérea del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).

	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Zn ppm</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>
<b>Tratamiento</b>	ns	ns	*	ns	*	**	*	ns
ab <sup>-4</sup>	3.60 a	0.0033 a	5.67 ab	283.00 a	584.50 a	313.00 ab	0.97 a	3.99 a
ab <sup>-6</sup>	3.70 a	0.0027 a	5.38 b	229.50 a	559.20 ab	280.00 b	0.75 b	3.56 a
as <sup>-4</sup>	3.65 a	0.0041 a	6.06 a	281.80 a	454.50 b	293.50 b	0.87 ab	3.98 a
as <sup>-6</sup>	3.56 a	0.0041 a	5.75 ab	241.00 a	529.50 ab	328.00 a	0.86 ab	3.98 a
test	3.58 a	0.0042 a	5.39 b	250.00 a	526.00 ab	303.00 ab	0.86 ab	3.87 a
<b>DDS</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
60	4.99 a	0.0026 c	5.82 bc	22.00 c	586.00 a	304.00 ab	0.61 c	2.04 d
81	3.97 b	0.0063 a	6.66 a	245.00 b	538.00 a	285.00 b	0.85 b	2.85 c
96	3.35 c	0.0023 c	6.12 ba	252.00 b	576.00 a	285.50 b	0.11 a	5.17 a
121	3.11 d	0.0046 b	5.20 c	494.00 a	405.00 b	331.00 a	0.81 b	4.33 b
144	2.68 e	0.0026 c	4.45 d	272.30 b	548.70 a	312.00 ab	0.90 b	4.99 a

Promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según Tukey (0.05).

ns = no significativo; \* Significativo; \*\* Altamente significativo.

AB 10<sup>-4</sup> M = tratamiento 1 ácido benzóico 1 x 10<sup>-4</sup> molar

AB 10<sup>-6</sup> M = tratamiento 2 ácido benzóico 1 x 10<sup>-6</sup> molar

AS 10<sup>-4</sup> M = tratamiento 3 ácido salicílico 1 x 10<sup>-4</sup> molar

AS 10<sup>-6</sup> M = tratamiento 4 ácido salicílico 1 x 10<sup>-6</sup> molar

Cuadro 4.2. Rango de suficiencia en un análisis foliar de minerales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) según (Benton Jones et al 1991).

<b>Determinación</b>		<b>Nivel de suficiencia</b>	
<b>Nitrógeno</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>3.0 a 4.0 %</b>
<b>Fósforo</b>	<b>%</b>	<b>P</b>	<b>0.25 a 0.4 %</b>
<b>Potasio</b>	<b>%</b>	<b>K</b>	<b>6.0 a 8.0 %</b>
<b>Cobre</b>	<b>PPM</b>	<b>Cu</b>	<b>7.0 a 20 PPM</b>
<b>Fierro</b>	<b>PPM</b>	<b>Fe</b>	<b>40.0 a 100 PPM</b>
<b>Zinc</b>	<b>PPM</b>	<b>Zn</b>	<b>30.0 a 200 PPM</b>
<b>Magnesio</b>	<b>%</b>	<b>Mg</b>	<b>0.70 a 1.0 %</b>
<b>Calcio</b>	<b>%</b>	<b>Ca</b>	<b>1.50 a 2.50 %</b>

## **Discusión parte foliar**

### **Nitrógeno (N)**

De acuerdo al análisis de varianza no se encontró una diferencia significativa para los tratamientos, pero si una diferencia numérica, como se observa en la comparación de medias numéricamente el  $T_2$  ( $AB \times 10^{-6}$ ), reporto el mayor contenido de N en la parte aérea, en el (Cuadro 4.2) se aprecia que el contenido de nitrógeno esta dentro del rango de suficiencia según (Benton Jones et al 1991).

### **Fósforo (P)**

De acuerdo a los resultados no hay diferencia significativa para los tratamientos, pero si una diferencia numérica. Sin embargo para los muestreos se encontró diferencia altamente significativa. La comparación de medias, indica que el tratamiento  $T_5$  (**test**) presenta mayor contenido de P en la parte aérea. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el diagnostico foliar, en el (Cuadro 4.2) indica que el contenido de fósforo es muy alto y no entra dentro de los rangos óptimos de fósforo en la parte aérea según (Benton Jones et al 1991).

### **Potasio (K)**

De acuerdo al análisis de varianza si se encontró diferencia significativa en los tratamientos, como también para los muestreos se encontró diferencia altamente significativo. La comparación de medias, indica numéricamente que el tratamiento  $T_3$  ( $AS \times 10^{-4}$ ), presenta mayor contenido de K en la parte aérea. En el (Cuadro 4.2) se aprecia que solo el  $T_3$  ( $AS \times 10^{-4}$ ) se encuentra dentro del rango y los otros tratamientos se encuentran con un nivel bajo de K en la parte aérea según (Benton Jones et al 1991).

### **Calcio (Ca)**

De acuerdo al análisis de varianza no se encontró una diferencia significativa para los tratamientos, y para los muestreos si se encontró una diferencia altamente significativa. La comparación de medias, indica numéricamente que el tratamiento  $T_1$  ( $AB \times 10^{-4}$ ), se encontró mayor contenido de Ca en la parte aérea. En el (Cuadro 4.2) de acuerdo al diagnostico foliar el contenido de Ca se encuentra fuera de los rangos de suficiencia ya que es alto según (Benton Jones et al 1991).

### **Magnesio (Mg)**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza si se encontró una diferencia significativa en los tratamientos, como también una diferencia altamente significativa para los muestreos. La comparación de medias, indica numéricamente que el tratamiento  $T_1$  ( $AB \times 10^{-4}$ ), presento un mayor contenido de **Mg** en la parte aérea y como se aprecia en el (Cuadro 4.2) el contenido de magnesio se encuentra dentro de los rangos de suficiencia según (Benton Jones et al 1991).

### **Micronutrientes (Parte Aérea)**

#### **Fierro (Fe)**

Observando los resultados obtenidos en el análisis de varianza si hay una diferencia significativa entre los tratamientos, y en los muestreos se encontró que hay una diferencia altamente significativa. De acuerdo a la comparación de media, numéricamente indica que el tratamiento  $T_1$  ( $AB \times 10^{-4}$ ), mostró mayor contenido de **Fe** en la parte aérea. Pero como se observa en el (Cuadro 4.2) lo obtenido en el análisis el contenido de fierro es muy alto por lo que esta por de fuera del rango de suficiencia según (Benton Jones et al 1991).

#### **Cobre (Cu)**

De acuerdo a los análisis de varianza no hay una diferencia significativa entre los tratamientos, pero en los muestreos si se observa una diferencia altamente significativa. De acuerdo a la comparación de media numéricamente, indica que el tratamiento  $T_1$  ( $AB \times 10^{-4}$ ), mostró mayor contenido de **Cu** en la parte aérea. De acuerdo a lo observado en el (Cuadro 4.2) el contenido de cobre obtenido por el análisis foliar es muy alto por lo que no entra dentro de los rangos de suficiencia según el autor (Benton Jones et al 1991).

#### **Zinc (Zn)**

Con los resultados obtenidos en el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa entre los tratamiento, como también se encontró una diferencia altamente significativa entre los muestreos. Y de acuerdo a la comparación de media numéricamente indica que los tratamientos  $T_1$  ( $AB \times 10^{-4}$ ), y  $T_4$  ( $AS \times 10^{-6}$ ) mostraron

mayor contenido de **Zn** en la parte aérea. De acuerdo a lo observado en el (Cuadro 4.2) indica que el contenido de **Zn** obtenido mediante el análisis foliar es muy alto y no entra dentro de los rangos de suficiencia según (Benton Jones et al 1991).

Graficas (Parte del tubérculo). A continuación se incluyen los resultados obtenidos sobre la concentración de minerales en los tejidos.

En la Figura 4.9 se aprecia que el contenido de N es mayor después de las aplicaciones de los ácidos orgánicos, destacando el T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-6}$ ) con un mayor contenido de nitrógeno, a los 85 días después de la siembra el AS ( $\times 10^{-4}$ ) y ( $\times 10^{-6}$ ) en sus dos concentraciones supera parcialmente al resto de los tratamientos, posteriormente al final del experimento el contenido de nitrógeno disminuye en todos los tratamientos, observándose que en la menor concentración de AS ( $\times 10^{-6}$ ) el contenido de nitrógeno es mayor en el tubérculo.

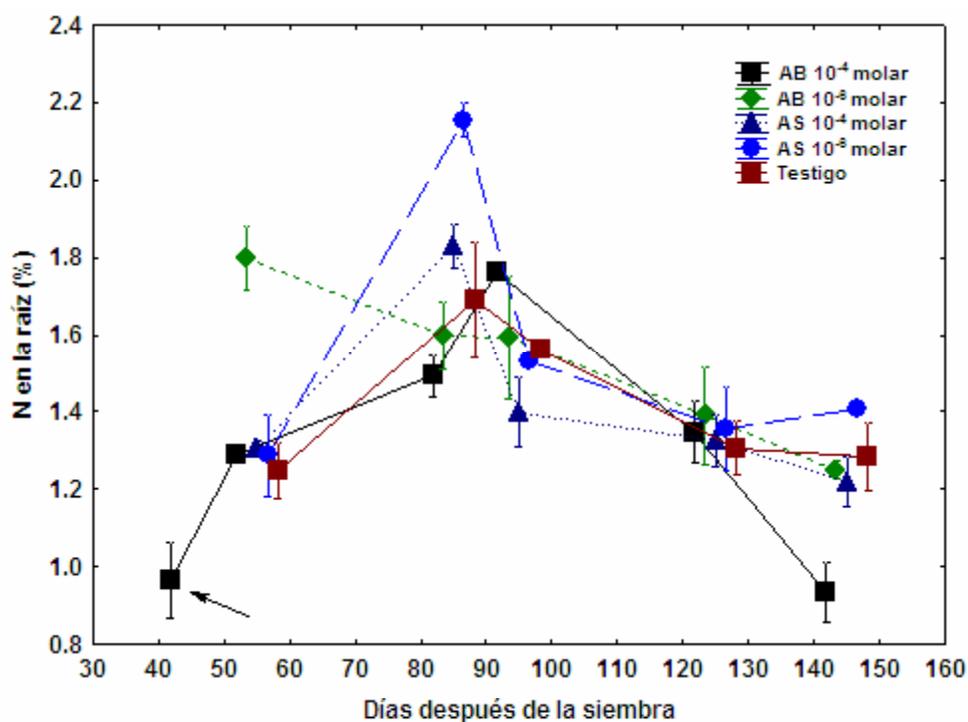
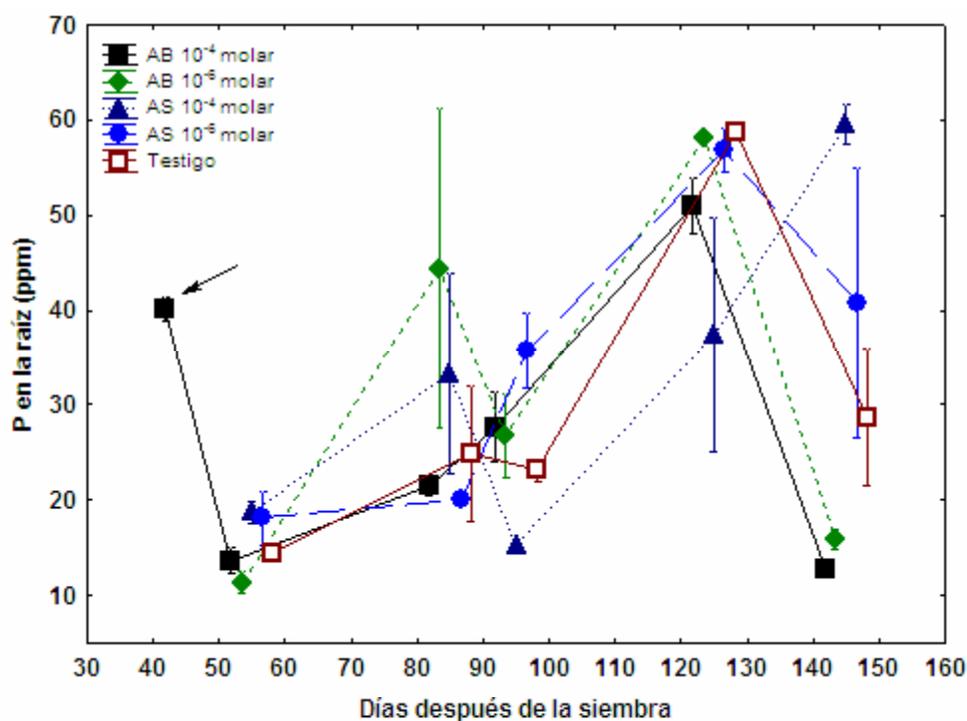


Figura 4.9. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de nitrógeno (N) en el tubérculo.

En la Figura 4.10 se aprecia que el contenido de **P** en los primeros días sin aplicación de los ácidos es mayor pero conforme se desarrolla el cultivo la necesidad de por **P** es mayor, pero después a los 85 días de desarrollo del cultivo el **T<sub>2</sub> AB (x 10<sup>-6</sup>)** indica un incremento superior al resto de los tratamientos y a los 100 días el **T<sub>4</sub> AS (x 10<sup>-6</sup>)** supera a los otros tratamientos, posteriormente a los 125 días se observa que los tratamientos se comportaron muy similarmente en cuanto al contenido de **P**, sin embargo al final de desarrollo del cultivo el **T<sub>3</sub> AS (x 10<sup>-4</sup>)** indica un mayor contenido de **P** en la raíz.



**Figura 4.10. Efecto de los AB (x 10<sup>-4</sup>, x10<sup>-6</sup>) y AS (x 10<sup>-4</sup>, x10<sup>-6</sup>) sobre el contenido de fósforo (P) en el tubérculo.**

En la Figura 4.11 al inicio de las aplicaciones, el contenido de **K** se mejora con los tratamientos a base de **AB**, comportándose muy similar dichos tratamientos, posteriormente para los 85 días la menor concentración de **AS** ( $\times 10^{-6}$ ) sobresale ligeramente sobre los otros tratamientos, posteriormente después de los 90 días, hasta el final del experimento en contenido de **K** se muestra similar para todos los tratamientos incluyendo al testigo.

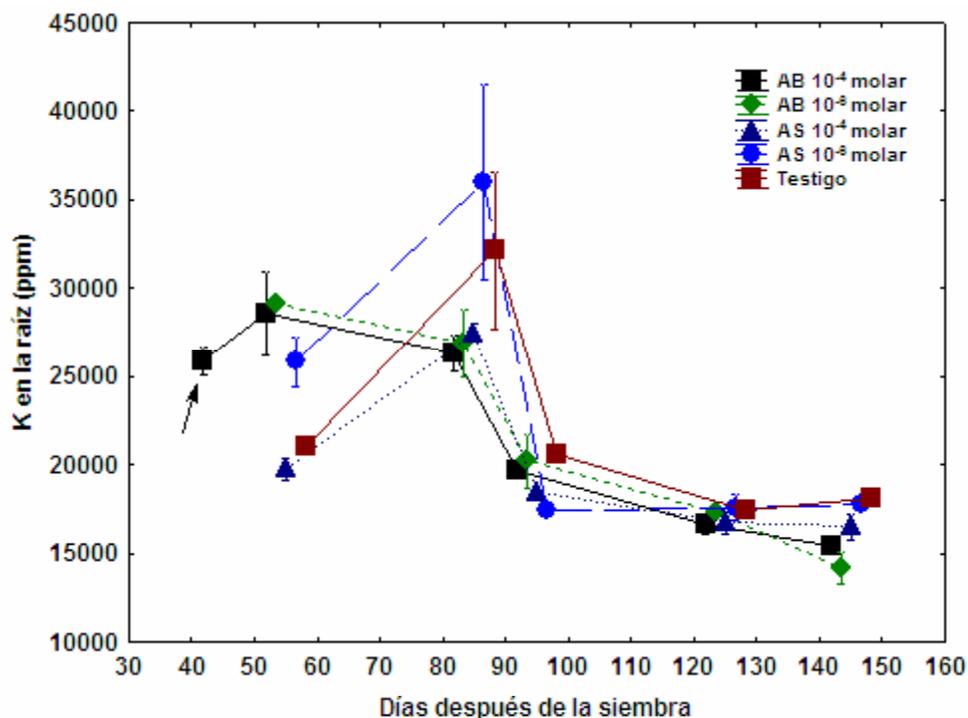


Figura 4.11. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de potasio (**K**) en el tubérculo.

En la Figura 4.12 se aprecia que al primer muestreo sobresale el T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-4}$ ) con un mayor contenido de Mg superando a los otros tratamientos, mientras que para los 85 días después de la siembra el T<sub>4</sub> AS ( $\times 10^{-6}$ ) y T<sub>5</sub> (test) se comportaron similarmente en cuanto al contenido de Mg, posteriormente para los siguientes muestreos se observa que no hay diferencia entre los tratamientos.

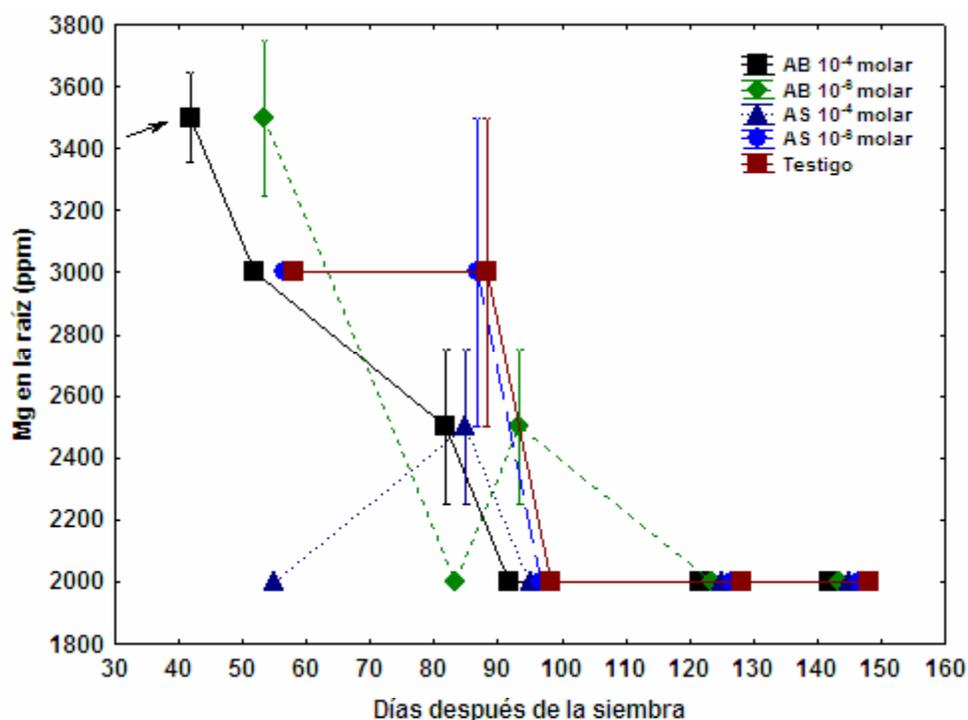


Figura 4.12. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de magnesio (Mg) en el tubérculo.

En la Figura 4.13 se observa que el T<sub>5</sub> (test) sobresale con mayor contenido de Fe a los 55 y 85 días, posteriormente para los 95 días el T<sub>3</sub> AS ( $\times 10^{-4}$ ) y T<sub>4</sub> AS ( $\times 10^{-6}$ ), se comportaron similar al testigo, en base al contenido de Fe, después a los 120 días sobresale el T<sub>2</sub> AB ( $\times 10^{-6}$ ) con un mayor contenido de Fe que al resto de los tratamientos, al final del desarrollo del cultivo T<sub>1</sub> AB ( $\times 10^{-4}$ ) sobresale del resto de los tratamientos con un alto contenido de Fe en la raíz.

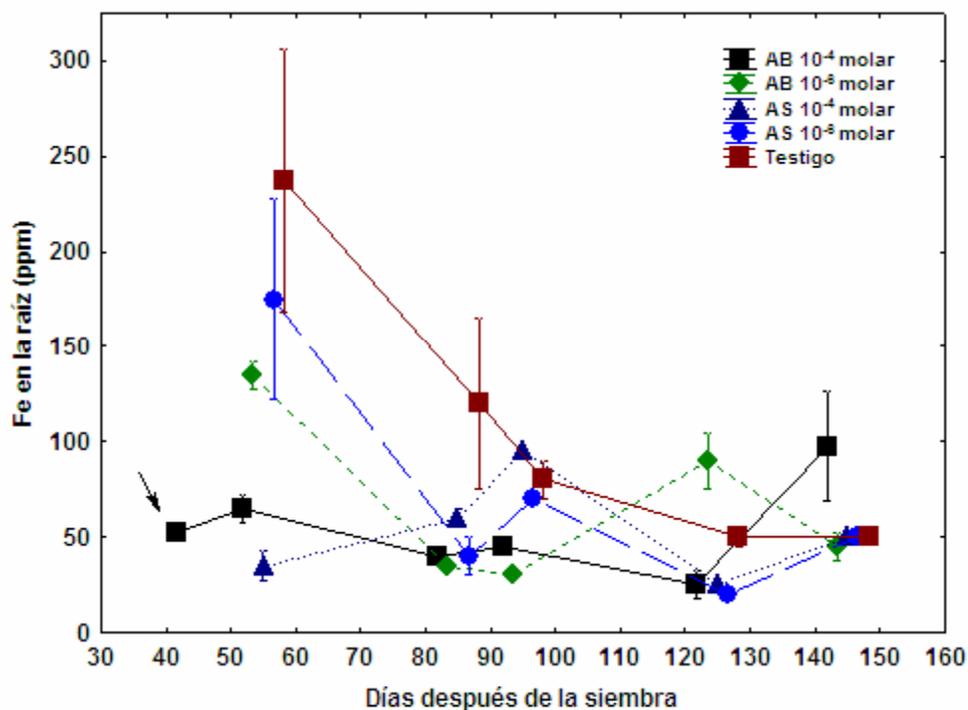
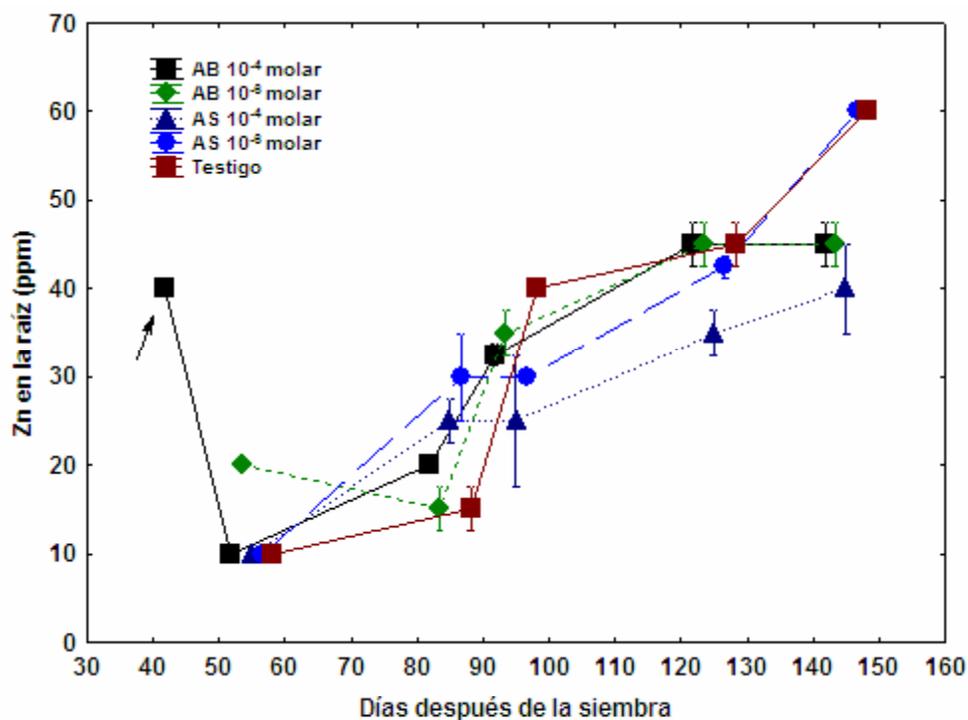


Figura 4.13. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de hierro (Fe) en el tubérculo.

En la Figura 4.14 se observa un incremento en el contenido de **Zn** conforme se desarrollo el cultivo, pero sin embargo al final de los muestreos el **AB** en sus dos concentraciones no se aprecia una diferencia en su contenido aunque al final el **T<sub>4</sub>** y **T<sub>5</sub>** (**test**) superan parcialmente a los otros tratamientos.



**Figura 4.14. Efecto de los AB ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) y AS ( $\times 10^{-4}$ ,  $\times 10^{-6}$ ) sobre el contenido de zinc (Zn) en el tubérculo.**

Cuadro 4.3. Concentración de medias por tratamientos evaluados y días después de la siembra en el tubérculo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*).

	<b>N (%)</b>	<b>P ppm</b>	<b>K ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Zn ppm</b>	<b>Mg ppm</b>	<b>Ca ppm</b>
<b>Tratamiento</b>	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ab <sup>-4</sup>	1.37 <b>b</b>	25.30 <b>a</b>	21330.00 <b>a</b>	3.00 <b>a</b>	54.50 <b>a</b>	30.50 <b>a</b>	2300.00 <b>a</b>	3000.00 <b>a</b>
ab <sup>-6</sup>	1.53 <b>a</b>	31.31 <b>a</b>	21550.00 <b>a</b>	3.00 <b>a</b>	67.00 <b>a</b>	32.00 <b>a</b>	2400.00 <b>a</b>	3000.00 <b>a</b>
as <sup>-4</sup>	1.42 <b>ab</b>	32.83 <b>a</b>	19800.00 <b>a</b>	7.00 <b>a</b>	53.00 <b>a</b>	27.00 <b>a</b>	2100.00 <b>a</b>	3000.00 <b>a</b>
as <sup>-6</sup>	1.55 <b>a</b>	34.29 <b>a</b>	22920.00 <b>a</b>	4.00 <b>a</b>	71.00 <b>a</b>	34.50 <b>a</b>	2400.00 <b>a</b>	2900.00 <b>a</b>
test	1.42 <b>ab</b>	29.97 <b>a</b>	21850.00 <b>a</b>	2.00 <b>a</b>	107.50 <b>a</b>	34.00 <b>a</b>	2400.00 <b>a</b>	3000.00 <b>a</b>
<b>DDS</b>								
60	1.39 <b>c</b>	15.26 <b>b</b>	24860.00 <b>ab</b>	6.00 <b>ab</b>	129.50 <b>a</b>	12.00 <b>c</b>	2900.00 <b>a</b>	3000.00 <b>a</b>
81	1.75 <b>a</b>	28.80 <b>b</b>	29770.00 <b>a</b>	10.00 <b>a</b>	59.00 <b>ab</b>	21.00 <b>c</b>	2600.00 <b>ab</b>	2900.00 <b>a</b>
96	1.57 <b>b</b>	25.72 <b>b</b>	19280.00 <b>bc</b>	3.00 <b>b</b>	64.00 <b>ab</b>	32.50 <b>b</b>	2100.00 <b>b</b>	3000.00 <b>a</b>
121	1.35 <b>cd</b>	52.39 <b>a</b>	17140.00 <b>c</b>	0.00 <b>b</b>	42.00 <b>b</b>	42.50 <b>a</b>	2000.00 <b>b</b>	3000.00 <b>a</b>
144	1.22 <b>d</b>	31.54 <b>ab</b>	16400.00 <b>c</b>	0.00 <b>b</b>	58.50 <b>ab</b>	50.00 <b>a</b>	2000.00 <b>b</b>	3000.00 <b>a</b>
DDS	**	**	**	**	*	**	**	ns

Promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según Tukey (0.05).

ns = no significativo; \* Significativo; \*\* Altamente significativo.

AB 10<sup>-4</sup> M = tratamiento 1 ácido benzoico 1 x 10<sup>-4</sup> molar

AB 10<sup>-6</sup> M = tratamiento 2 ácido benzoico 1 x 10<sup>-6</sup> molar

AS 10<sup>-4</sup> M = tratamiento 3 ácido salicílico 1 x 10<sup>-4</sup> molar

AS 10<sup>-6</sup> M = tratamiento 4 ácido salicílico 1 x 10<sup>-6</sup> molar

## **Discusión parte tubérculo**

### **Nitrógeno (N)**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza indica que entre los tratamientos se encontró una diferencia altamente significativa, como también para los muestreos se observó una diferencia altamente significativa. La comparación de medias numéricamente indica que el tratamiento  $T_4$  ( $AS \times 10^{-6}$ ), presenta mayor contenido de **N** en el tubérculo.

### **Fósforo (P)**

De acuerdo a lo obtenido en el análisis de varianza nos indica que entre tratamientos no se encuentra una diferencia significativa. Pero para los muestreos si se puede observar una diferencia altamente significativa. La comparación de medias numéricamente nos indican que el tratamiento  $T_4$  ( $AS \times 10^{-6}$ ), reporta mayor contenido de **P** en el tubérculo.

### **Potasio (K)**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza podemos observar que entre tratamientos no hay una diferencia significativa, reportando que para los muestreos si hay una diferencia altamente significativa. La comparación de medias numéricamente indica que el tratamiento  $T_4$  ( $AS \times 10^{-6}$ ), tiene mayor contenido de **K** en el tubérculo.

### **Calcio (Ca)**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se puede observar que entre los tratamientos no hay una diferencia significativa, al igual que entre los muestreos no hay una diferencia significativa. Reportando la comparación de medias numéricamente en los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_5$  reportan la misma cantidad de **Ca** en el tubérculo.

### **Magnesio (Mg)**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se puede observar que entre los tratamiento no hay una diferencia significativa, mientras que para los muestreos si presentan una diferencia altamente significativa. La comparación de medias numéricamente indica que los tratamientos  $T_2$ ,  $T_4$ , y  $T_5$  se observa la misma cantidad de **Mg** en el tubérculo.

## **Micronutrientes (tubérculo)**

### **Fierro (Fe)**

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza muestra que entre los tratamientos no se encontró una diferencia significativa. Mientras que para los muestreos si hay una diferencia significativa. Con la comparación de medias numéricamente indican que el tratamiento **T<sub>5</sub> (test)**, muestra mayor contenido de **Fe** en el tubérculo.

### **Cobre (Cu)**

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza se puede observar que entre tratamientos no hay una diferencia significativa. Y para los muestreos si se observa una diferencia altamente significativa. De acuerdo a la comparación de medias numéricamente el tratamiento **T<sub>3</sub> (AS x 10<sup>-4</sup>)**, presenta un mayor contenido de **Cu** en el tubérculo.

### **Zinc (Zn)**

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza podemos observar que entre los tratamientos no hay una diferencia significativa. Pero para los muestreos si hay una diferencia altamente significativa. Con la comparación numéricamente de medias se puede apreciar que el tratamiento **T<sub>4</sub> (AS x 10<sup>-6</sup>)**, y **T<sub>5</sub> (test)** nos indican que hay un mayor contenido de **Zn** en el tubérculo.

## V. CONCLUSIONES

La aplicación del ácido Salicílico y Benzoico para el cultivo de la papa, en el área foliar de la planta, no modifican el contenido de **N, P, Ca, Cu**, al no presentar diferencia estadística; sin embargo se encontró una diferencia numérica no significativa, en el caso de **N** el **T<sub>2</sub> AB 1 x 10<sup>-6</sup> molar**, para **P** el **T<sub>5</sub> (test)**, para **Ca** el **T<sub>1</sub> AB 1 x 10<sup>-4</sup> molar**, para **Cu** el **T<sub>1</sub> AB 1 x 10<sup>-4</sup> molar**.

La aplicación del ácido Salicílico y Benzoico para el cultivo de la papa, en el área foliar de la planta, si se observo un efecto positivo en el contenido de **K, Mg, Fe**, con una diferencia estadística significativa entre los tratamientos y solamente papa **Zn** se observo una diferencia estadística altamente significativa. El caso de **K** fue el **T<sub>3</sub> AS 1 x 10<sup>-4</sup> molar**, en el caso de **Mg** el **T<sub>1</sub> AB 1 x 10<sup>-4</sup> molar**, para el **Fe** el **T<sub>1</sub> AB 1 x 10<sup>-4</sup> molar**, y por ultimo **Zn** con el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**.

En el caso de aplicación del ácido Salicílico y Benzoico para el cultivo de la papa, en la parte del tubérculo de la planta, no modifican el contenido de **P, K, Cu, Fe, Zn, Mg** y **Ca**, al no presentar diferencia estadística; sin embargo se encontró una diferencia numérica no significativa, en el caso de **P** el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**, para **K** el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**, para **Cu** el **T<sub>3</sub> AS 1 x 10<sup>-4</sup> molar**, para **Fe** el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**, para **Zn** el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**, para **Mg** el **T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>**.

La aplicación del ácido Salicílico y Benzoico para el cultivo de la papa, en la parte del tubérculo de la planta, si se observo un efecto positivo en el contenido de **N** con una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos y el que presenta la diferencia es el **T<sub>4</sub> AS 1 x 10<sup>-6</sup> molar**.

Por lo que en este trabajo se concluyo que los ácidos no presentaron un efecto notable en el contenido de **N, P, Ca** y **Cu** en la parte aérea, ya que solo se encontró una diferencia significativa para **K, Mg** y **Fe** con las dosis altas de **AS<sup>-4</sup>, AB<sup>-4</sup>, AB<sup>-4</sup>**, respectivamente y solo para **Zn** una diferencia altamente significativa la dosis mas baja de **AS<sup>-6</sup>**.

Para la parte del tubérculo los ácidos no presentaron un efecto en el contenido de **P, K, Cu, Fe, Zn, Mg** y **Ca**, y solo para **N** se encontró un efecto por la concertación baja del **AS<sup>-6</sup>**.

## VI. LITERATURA CITADA

Andrade, H. M. C. 1995 Balance nutricional y bioactivador húmico en el suelo calcáreo cultivado con papa en Arteaga, Coah. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

AGROPECT star. 2002. Capitulo 5. Potasio.  
<http://www.agropectstar.com/portal/doctos/agronomia5.htm>

Barreira P. M. 1998. La Papa en México, un Cultivo con Potencialidad. Claridades Agropecuarias. # 57.

Benavides M. A. Colector. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Benavides M. A. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. UAAAN. México. pp. 220.

Burgeño, H. 2002. La fertigación, los elementos minerales de la fertilización y su relación suelo-planta.

Cabeza B. L. A. 2001. Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el Cultivo de Papa. Tesis de Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Cepeda S. y Gallegos M. 2003. La Papa: El Fruto de la Tierra. Primera Edición. Ed. Trillas. México.

Eugenio M. F. J. 2003. Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzoico en el Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

[http://www.kieserite.com/plants/index\\_es.cfm](http://www.kieserite.com/plants/index_es.cfm)

Gutiérrez – Coronado M. A. C. Trejo – López, and A. Larqué – Saavedra. 1998. Effects of Salicylic Acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiol. Biochem. 36: 563 – 565

Hennig, et al. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. Plant J. 4: 593 – 600.

Hidalgo L., W. Argüelles y C. Peniche. 1996. Rev. Protección Vegetal, 11(1), 33.

Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing. U.S.A. pp 16-17.

Laboratorios A & L de México S. A. de C. V. 2000. Guadalajara, Jalisco, México.  
<http://www.al-labs.com.mx>

Leszek S. Jankiewicz. 2003. Reguladores del Crecimiento, Desarrollo y Resistencia en Plantas. Universidad Autónoma de Chapingo. Ediciones Mundi – Prensa. México, D.F.

López Tejeda, R., V. Camacho Rodríguez y M.A. Gutiérrez Coronado. 1998. Aplicación de Ácido salicílico para Incrementar el Rendimiento Agronómico en tres Variedades de Trigo. Terra

Loya R. A H. 2003. Rentabilidad de un Fertilizante Líquido Aplicado al Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Gigant. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Montaldo. A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la Papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica.

Pérez G. F., Martínez – Laborde J. B. 1984. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial Mundi – Prensa. Madrid. España.

Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.

Reiners, S. 1995. Tomates necesitan nutrientes en las cantidades correctas. Revista productores de hortalizas. Año 4, No.1. Enero, 1995. P 10-13. México.

Rojas G. M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. Tercera Edición Departamento de Biología ITESM. Ed. Trillas. México.

SARH. 1983. El Cultivo de Tomate, Papa y otras Solanáceas en el Estado de Guanajuato. Ed. Instituto de Investigaciones Agrícolas. Circular CIAMEC. N°. 109 México.

SEP. 1987. Manual para la producción agropecuaria. Papas Editorial Trillas. México. D. F.

SEP. 1988. Manual para la producción agropecuaria. Suelos y Fertilizantes. Editorial Trillas. México .D. F.

Thamane, R. V. Et al. 1986. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. 4ª Edición. México.

Thedal Internacional. S. A. de C.V. 2000. Nutrición Vegetal

## VII. APENDICE 1

### Características agronómicas de la variedad “Gigant”

<b>Características agronómicas</b>	<b>Descripción</b>
Maduración	De semitemprana a semitardia.
Rendimiento	Muy alto.
Calidad culinaria	Bastante firme al cocer, tiende a decolorarse después de la cocción.
<b>Características morfológicas</b>	
Planta	Tallos: poco numerosos, de buen grosor, longitud media y de color rojo a morado pálido principalmente en las axilas. Hojas: de gran tamaño, rígidas de color verde claro; foliolos primarios bastante grandes y con nervaduras superficiales. Floración: muy escasa (flores blancas).
Tubérculos	De forma ovular, color externo e interno amarillo claro, de textura parcialmente áspera ojos bastante superficiales.
Brote	Al principio elipsoidal y mas tarde uniforme, de color morado, rojo morado y morado pálido, yema terminal grande y abierta, poco vellosa.