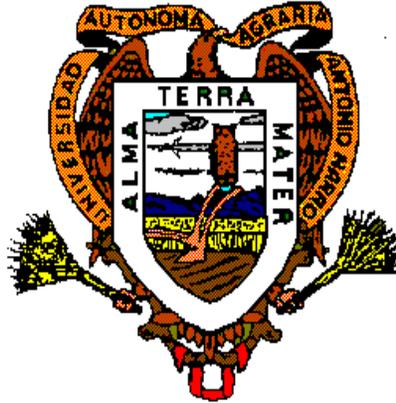


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**Nivel de nutrición v.s. incidencia del tizón temprano (*Alternaria solani*) (Ell. y G. Martin) de cultivares de papa en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.**

**POR:**

**SILVINO MARTÍNEZ RAMÍREZ**

**TESIS**

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

**Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo de 1998**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**NIVEL DE NUTRICIÓN V.S. INCIDENCIA DEL TIZÓN TEMPRANO  
(*Alternaria solani*) (ELL. Y G. MARTIN) DE CULTIVARES DE PAPA EN  
ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA, NUEVO LEÓN.**

**POR:**

**SILVINO MARTÍNEZ RAMÍREZ**

**TESIS**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO**

**APROBADO POR:**

-----  
**M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO  
P R E S I D E N T E**

-----  
**M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ  
S I N O D A L**

-----  
**M.C. JOSÉ G. GARZA LÓPEZ  
S I N O D A L**

-----  
**M.C. MARIA ELIZABETH GALINDO CEPEDA.  
S U P L E N T E**

-----  
**M.C. MARIANO FLORES DAVILA**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MAYO DE 1998.**

## **DEDICATORIA.**

A todas las personas que están en mi corazón, en especial a:

Mis Padres:

Sra. Catalina Ramírez Ginez. Quien ha sido mi más grande ejemplo de dedicación fortaleza y paciencia. Gracias Madre, a ti te debo lo que soy. Te quiero mucho.

Sr. Silvino Martínez Sánchez (+). Padre dedico este trabajo a tu memoria, tu que siempre mostraste a tus hijos honestidad, responsabilidad, integridad, dignidad y carácter, deseando siempre ver a tus hijos como profesionistas, siempre te querré y recordaré.

A mis hermanos:

Manuel. A quien dedico el presente trabajo con respeto y admiración.

Arcelia. Quien siempre me ha demostrado su apoyo con carácter y entusiasmo.

Areli. Quien siempre será para mi fuente de tranquilidad, dulzura, delicadeza e ingenio.

Y en particular a Brenda García S., por su gran apoyo, comprensión y aliento durante parte de mi carrera. Kikinda munani.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A **Dios Nuestro Señor** por permitirme terminar mis estudios profesionales.

A la M.C. Leticia Escobedo Bocardo por todo el apoyo brindado durante el desarrollo del presente trabajo.

Mi más profundo agradecimiento al M.C. Ricardo Requejo López, por su gran apoyo, amistad y acertada asesoría; así como el tiempo dedicado para las dudas que surgieron durante la realización del presente trabajo.

Al M.C. José Guadalupe Garza López por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo.

Al Ing. Lucio Leos Escobedo por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de el presente trabajo.

Al M.C. Sergio Amacende León, por su amistad, atenciones, sugerencias y apoyo para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Ma de la Paz García García y al Ing. Alejandro Hernandez Mayo, por la gran amistad que nos unió durante el desarrollo del presente trabajo trabajo.

A mis mejores amigos Ing. Joaquín Pliego M., Ing., J. Gilberto Vidal S., Ing. J. Angel Toledo J., Ing. Zuriel Sánchez S., Saul Montecinos S., Joaquín Rubio D., Pedro Almeralla O., Hugo A. Arízpe B., y Angel Leana L., por la gran amistad que siempre me han demostrado.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por brindarme la oportunidad de alcanzar una de mis más grandes metas.

A todos mis compañeros de la generación 84 de Parasitología 2<sup>a</sup> sección, con quienes compartí momentos alegres y a quienes les deseo lo mejor en su vida como profesionistas.

## **INDICE DE CONTENIDO.**

Dedicatoria.....	iii
.....	
Agradecimientos.....	iv
.....	
Indice de cuadros.....	viii
....	
Indice de figuras.....	ix
....	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
.....	
Hipotesis.....	2
.....	
Objetivos.....	3
.....	
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.- Aspectos generales de la papa.....	4
2.1.1. Origen geográfico y antecedentes del cultivo de la papa.....	4
2.1.2. Importancia del cultivo.....	4
2.1.3. Clasificación taxonómica de la papa.....	5
2.1.4. Descripción de la planta de papa.....	5
2.1.5. El Ciclo vegetativo.....	6
2.1.6. Requerimientos climáticos.....	6
2.1.7. Requerimientos de suelo.....	7
2.1.8. Fertilización.....	7
2.2. El tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ) (Ell. y G. Martín).....	8
2.2.1. Ubicación taxonómica.....	9
2.2.2. Etiología.....	9

...					
2.2.3.					10
Epidemiología.....					
2.2.4.					10
Síntomas.....					
...					
2.2.5.	Ciclo	de	la		11
enfermedad.....					
2.3.	Influencia de la nutrición mineral sobre los procesos				12
patológicos					
de				origen	
biótico.....					
2.3.1.	Alteraciones	del		metabolismo	12
mineral.....					
2.3.2.	Resistencia			morfológica	13
pasiva.....					
2.3.3.	Resistencia			morfológica	13
activa.....					
2.3.4.	Resistencia			química	13
pasiva.....					
2.3.5.	Resistencia			química	14
activa.....					
2.4.	Vías mediante las cuales los nutrientes minerales pueden influir				14
sobre la	resistencia-susceptibilidad	a	las		
enfermedades.....					
2.4.1.	Aumento	de	la		14
tolerancia.....					
2.4.2.	Aumento de la capacidad de escape o				15
evasión.....					
2.4.3.	Aumento de la			resistencia	15
fisiológica.....					
2.4.3.1	Alteración de la			situación	16
nutricional.....					
2.4.4.	Inhibición de la actividad de los				16
patógenos.....					
2.4.5.	Reducción de la virulencia del				17
patógeno.....					
2.4.5.1.	Influencia sobre la supervivencia de los				17
patógenos.....					
2.4.5.2.	Influencia sobre la germinación y				17
penetración.....					
2.4.5.3.	Supresión de la actividad enzimática de los				18
patógenos.....					
2.5.	Relación entre la nutrición vegetal y la incidencia de <i>Alternaria</i>				18
<u>solani</u> .....					
2.5.1.	Elementos minerales que de acuerdo a su concentración en				

la			
alguna	nutrición de la planta y sus funciones en particular muestran	18	
	relación entre la nutrición mineral y la incidencia a <u>Alternaria</u>		
	<u>solani</u> .....		
	2.5.1.1.	18	
	Nitrógeno.....		
	2.5.1.2.	20	
	Fósforo.....		
	2.5.1.3.	21	
	Potasio.....		
	2.5.1.4.	22	
	Calcio.....		
	2.5.1.5.	23	
	Magnesio.....		
	2.5.1.6.	23	
	Manganeso.....		
	2.5.1.7.	24	
	Cobre.....		
	2.5.1.8.	25	
	Zinc.....		
	2.5.1.9.	25	
	Fierro.....		
	2.6. Susceptibilidad del hospedero con su	26	
	envejecimiento.....		
	2.7. Manejo y control del tizón temprano en	26	
	campo.....		
III.	<b>MATERIALES</b>		Y 28
	<b>MÉTODOS</b> .....		
	3.1. Localización del área	28	
	experimental.....		
	3.2. Caracterización del área	28	
	experimental.....		
	3.2.1. Sierra de Arteaga,	28	
	Coahuila.....		
	3.2.1.1.	28	
	Clima.....		
	3.2.1.2.	29	
	Suelo.....		
	3.2.2. Galeana, Nuevo	29	
	León.....		
	3.2.2.1.	29	
	Clima.....		
	3.2.2.2.	29	
	Suelo.....		
	3.3. Establecimiento y manejo del	30	
	cultivo.....		

3.4.	Evaluación	de 30
parámetros.....		
3.4.1.		30
Severidad.....		
...		
3.4.2.	Análisis	30
foliar.....		
3.4.3.	Estimación de materia seca	y 32
rendimiento.....		
3.4.4.	Temperatura	32
ambiente.....		
IV.		35
RESULTADOS.....		
.....		
4.1.	Evaluación general del nivel de severidad de <u>Alternaria solani</u>	35
4.2.	Análisis de suelo de los 31 lotes de estudio	36
4.2.1.	Interpretación de los resultados de análisis de suelo	37
4.2.1.1.	Contenido de nitrógeno en los 31 lotes	37
4.2.1.2.	Contenido de fósforo aprovechable en los 31 lotes	37
4.2.1.3.	Contenido de potasio asimilable en los 31 lotes	38
4.2.1.4.	pH de los 31 lotes	38
4.2.1.5.	Por ciento de carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) de los 31 lotes	39
4.2.1.6.	Capacidad de intercambio catiónico de los 31 lotes	39
4.2.1.7.	Conductividad eléctrica (salinidad) de los 31 lotes	40
4.2.1.8.	Materia orgánica de los 31 lotes	40
4.3.	Concentración de elementos minerales en el tejido de la papa	41
4.4.	Absorción de elementos minerales en el tejido de papa	42
4.5.	Rendimiento y kilogramos de materia seca por hectárea de los 31 lotes	43
4.6.	Correlación	de 44
variables.....		
4.7.	Correlación de las trece variables, considerando los kg/ha-1 de nutrimento absorbido por lote de (N, F, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu)	45

v.s. severidad de <u>A. solani</u> v.s. rendimiento vs. materia seca en					
papa.....					
V.					46
DISCUSIÓN.....					
.....					
5.1.	Contenido	de	nitrógeno	en	el 46
follaje.....					
5.2.	Contenido	de	fósforo	en	el 47
follaje.....					
5.3.	Contenido	de	potasio	en	el 49
follaje.....					
5.4.	Contenido	de	calcio	en	el 51
follaje.....					
5.5.	Contenido	de	magnesio	en	el 52
follaje.....					
5.6.	Contenido	de	manganeso	en	el 54
follaje.....					
5.7.	Contenido	de	cobre	en	el 55
follaje.....					
5.8.	Contenido	de	zinc	en	el 57
follaje.....					
5.9.	Contenido	de	hierro	en	el 58
follaje.....					
5.10.	Contenido	de	sodio	en	el 59
follaje.....					
5.11.	Elementos minerales absorbidos en $\text{kg ha}^{-1}$ que muestran				
relación entre					60
ellos		y		materia	
seca.....					
VI.					62
CONCLUSIONES.....					
.....					
VII.					65
RESUMEN.....					
.....					
VIII.			LITERATURA		67
CITADA.....					
IX.					70
APÉNDICE.....					
.....					

## **INDICE DE CUADROS.**

<b>Cuadro 1.3.</b>	<b>Escala para evaluar el daño foliar por el Tizón tardío, de acuerdo al Centro Internacional de la Papa</b>	<b>33</b>
------------------------	--	-----------

	(CIP).....	
Cuadro 2.4	Resultados del análisis de suelos de los 31 lotes de estudio. UAAAN, 1997.....	36
	.....	
Cuadro 3.4	Nitrógeno.....	37
	.....	
Cuadro 4.4	Fósforo.....	37
	.....	
Cuadro 5.4	Potasio.....	38
	.....	
Cuadro 6.4	pH.....	38
	.....	
Cuadro 7.4	Por ciento de carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ).....	39
Cuadro 8.4	Capacidad de intercambio catiónico.....	39
Cuadro 9.4	Conductividad eléctrica.....	40
Cuadro 10.4	Materia orgánica.....	40
	....	
Cuadro 11.4	Concentración de los nutrientes en el follaje de papa de los 60 a 65 días después de la siembra en los 31 lotes de producción. UAAAN, 1997.....	41
Cuadro 12.4	Absorción en Kg ha <sup>-1</sup> por cada elemento en los lotes de estudio. UAAAN, 1997.....	42
	.....	
Cuadro 13.4	Rendimiento y kilogramos por hectárea en los 31 lotes de estudio. UAAAN, 1997.....	43
	....	
Cuadro 14.4	Coefficiente de correlación y significancia entre kg ha <sup>-1</sup> de nutrimento total absorbido v.s. severidad de <u>A. solani</u> en papa. UAAAN, 1997.....	44
Cuadro 15.4	Coefficiente de correlación y significancia entre rendimiento y kg ha <sup>-1</sup> de materia seca.....	44
	....	
Cuadro 16.4	Coefficiente de correlación y significancia entre rendimiento severidad de <u>A. solani</u> .....	44
	.....	
Cuadro 17.4	Coefficiente de correlación y significancia de las trece variables, considerando los Kg ha <sup>-1</sup> de nutrimento absorbido	

por lote de (N, P, K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu) v.s. severidad de <u>A. solani</u> v.s. rendimiento v.s. materia seca en papa. UAAAN, 1997.....	45
--	----

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.3	Croquis de los 31 lotes de estudio en Arteaga, Coah. y Galeana N.L. UAAAN, 1997.....	34
Figura 2.4	Lectura de severidad del tizón temprano ( <u>A. solani</u> ) en los 31 lotes de estudio en el cultivo de la papa. UAAAN, 1997.....	35
Figura 3.5	Por ciento de concentración de Nitrógeno en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	47
Figura 4.5	Por ciento de concentración de Fósforo en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	49
Figura 5.5	Por ciento de concentración de Potasio en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	51
Figura 6.5	Por ciento de concentración de Calcio en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	52
Figura 7.5	Por ciento de concentración de Magnesio en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	53
Figura 8.5	ppm de concentración de Manganeso en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	55
Figura 9.5.	ppm de concentración de Cobre en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	56
Figura 10.5	ppm de concentración de Zinc en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....	57
Figura 11.5	ppm de concentración de Fierro en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN,	59

<b>Figura</b>	<b>1997.....</b>	
<b>12.5</b>	<b>Por ciento de concentración de Sodio en los 31 lotes paperos de la sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.....</b>	<b>60</b>

## VII. RESUMEN.

Con el propósito de establecer una relación entre la nutrición de cultivares de papa, y la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani* Ell. y G. Martin), se estableció el presente estudio en 31 lotes de producción intensiva ubicados en la zona papera de los estados de Coahuila (Arteaga) y Nuevo León (Galeana), donde el tizón temprano representa un significativo riesgo. Se realizaron análisis de suelos; para verificar el nivel de fertilidad de cada suelo de los diferentes lotes de producción, encontrándose en su mayoría suelos aptos para el cultivo de la papa y para cultivos de rotación. Se tomaron lecturas del por ciento de severidad de tizón temprano al mismo tiempo que se tomaban muestras para un análisis de tejido vegetal a mitad de la estación de crecimiento (50-60 días después de la siembra) para determinar la concentración de nutrimentos minerales. Las concentraciones en todos los lotes fueron diferentes, manteniéndose cada elemento dentro de los rangos adecuados de concentración, salvo algunos elementos como el sodio, manganeso, zinc y cobre que se elevaron en su concentración. En el primero no se reportan niveles tóxicos a las concentraciones

encontradas y en los tres últimos su alta concentración se debió a la presencia de residuos de fungicidas que contienen en su molécula de acción estos elementos o se encuentran en combinación; las correlaciones entre la concentración de elementos absorbidos de acuerdo al peso de materia seca de cada lote con la severidad de A. solani fueron no significativas, al igual que las correlaciones del rendimiento con severidad de A. solani y con materia seca de cada lote, con esto se puede decir que la nutrición de todos los lotes de estudio fue buena para proporcionar un escape de la planta al tizón temprano causado por A. solani, teniendo muy buenas concentraciones de elementos que favorecen la tolerancia a una enfermedad de plantas viejas como A. solani, encontrando al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso, zinc y cobre, en una concentración adecuada a mitad de la estación de crecimiento, etapa donde las plantas de papa se muestran más susceptibles a A. solani. La temperatura ambiental influyó sobre el desarrollo de A. solani ya que las temperaturas medias máximas mensuales se presentaron entre 19° y 28° C. Las correlaciones en otro análisis estadístico de los nutrientes manganeso, magnesio, potasio, calcio, sodio, fósforo y nitrógeno absorbidos en  $\text{kg ha}^{-1}$  v.s. materia seca mostraron significancia estadística al nivel 0.05 y 0.01 lo que indicó que estas asociaciones adquieren relevancia importante en la resistencia que ofrecen las diferentes variedades de papa al ataque de A. solani en la zona de estudio.

## I. INTRODUCCIÓN.

El tubérculo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) esta reconocido entre los cinco alimentos más importantes en los que la población mundial basa su supervivencia. En México la papa está considerada como un cultivo con potencial, gran capacidad de reproducción en tiempo y por unidad de superficie.

Tan solo en México entre los cultivos que se sembraron en 1997 ocupó una superficie cosechada de 62,686 hectáreas con una producción de 1,282,365 toneladas, con un rendimiento promedio de 20.457 toneladas por hectárea y valuadas en 3,111,559 008 de pesos (INEGI-CONAL, 1997).

Particularmente en las regiones comprendidas entre los estados de Coahuila y Nuevo León, la superficie cosechada en 1997 fue de 5,790 hectáreas con una producción de 184,081 toneladas, con un rendimiento promedio de 31.574 toneladas por hectárea, las cuales se valoraron en 459,188,913 de pesos (INEGI-CONAL, 1997).

El tizón temprano de la papa (*Solanum tuberosum* L.) causado por *Alternaria solani* es un riesgo significativo para la productividad del cultivo en el

campo y la calidad del tubérculo en almacenaje. Esta enfermedad es de particular importancia en el sureste de Coahuila y centro-oeste de Nuevo León, por lo que la incidencia y severidad del tizón temprano puede restringir los rendimientos de papa de un 20 a 30% donde las papas crecen bajo sistemas de riego por aspersión, creando condiciones óptimas para su desarrollo, así el tizón temprano (***Alternaria solani***) junto con el tizón tardío (***Phytophthora infestans***), son consideradas enfermedades de importancia mundial en el cultivo de la papa, los costos de control dentro de las aplicaciones periódicas de fungicidas en esta región frecuentemente exceden el 10% del costo total de producción.

Es un hecho que el crecimiento y el rendimiento de las plantas dependen de la disponibilidad del agua y de una buena nutrición para su desarrollo y mantenimiento. Así mismo la mayoría de las enfermedades aparecen y muestran un mayor grado de avance durante los días cálidos-húmedos o cuando las plantas que han sido fertilizadas en gran escala con nitrógeno, se ven mucho más atacadas por algunos patógenos que las que han sido menos fertilizadas, con esto la nutrición de los cultivos es uno de los factores que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades y el resultado de su influencia sobre el desarrollo y la susceptibilidad del hospedero, sobre la propagación y actividad del patógeno (Agrios, 1996).

La nutrición mineral abarca numerosos aspectos tanto de carácter básico como aplicado, en donde el objetivo final es conseguir contenidos óptimos y equilibrados que conduzcan a una mejor producción, tanto cuantitativa como cualitativa. Evidentemente hay otros factores que independientemente o no de los nutrientes van a afectar la producción, como por ejemplo estrés hídrico, una plaga

o una enfermedad. Un aspecto fundamental es conocer porqué y para qué sirve cada elemento, esto es, cuales son sus funciones. Raro será encontrar un proceso fisiológico en que no se requiera uno o varios elementos minerales. Las funciones son muy diversas y en muchos casos selectivas de forma que solo un elemento, con unas características físico-químicas propias pueda desempeñarlas (Alcántara, 1995).

Por lo tanto, en base a lo anterior se establece la siguiente hipótesis:

La concentración de algunos elementos minerales en el tejido foliar de la planta de papa de acuerdo con la etapa intermedia de desarrollo (50-60 días después de la siembra) afecta la incidencia y severidad de la enfermedad causada por el tizón temprano (*Alternaria solani*).

### **Objetivos:**

Primer objetivo:

Analizar la relación existente entre nutrimento, materia seca, rendimiento y severidad del tizón temprano (*Alternaria solani*) en cultivares de papa de lotes de producción intensiva.

Segundo objetivo:

Asociar a grandes rasgos el estado de fertilidad del suelo con el nivel nutricional de plantas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Aspectos generales de la papa.**

### **2.1.1. Origen geográfico y antecedentes del cultivo de la papa.**

Se considera a la papa originaria de América del Sur (Perú, Ecuador y Bolivia) (Vavilov, 1951) citado por Valadez 1996. En Perú ya la cultivaban los incas desde hace 2000 años, y los españoles la llevaron a Europa en el año de 1537. En Irlanda, en el lapso de 1600 a 1845, se constituyó la principal fuente de alimento, trayéndola los Irlandeses a América en el año de 1719; Valadez, (1996).

### **2.1.2. Importancia del cultivo.**

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los alimentos más importantes de América, siendo clasificada en cuarto lugar en importancia, por su elevada obtención de proteínas por superficie (Valadez, 1996).

El cultivo de la papa en el sureste de Coahuila y centro-oeste de Nuevo León esta altamente tecnificado en algunos aspectos como insumos utilizados y operaciones de labranza practicados, sin embargo los rendimientos promedio que se obtienen son de alrededor de 31.574 ton/ha, los cuales se consideran bajos de acuerdo a la potencialidad del cultivo.

La importancia económica y social del cultivo de papa en la región, en general es obvia; produce grandes volúmenes de alimento de calidad para el pueblo, da empleo a miles de personas y genera una gran derrama económica que beneficia directa o indirectamente un amplio sector de la población.

El cultivo posee relevante importancia a nivel mundial, nacional y regional por su valor nutritivo. A nivel mundial es superado únicamente por el trigo, arroz y maíz; destinándose a su cultivo 22 millones de hectáreas con una producción total

de 293 millones de toneladas, por lo que como alimento para el hombre es de gran apreciación, tanto que, países desarrollados como Inglaterra, Holanda, Alemania y Suecia la utilizan como alimento básico (Maldonado, 1982).

### 2.1.3. Clasificación taxonómica de la papa.

Reino .....Vegetal  
Subreino.....Embryophyta.  
División.....Spermatophyta  
Tipo.....Angiospermae  
Clase.....Dicotyledoneae  
Subclase.....Gamopétala  
Orden.....Tubiflora  
Familia.....Solanaceae  
Género.....Solanum  
Especie.....tuberosum

(Díaz, 1989).

### 2.1.4. Descripción de la planta de papa.

La papa es una planta C3, de la familia de las Solanáceas, es dicotiledónea, suculenta, de tipo herbácea arbustiva, su propagación es vegetativa; anual en su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos modificados).

La papa desarrolla raíces adventicias largas, finas y numerosas, las cuales no tienen capacidad de reproducir tubérculos. Cuando la papa termina su ciclo

vegetativo las raíces se descomponen con rapidez en el suelo. Los estolones que posee esta planta son estructuras más gruesas que las raíces, las cuales se ensanchan y forman tubérculos que constituyen la parte comestible de la planta. Los estolones son tallos modificados, subterráneos y laterales que se originan bajo el nivel del suelo. El tubérculo de la papa es un órgano ovoide o cilíndrico con epidermis (piel) blanca, amarilla, rosa o violeta, que se desarrolla en las extremidades de los estolones. Su peso es muy variable dependiendo de la variedad y edad en que se cosecha y tamaño. El tallo es aéreo, liso o pubescente, de 30 a 120 cm de longitud. Es anguloso, ramoso y hueco, de color verde o púrpura verdoso dependiendo de la variedad, el brote es originalmente erecto, siendo después ligeramente inclinado. Posee entrenudos y el número de estos depende de la variedad, (Hooker, 1980). Las hojas son compuestas, formadas por folíolos largos de forma ovoide. Las flores son perfectas, de color blanco púrpura o veteadas de acuerdo al cultivar, (Valadez, 1996). El fruto de la papa es una baya carnosa, redonda u ovoide, de 1.25 a 2.5 cm de diámetro de color verde en estado inmaduro y amarillo a púrpura oscuro en estado de madurez; presenta un eje de placentación bicarpelar con aproximadamente de 100 a 300 semillas, las cuales son pequeñas y aplanadas (Báez, 1983).

#### **2.1.5. El Ciclo vegetativo.**

El crecimiento y desarrollo de la papa depende principalmente de factores genéticos y de condiciones ambientales. El ciclo vegetativo varía de más o menos 90 días para las variedades tempranas y de más o menos 120 días para las variedades tardías.

### **2.1.6. Requerimientos climáticos.**

Durante su crecimiento el cultivo de la papa requiere de una variación de temperatura ambiental. Después de la siembra, la temperatura debe subir hasta 20° C para que la planta desarrolle adecuadamente; después, necesita una temperatura más alta para un buen crecimiento del follaje; aunque no debe pasar los 30° C. Durante el desarrollo de los tubérculos es importante que la temperatura se encuentre entre 16° C 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).

La formación de sustancias de tuberización por hojas y tallos depende de la variedad, de la temperatura y de la duración de la luz (fotoperíodo). En días cortos se produce más sustancias de tuberización que en días largos, lo cual aumenta el crecimiento vegetativo de la planta (Edmon, 1981).

La planta de papa necesita una continua provisión de agua durante la etapa de crecimiento. La cantidad total de agua para el cultivo es de aproximadamente 500 mm. Durante la primera etapa de su desarrollo, y hasta la cosecha, el consumo de agua es alto. La falta de agua disminuye la producción y deforma el tubérculo. Una precipitación pluvial muy elevada y una humedad relativamente alta, provoca el rápido desarrollo de enfermedades (SEP, 1982).

### **2.1.7. Requerimientos de suelo.**

El cultivo de la papa se adapta a terrenos diversos, con preferencia a los de textura mediana, los migajones y suelos orgánicos son ideales; en suelos

minerales la adición de materia orgánica descompuesta es generalmente recomendable (SARH, 1994).

Según Valadez (1996) la papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos, con buen contenido de materia orgánica y óptimo drenaje. En lo referente al pH la papa está clasificada como altamente tolerante a la acidez, teniendo valores de pH=6.5-5.0. Así mismo este autor la considera como una hortaliza tolerante a la salinidad, la cual se desarrolla en suelos con una salinidad de 4 a 10 ds m<sup>-1</sup>.

#### **2.1.8. Fertilización.**

Los elementos que en más grandes cantidades requiere la planta de papa para su desarrollo y producción de tubérculos son N, P y K. La concentración de éstos en materia seca varía con el tiempo y la variedad (Báez, 1983).

Los elementos que la papa requiere en cantidades moderadas son Ca, Mg y S. Los micronutrientes son los que en menor grado requiere la planta para su desarrollo normal. Generalmente el fertilizante es aplicado a un lado o abajo de la semilla siendo más usado el fertilizante aplicado debajo del tubérculo (Báez, 1983).

### **2.2. El tizón temprano (*Alternaria solani*) (Ell. y G. Martín).**

El agente patógeno fue descrito por primera vez por Ellis y Martín, 1882, que lo aislaron sobre hojas de papa recogidas en Nueva Jersey. La investigación más notable sobre la identificación de esta enfermedad fue realizada por Jones,

en Vermont, hacia los años 1891 y 1903. La podredumbre del tubérculo pasó inadvertida hasta 1925, en que fue descrita por Folsom y Bonde (Walker, 1965).

Según Cepeda, (1984) y Romero, (1988), el genero *Alternaria* fue descrito por Nees en 1917 con *A. tenuis* como tipo. Sin embargo, el concepto actual del genero quedo establecido hasta 1933 por Wilshire. Actualmente ataca alrededor de 85 especies de plantas cultivadas.

El tizón temprano es una de las enfermedades más comunes de muchos tipos de plantas en todo el mundo. Afecta principalmente a las hojas, tallos, flores y frutos de plantas anuales, en particular de hortalizas y plantas de ornato. Por lo común, las enfermedades causadas por *Alternaria spp* aparecen en forma de manchas y tizones foliares, pero pueden ocasionar también el ahogamiento de plántulas, pudriciones del cuello, así como pudriciones en frutos y tubérculos. (Agrios, 1996).

El tizón temprano causado por *Alternaria solani* (Ellis y Martín), es una de las enfermedades fungosas de la papa, especialmente bajo condiciones de alta temperatura y humedad. En algunos países la enfermedad es severa pero usualmente no llega a proporciones epizooticas y es generalmente considerada como la enfermedad de tejidos senescentes. Sin embargo severas infecciones tempranas ocurren normalmente en países tales como Brasil, Uruguay, Islas del Caribe, India, y otros. En muchos casos el tizón temprano afecta al follaje de la papa pero en ocasiones, como en Colorado (U.S.A.), la infección de tubérculos también puede inducir severas bajas (CIP, 1989).

### **2.2.1. Ubicación taxonómica.**

Alexopoulos (1982), ubica al género causante del tizón temprano de la papa dentro de la siguiente clasificación.

**Reino..... Fungi**  
**División..... Mycota**  
**Subdivisión..... Eumycotina**  
**Clase..... Deuteromycetes**  
**Orden..... Moniliales**  
**Familia..... Dematiaceae**  
**Género..... Alternaria**  
**Especie..... solani**

### **2.2.2. Etiología.**

Mendoza (1991) indica que los conidióforos crecen aislados o en grupos pequeños, son rectos o flexuosos, septados y cafesuscos. Así mismo, Mendoza y Pinto (1983) mencionan que los conidioforos son de color oscuro, simples, cortos o alargados; los conidios son de color oscuro, muriformes o clavados, elípticos a ovoides , presentando en el ápice un apéndice filiforme simple o ramificado.

Walker (1965) menciona que los conidios miden de 12 a 20 micras por 120 a 296 micras, son picudos, muriformes, insertos aisladamente o en cadenas de dos.

Cepeda (1984) menciona que el micelio es de color pardo, los conidioforos son septados, de 50-90 micras de largo por 8-9 micras de ancho. Las esporas están en cadena, en forma de mazo muy alargado, pues su vértice se va

adelgazando en un delgado filamento tabicado, de tamaño por lo menos igual al resto de la espora, que es de color pardo, con 5 a 10 tabiques transversales y pocos longitudinales, mide de 90-317 micras de largo por 15-18 micras de ancho.

### **2.2.3. Epidemiología.**

Walker (1965) menciona que los conidios germinan en una a dos horas, a temperaturas entre 6° y 34° C y en 35 a 45 minutos a temperatura óptima de 28° a 30° C. Las temperaturas límites para el crecimiento del hongo en cultivo puro son de 1° a 2° C de mínima, un óptimo de 26° a 28° C y un máximo de 37° a 45° C

Mendoza y Pinto (1983) mencionan que las infecciones primarias ocurren más probablemente si la temperatura del aire es de 24° C.

Las condiciones que requiere ***A. solani*** para su desarrollo, es una temperatura óptima de 28° a 30° C en donde los conidios germinan en 35 a 45 minutos. El hongo penetra a los tejidos de las hojas y del tallo directamente a través de la epidermis. En condiciones favorables de temperatura y humedad las manchas son visibles al cabo de dos o tres días y pueden aparecer esporas dentro de los tres a cuatro días siguientes. Los rocíos fuertes, unidos a frecuentes lluvias son esenciales para la esporulación abundante. Si bien se desconoce gran parte de la epidemiología de esta enfermedad, se sabe que uno de los factores más importantes es la predisposición de las plantas hospederas, provocada por las condiciones de clima o suelo, que tienen en un momento la capacidad de reducir su vigor fisiológico, por lo contrario la elevada fertilidad de un suelo tiende a reducir la gravedad de los daños (Cepeda, 1984).

#### **2.2.4. Síntomas.**

***Alternaria solani*** causa dos tipos de enfermedades en plantas, tizón temprano y pudrición de cuello. El tizón temprano actúa en la planta como defoliador y contribuye a una mayor pérdida económica en los cultivos. (Maiero et al, 1991).

Walker (1965) señala que la enfermedad aparece inicialmente en forma de mancha sobre los folíolos de tomate y papa. Su coloración va de pardo a negro y en los tejidos necróticos parecen anillos concéntricos en forma característica. Las manchas son de forma oval o angular, alcanzando sobre los folíolos un diámetro medio de 3 a 4 mm. Generalmente aparece una zona clorótica estrecha alrededor de la mancha, de bordes no bien definidos en su transición al color verde normal de los tejidos sanos. Sobre los tubérculos de la papa las lesiones superficiales son de coloración algo más oscura que la de la piel sana, son ligeramente deprimidas, de forma circular o irregular y tamaño variable, hasta 2 cm de diámetro.

#### **2.2.5. Ciclo de la enfermedad.**

Agrios (1996) indica que las especies fitopatógenas de ***Alternaria*** invernan como micelio en los restos de plantas infectadas y en forma de esporas o micelios en las semillas, y al caer las primeras lluvias de primavera vuelve a su estado patógeno.

El micelio conserva su vitalidad en las hojas secas infectadas durante un año o algo más permaneciendo viables los conidios durante 17 meses a la temperatura ambiente. La liberación puede tener efecto sobre restos de plantas infectadas, semilla de tubérculos de patata. En condiciones favorables de

temperatura y humedad, las manchas son visibles al cabo de dos a tres días, y pueden aparecer esporas dentro de los tres a cuatro días siguientes. La producción de esporas se inicia, por lo general, cuando las manchas foliares tienen un diámetro aproximado de 3 mm. Los rocíos fuertes, unidos a frecuentes lluvias, son esenciales para una esporulación abundante. Los conidios se desprenden con facilidad, y son diseminados principalmente por el viento, el escarabajo de la patata y otros coleópteros facilitan la infección al ocasionar heridas, ya que, posiblemente, pueden transportar esporas adheridas a su cuerpo (Walker, 1965).

### **2.3. Influencia de la nutrición mineral sobre los procesos patológicos de origen biótico.**

#### **2.3.1. Alteraciones del metabolismo mineral.**

La existencia de algunos procesos patológicos determina la alteración de la permeabilidad celular frente a ciertas soluciones salinas, lo que conlleva a incremento o disminución de la concentración de ciertos macroelementos en el interior de las células del hospedante con el consiguiente perjuicio que esto acarrea para el metabolismo normal de la planta. Así sucede tras el ataque de **Agrobacterium tumefaciens** que induce un aumento importante del contenido en fósforo y potasio, mientras que el calcio se mantiene constante. Contrariamente sucede al ser atacadas las plantas por **Synchytrium endobioticum**. Una situación análoga se presenta en las fanerógamas parásitas en las que las concentraciones

de fósforo y potasio en sus células es mayor que en las células del hospedero, mientras que la del calcio es menor (Ortega, 1995).

Huber (1980) indica que el manejo de nutrientes para la resistencia a las enfermedades se debe basar en:

- 1.- Cada enfermedad y situación ambiental debe ser considerada individualmente.
- 2.- Plantas con deficiencias severas de nutrientes quizá sean más vulnerables a la enfermedad que las que tienen nutrición óptima.
- 3.- La disponibilidad de nutrientes es tan importante como la cantidad de nutrientes.
- 4.- El daño o predisposición impuesta por deficiencias tempranas o desbalances quizá sea liberado por aplicaciones posteriores.
- 5.- El balance nutricional es frecuentemente tan importante como la presencia o ausencia de un simple nutriente.
- 6.- La forma de nutrientes tomados por las plantas influyen la incidencia y severidad de la enfermedad y proporciona una oportunidad para reducir la severidad de las enfermedades seleccionando las formas adecuadas.
- 7.- La inducción de un estrés nutricional por causa de un patógeno pudiera ser parcialmente compensada si aumentamos el nivel de disponibilidad de nutrientes a la planta.
- 8.- Fertilizando quizá no incrementa la resistencia actual de la planta tanto como estimular el crecimiento del cultivo por lo que no se puede asumir que una planta bien nutrida es resistente a una enfermedad puesto que el nivel nutricional no indica las condiciones de otros factores esenciales para el desarrollo de cierta enfermedad.

9.- Los elementos minerales tienen efectos similares sobre el vigor de la planta, quizá tengan efectos opuestos por las diferentes reacciones fisiológicas asociadas a la resistencia.

### **2.3.2. Resistencia morfológica pasiva.**

Se refiere a todas aquellas características morfo-estructurales de las plantas que dificultan la penetración del patógeno en el interior del tejido. Entre ellas se pueden destacar, la modificación de los caracteres anatómicos o funcionales de los estomas, cutícula, paredes celulares gruesas, elementos epidérmicos como presencia de pelos, capas de cera, etc. (Ortega, 1995).

### **2.3.3. Resistencia morfológica activa.**

Se presenta como respuesta al ataque del patógeno como sucede con la suberificación que usualmente está relacionada con procesos de cicatrización, un ejemplo representativo es la “Melanosis de los cítricos” causada por *Diaporthe citri* o la callosidad inducida tras el ataque de patógenos no específicos (Ortega, 1995).

### **2.3.4. Resistencia química pasiva.**

Los ejemplo más característicos se pueden referir al pH del contenido celular. Así *Botrytis cinerea* se ve limitado en su crecimiento por la presencia de ciertos ácidos como el ácido tartárico, lo que explica que este hongo se desarrolle preferentemente sobre frutos maduros. Contrariamente sucede con *Monilinia fructicola* que es más agresivo sobre los frutos inmaduros (Ortega, 1995).

### **2.3.5. Resistencia química activa.**

Se refiere a las características de la planta hospedadora, considerándose aquellas medidas encaminadas a favorecer su desarrollo y vigor ya que éstas reducirían de forma simultánea la agresividad de los organismos patógenos. Entre las medidas más usuales se pueden citar la mejora de las condiciones nutricionales de la planta ya que de todos es bien conocido la existencia de las enfermedades que se presentan con una mayor incidencia en relación con el contenido celular en hidratos de carbono y de la succulencia de los tejidos la cual depende del contenido en nitrógeno. Algunos macroelementos también influyen de forma considerable en la susceptibilidad-resistencia. Así si aumentan las concentraciones de N mientras que el P y el K permanecen constantes aumenta la susceptibilidad. Contrariamente aumenta la resistencia al hacerlo los niveles de K junto a concentraciones normales de N y P. El Ca también juega un papel decisivo tanto por su influencia sobre el pH o directamente al favorecer el robustecimiento de las paredes celulares (Ortega, 1995).

### **2.4. Vías mediante las cuales los nutrientes minerales pueden influir sobre la resistencia-susceptibilidad a las enfermedades.**

Son varios los mecanismos de acción mediante los cuales los nutrientes minerales pueden influir sobre la resistencia-susceptibilidad a las enfermedades.

#### **2.4.1. Aumento de la tolerancia.**

La aplicación de ciertos elementos al medio favorece el desarrollo de las plantas o de algunos de sus órganos, dificultando de este modo el avance del patógeno en el interior de sus tejidos. Así niveles adecuados de la mayoría de los macronutrientes sobre todo de nitrógeno y fósforo favorece el desarrollo de nuevas raíces lo que compensa el efecto deletéreo de los patógenos sobre las mismas así como el de una situación nutricional deficitaria. Es el caso de algunos procesos patológicos de raíces causados por ***Phythium*** y ***Phoma*** en los que al suministrar al suelo de forma simultánea los referidos nutrientes la incidencia de la enfermedad remitiría (Ortega, 1995).

#### **2.4.2. Aumento de la capacidad de escape o evasión.**

Se ha podido comprobar que los nutrientes minerales pueden favorecer o limitar los procesos de defensa al aumentar la capacidad de evasión de las plantas ante la presencia del patógeno. Entre los mecanismos más usuales este autor destaca: **a)** el acortamiento del período vegetativo por la aplicación de fósforo reduce las posibilidades de infección por parte de royas y de otras enfermedades foliares; **b)** el nitrógeno, al alargar el período de senescencia, prolonga de igual modo el período de infección por parte de ***Phytophthora infestans***, contrariamente la fertilización con nitrato amónico, al prolongar el período de crecimiento de la planta reduce las posibilidades de infección por parte de ***Verticillium albo-atrum***; **c)** el aumento del grosor de la cutícula, paredes celulares y proporción de tejidos esclerenquimáticos sobre los clorenquimáticos...

etc. Así la fertilización con fósforo y potasio reduce el ataque de **Puccinia graminis** al favorecer el desarrollo de esclerénquimas (Ortega, 1995).

### **2.4.3. Aumento de la resistencia fisiológica.**

Es uno de los aspectos más destacados ya que la situación nutricional de las plantas está estrechamente relacionado con su estado sanitario, puesto que influye directamente sobre la nutrición de los patógenos y la síntesis de sustancias con acción defensiva.

La producción de barreras mecánicas y de compuestos inhibidores, o la continua disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de un parásito requiere energía y de esqueletos químicos de diferentes rutas metabólicas que son mediados o influenciados por los nutrientes minerales (Huber, 1980).

#### **2.4.3.1 Alteración de la situación nutricional.**

La patogenésis se atenúa si se reducen en las células del huésped las sustancias nutritivas que son requeridas por el organismo invasor, por tanto la resistencia natural se presenta cuando se limitan las disponibilidades de ciertos elementos necesarios para los patógenos. Así la deficiencia en fósforo reduce la susceptibilidad frente a ciertos virus, ya que este elemento es esencial para su replicación. Por otra parte deficiencias de nitrógeno en plantas de semillero como el maíz determina un escaso crecimiento de **Xanthomonas stewartii** en los vasos conductores, dado su carácter nitrógeno dependiente. Contrariamente altas concentraciones de potasio reduce la severidad del ataque de diversos patógenos como lo demuestra el hecho de haberse detectado mayores niveles de este

elemento en los tejidos de plantas resistentes a ***Peridium*** (roya de los pinos) que en los de las susceptibles (Ortega, 1995).

#### **2.4.4. Inhibición de la actividad de los patógenos.**

Guarda una estrecha relación con el acumulo de aminoácidos, fitoalexinas, fenoles y auxinas en lugares próximos a las zonas infectadas, situación que está relacionada con el nivel de determinados nutrientes.

Así el potasio induce el acumulo de algunos aminoácidos con acción fungistática frente a ***Phytophthora infestans*** como la arginina en las hojas de papa. Un alto nivel de nitratos reduce la concentración de fenoles por represión de las fenolsintetasas lo que determina situaciones de mayor susceptibilidad (Ortega, 1995).

#### **2.4.5. Reducción de la virulencia del patógeno.**

La nutrición mineral puede influir de forma decisiva sobre la agresividad de los patógenos al actuar sobre su supervivencia, la germinación esporal, capacidad de penetración, etc. (Ortega, 1995).

##### **2.4.5.1. Influencia sobre la supervivencia de los patógenos.**

La aplicación de fertilizantes al suelo pueden modificar las propiedades físicas de éste y las disponibilidades de nutrientes así como las características

biológicas del medio, lo que puede determinar cambios sustanciales en las poblaciones de organismos patógenos.

Así la aplicación de cal favorece el desarrollo de *Cephalosporium*. Los compuestos amoniacales favorecen la formación de clamidosporas y la capacidad de inoculación de *Fusarium solani* fs. *phaseoli*, mientras que los nitratos favorecen el desarrollo de esclerocios de *Curvalaria pallescens*, el Manganeso, Boro y Zinc reducen la capacidad saprofítica de *Fusarium udum* (Ortega, 1995).

#### **2.4.5.2. Influencia sobre la germinación y penetración.**

Dado que se trata de dos procesos que tienen lugar fuera de las células del hospedero, se verán fuertemente influenciadas por los factores ambientales. El nitrógeno, sobre todo bajo la forma amoniacal, favorece la germinación, penetración y patogénesis de *Fusarium solani* f. *phaseoli*. El zinc favorece la formación de aprehensorios en *Puccinia coronata* (Ortega, 1995).

De igual forma la composición de los exudados que segregan las plantas, sobre lo que influye la fertilización del suelo, juega un papel decisivo en el posible control de un determinado proceso infeccioso. Con esto se afirma que exudados ricos en arginina inhiben la germinación de los esporangios de *Phytophthora infestans*, secreción que aumenta al hacerlo la concentración de potasio. Si las concentraciones de hidratos de carbono y aminoácidos es elevada en los exudados foliares, aumenta claramente la patogenicidad de *Botrytis fabae* (Ortega, 1995).

#### **2.4.5.3. Supresión de la actividad enzimática de los patógenos.**

El papel patogénico de numerosos organismos se basa en la actuación de enzimas extracelulares cuya actividad puede verse influenciada por ciertos elementos minerales. Así el magnesio y manganeso inhiben la actividad peptidasa de royas y mildius. El calcio suprime el papel destructivo de las enzimas pectinolíticas. Los nitratos inhiben la actividad pectinolítica y/o celulolítica de algunos hongos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, etc. Acciones similares se han podido demostrar en el caso del hierro y zinc (Ortega, 1995).

## **2.5. Relación entre la nutrición vegetal y la incidencia de *Alternaria solani*.**

De acuerdo con Huber, (1980) en concentración adecuada en el tejido de las plantas hospederas de los elementos minerales de P, K y Mg, la incidencia de *Alternaria solani* disminuye y la actuación de acuerdo a la concentración de N y Ca en el tejido va a depender del huésped y de las condiciones ambientales.

**2.5.1. Elementos minerales que de acuerdo a su concentración en la nutrición de la planta y sus funciones en particular muestran alguna relación entre la nutrición mineral y la incidencia a *Alternaria solani*.**

### **2.5.1.1. Nitrógeno.**

El nitrógeno es de extraordinaria importancia en las plantas porque es un constituyente de proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras sustancias importantes. No parece poseer, sin embargo, ninguna función específica catalítica

o electroquímica aparte del hecho de estar estructuralmente implicado en la mayoría de las moléculas catalíticas, (Bidwell, 1993).

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición no sólo debido a su elevado requerimiento por las plantas sino porque está casi completamente ausente de la roca madre de la cual se forman los suelos. La presencia de nitrógeno en el suelo es casi totalmente el resultado de la acción biológica, abono artificial o fertilización natural (resultante de las descargas eléctricas atmosféricas), (Bidwell, 1993).

Algunos de los aspectos de importancia en una concentración suficiente de nitrógeno en la planta se manifiesta por una mayor cantidad de clorofila en las células de las hojas, una mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, un color verde intenso de la masa foliar, una mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad, promueve un crecimiento vigoroso de la planta, retarda la madurez y es esencial para la producción de aminoácidos, proteínas, hormonas de crecimiento, nuevo protoplasma, fitoalexinas y fenoles.

Debe de ser considerado como un elemento transcendental en relación con la susceptibilidad, tolerancia o resistencia de las plantas a las enfermedades, ya que según la aplicación de nitrógeno provoca el lento proceso de senescencia celular, por lo que se postpone la pudrición de los tallos u otros organismos de la planta, situaciones que conllevan en el primero de los casos el establecimiento y un mejor desarrollo de aquellos patógenos que prefieren tejidos suculentos, mientras que contrariamente en el segundo se limitaran los procesos infecciosos inducidos por organismos necrotróficos, parásitos de debilidad (Ortega, 1995).

Patterson (1970), citado por López (1994) afirma que un exceso de nitrógeno se traduce en un rápido crecimiento vegetativo, hojas verdes oscuras y una menor floración y fructificación; los tejidos son más sensibles a las heladas y a las enfermedades y se dañan más fácilmente. En este mismo aspecto Agrios (1996) menciona que la falta de nitrógeno hace que las plantas se debiliten, crezcan con más lentitud y envejeczan con mayor rapidez, haciéndolas susceptibles a los patógenos que tienen así más posibilidad de atacar a las plantas débiles y de crecimiento lento. Así mismo la disminución de la disponibilidad del nitrógeno también aumenta la susceptibilidad del tomate a la marchitez por *Fusarium* y de algunas plantas solanáceas al tizón temprano causado por *Alternaria solani*; y a la marchitez causada por *Pseudomonas solanacearum*.

#### **2.5.1.2. Fósforo.**

El fósforo, como el nitrógeno, es muy importante como parte principal de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos, además de que el fósforo desempeña una función muy indispensable en el metabolismo energético.

El P actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía (en los compuestos ATP y NADP) en los fenómenos de fosforilación, división celular, alargamiento celular y muchos otros procesos de la planta. Promueve la formación temprana y el crecimiento de las raíces, permite a las plantas soportar inviernos rigurosos, aumenta la eficiencia de uso del agua,

acelera la madurez, contribuye a aumentar la resistencia a las enfermedades en algunas plantas (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

La absorción de fósforo ocurre como ión fosfato inorgánico monovalente o divalente. Gran parte del fosfato en la planta existe en forma orgánica pero es probable que se transporte principalmente en estado inorgánico. El fosfato se retiene firmemente en el complejo mineral del suelo y su absorción por las plantas puede ser obstaculizada por un exceso de calcio, (Bidwell, 1993).

Una adecuada cantidad de fósforo se demuestra por un mayor desarrollo y crecimiento general de la planta, aceleración de la fructificación y floración y una mayor resistencia a las enfermedades. El fósforo estimula la madurez y tiende a reducir el período vegetativo del crecimiento, por lo que un exceso de éste conlleva a una madurez prematura (López, 1994).

Agrios (1996) menciona que al parecer el fósforo aumenta la resistencia de las plantas al mejorar su equilibrio de nutrientes o al acelerar la madurez del cultivo, permitiendo que escape de la infección causada por patógenos que prefieren los tejidos.

### **2.5.1.3. Potasio.**

El potasio aumenta la resistencia a enfermedades de las plantas, una de sus funciones más importantes en el manejo de los cultivos. El potasio interviene fisiológicamente en la síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, en la estimulación enzimática; ya que muchas de ellas están implicadas en la síntesis protéica y en la fosforilación oxidativa que se produce en las membranas de las mitocondrias. Algunas consecuencias por la deficiencia de potasio en la planta es el debilitamiento del tallo y la baja resistencia a patógenos, de manera que las

plantas deficientes, en especial cereales, fácilmente son acamadas y atacadas por las enfermedades. Debido a la reducción de la síntesis protéica y el daño a la respiración, los compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos y azúcares tienden a acumularse a niveles inusualmente altos, mientras que se reducen las proteínas y los polisacáridos, (Bidwell, 1993).

El potasio puede ser frecuentemente deficiente en suelos ligeros o arenosos debido a su solubilidad y a la facilidad con la que puede lavarse en ellos. Por lo regular se presenta en cantidades suficientes en suelos arcillosos, donde está firmemente retenido (Bidwell, 1993).

Es uno de los elementos minerales sobre el cual se ha versado un mayor número de estudios en lo que a su relación con la incidencia de numerosas enfermedades infecciosas y esto así porque a pesar de que el nivel de potasio en la planta guarda una estrecha dependencia de las disponibilidades de magnesio y calcio en el medio y con el pH (lo que podría enmascarar sus efectos directos sobre la enfermedad ) se puede concluir de forma general que existe una relación inversa entre la cantidad de potasio en el suelo y la severidad de ciertos procesos patológicos (Huber y Arvy 1985, citados por Ortega 1995).

López (1994) indica que la abundancia de potasio implica un mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de flores, frutos y semillas y una resistencia al frío y a las enfermedades.

Por otra parte Agrios (1996) menciona que el potasio afecta directamente las diferentes etapas del establecimiento y desarrollo del patógeno en el hospedante, e indirectamente, la infección al promover la cicatrización de las heridas, al aumentar la resistencia de la planta a los daños por las heladas y al

retardar la madurez y la senescencia de algunos cultivos más allá de los períodos en los que la infección causada por ciertos parásitos facultativos puede causar graves daños. Una fertilidad adecuada con K también puede reducir el estrés producido por nemátodos.

Estudios efectuados en Luisiana y Texas (U.S.A.) muestran que el K mejora la resistencia a enfermedades y aumenta los rendimientos del pasto bermuda (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

El potasio fortalece los tallos contra la invasión de los organismos patógenos; espesa la cutícula de los cereales contra el ataque de la cenicienta (mildiu) y otras infecciones haciendo a las células más turgentes, menos adecuadas para ciertas enfermedades que las invaden después de las lluvias, (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

#### **2.5.1.4. Calcio.**

El calcio estimula el desarrollo de las raíces y hojas. Forma compuestos que son parte de las paredes celulares, un papel crítico en la división celular, desarrollo celular, movimiento de carbohidratos, neutralización de ácidos celulares, deposición de la pared celular, y la formación de sales de pectatos en la lamela media. Este elemento complementa las funciones del K en mantener la organización celular, hidratación, y permeabilidad. Asimismo, de acuerdo a estas funciones se encuentra involucrado en la mitosis, activación y regulación de enzimas, y de las funciones de la membrana celular.

Los excesos de calcio, se encuentran generalmente relacionados con suelos alcalinos, los que a su vez pudieran inducir deficiencias de Fe, Mn, Cu, y

Zn. Este elemento puede intervenir al reducir la incidencia de enfermedades causadas por ***Rhizoctonia*** y ***Phytium***, pero incrementa el amarillamiento del trigo y la roña de la papa (Huber, 1980).

El calcio reduce la severidad de varias enfermedades causadas por patógenos de la raíz y/o el tallo, como los hongos ***Rhizoctonia***, ***Sclerotium***, y ***Botrytis***, el hongo de los marchitamientos, ***Fusarium oxysporum***, y el nemátodo ***Dytilenchus dipsaci***, pero aumenta la severidad de otras enfermedades como la pierna negra del tabaco causada por ***Streptomyces scabies*** ( Agrios, 1996).

El papel protector de este elemento es su influencia sobre las membranas celulares lo que favorece la resistencia frente a ciertas sustancias químicas con una acción tóxica como la “victorina”, resistencia que se ve favorecida por niveles adecuados de calcio (Ortega, 1995).

#### **2.5.1.5. Magnesio.**

Este elemento presenta alta movilidad en las plantas y su movilidad en el suelo es media; forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación. Participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transporte de fósforo en la planta y promueve la formación de aceites y grasas y está en la clorofila (Narro, 1995). El desequilibrio entre el calcio y el magnesio en el suelo acentúa la deficiencia de magnesio. Cuando la relación de calcio magnesio se hace muy alta, las plantas absorben menos magnesio (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

Huber (1980) menciona que una buena nutrición de magnesio disminuye la incidencia de algunas enfermedades como *Alternaria solani* en papa y tomate, *Fusarium solani* en judía y *Plasmodiophora brassicae* en col, repollo y crucíferas.

#### **2.5.1.6. Manganeseo.**

Este elemento participa en distintas funciones entre las que destaca el formar parte del fenómeno de la fotosíntesis y su acción en la síntesis de clorofila. Acelera la maduración, aumenta la aprovechabilidad del fósforo, calcio y magnesio, es un metal activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del nitrógeno. Así mismo este elemento puede ser deficiente en suelos alcalinos porque se convierte en formas inaprovechables (Bidwell, 1993).

Con respecto a su importancia en el control de enfermedades, un aspecto que llama poderosamente la atención es que se han detectado niveles de este elemento inferiores a los normales en los tejidos de numerosas plantas enfermas, debido entre otras cosas a una reducción importante de la capacidad de absorción radicular por la aparición en la raíz de malformaciones así como por la parcial inmovilización del manganeso en la rizosfera merced a la actuación de hongos (Ortega, 1995).

En cuanto al papel del manganeso en relación con situaciones de resistencia-susceptibilidad de las plantas frente a las enfermedades Ortega (1995) menciona que es importante si tomamos en cuenta los siguientes aspectos:

a) Favorece la síntesis de lignina, lo que conlleva un incremento decisivo de la resistencia morfológica del vegetal frente a mildius, royas,...etc.

**b)** Sus deficiencias implican niveles más bajos de fenoles solubles, sustancias que desempeñan un importante papel en la defensa química de la planta.

**C)** De igual modo niveles bajos de manganeso influyen de forma negativa sobre la tasa fotosintética del hospedero y consecuentemente sobre su vigor y su capacidad defensiva.

#### **2.5.1.7. Cobre.**

El cobre desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas y transportador de electrones en la fotosíntesis. El cobre se presenta en pequeñas cantidades en todos los suelos, los cuales son continuamente reabastecidos por la intemperización de minerales que contienen cobre. Esta normalmente presente en el intercambio de los suelos donde está retenido firmemente pero disponible para las plantas, de manera que su deficiencia en la naturaleza es rara (Bidwell, 1993).

Ortega (1995), menciona que concentraciones elevadas de este micronutriente son responsables de una toxicidad selectiva frente a muchos organismos patógenos al actuar como fungicida o fungistático, especialmente durante la fase de infección o los primeros estadios de numerosos procesos patológicos, estando basada su acción tóxica en la gran afinidad que posee este elemento frente al nitrógeno que forma parte de muchos compuestos orgánicos, lo que puede conducir a la formación de complejos metálicos con dichas sustancias nitrogenadas y a la consecuente desnaturalización de enzimas.

#### **2.5.1.8. Zinc.**

Interviene en importantes procesos metabólicos, formación de sustancias de crecimiento como el ácido indolacético y es un activador de numerosas enzimas, participa en la formación de la clorofila e impide su destrucción y es necesario para la actividad de varios sistemas enzimáticos. El zinc está ampliamente distribuido en los suelos, pero llega a ser menos aprovechable conforme aumenta el pH (Bidwell, 1993).

Aunque no se poseen datos definitivos sobre su papel en el control de las enfermedades de las plantas, si se disponen de algunas evidencias que hacen saber que altas concentraciones de zinc aplicadas sobre medios artificiales de cultivo pueden impedir o reducir el desarrollo de ciertos microorganismos, tal vez debido a su influencia sobre la integridad y estabilidad de las membranas celulares (Ortega ,1995).

#### **2.5.1.9. Fierro.**

Este elemento presenta baja movilidad tanto en el suelo como en la planta y es un componente importante en varios procesos enzimáticos y de la proteína ferredoxina; se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en regiones meristemáticas (Narro, 1995). La deficiencia de fierro por lo general se supone que es producida por desequilibrio de metales como el molibdeno, cobre o manganeso. Otros factores que pueden desencadenar la deficiencia del fierro son: un exceso de fósforo en el suelo, una combinación de pH alto, alto contenido de cal, suelos fríos y niveles de bicarbonato altos.

Una buena nutrición de este elemento disminuye enfermedades como ***Fusarium culmorum*** en cereales y ***Helminthosporium sativum*** en zanahoria y cereales (Huber, 1980).

## **2.6. Susceptibilidad del hospedero con su envejecimiento.**

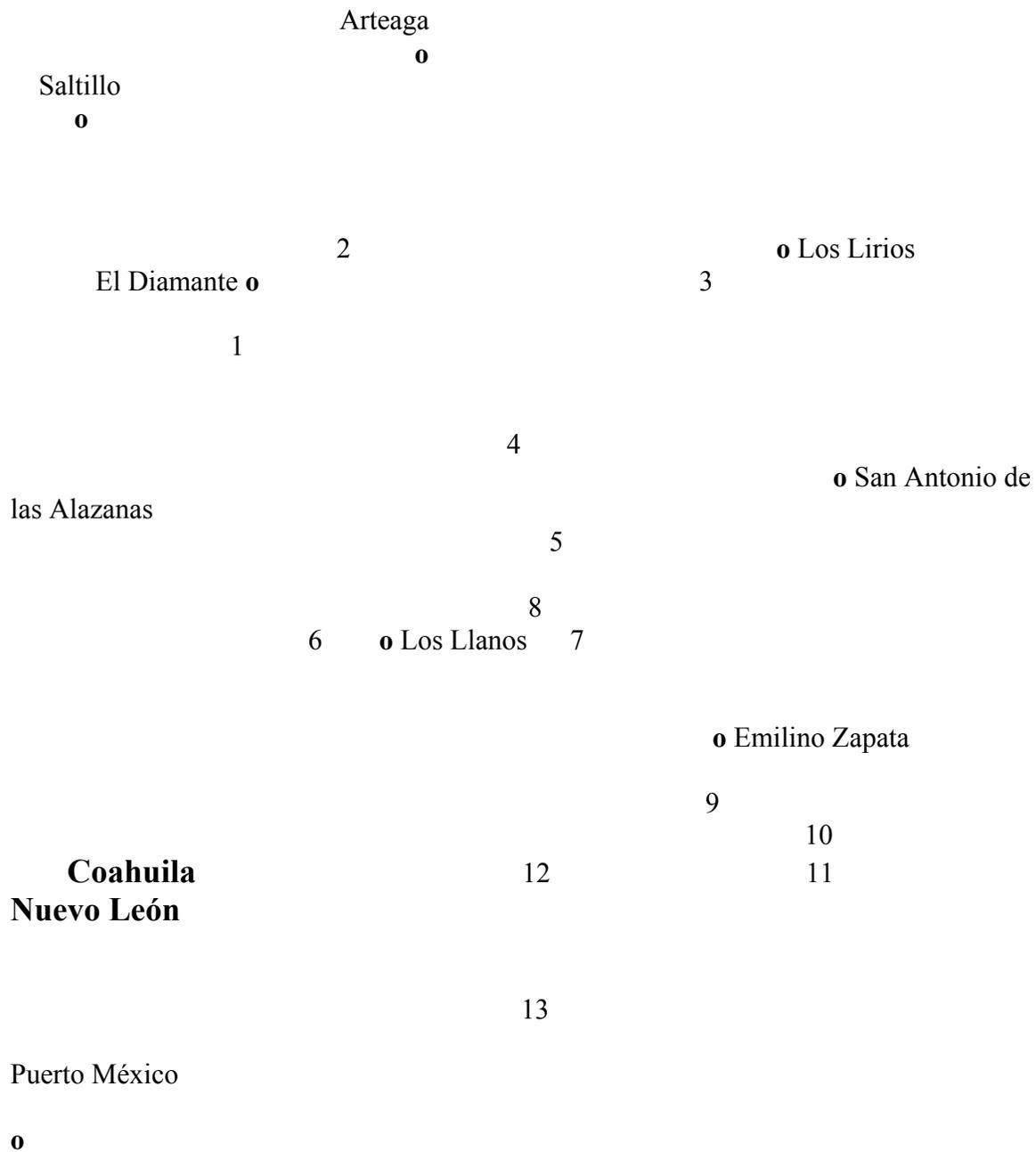
El incremento dentro de la susceptibilidad del hospedero con la edad ha sido reportado en casi todas los sistemas **hospedero-*Alternaria* spp** (Shtienberg, et al 1995). Rotem (1994), menciona 18 patosistemas en los cuales este fenómeno ha sido documentado. Las causas fisiológicas de la resistencia emparentada con la edad no es bien conocida. Horsfall y Diamond, citados por Shtienberg, et al (1995), introdujeron una teoría sobre enfermedades de “Azúcar alta y baja” y afirman que el tejido vegetal que es bajo en azúcar se hace resistente a patógenos biotrópicos que están asociados a enfermedades con “Azúcar alta”. Sobre la otra parte, el tejido que es bajo en azúcar se hace susceptible a patógenos necrotróficos (***Alternaria spp.***), que esta asociada a enfermedades con bajas en azúcar. dentro de la etapa tardía los azúcares desaparecen sin disminuir desde el follaje porque estos son drenados al interior de los frutos madurando. En adición a una disminución en la cantidad de azúcares en el follaje, la senescencia está asociada con otro proceso bioquímico, tal como una disminución en la taza del alcaloide solanina, el cual inhibe el crecimiento de ***A. solani*** in vitro, incremento en la permeabilidad de membranas celulares, y cambios en el contenido de nutrientes.

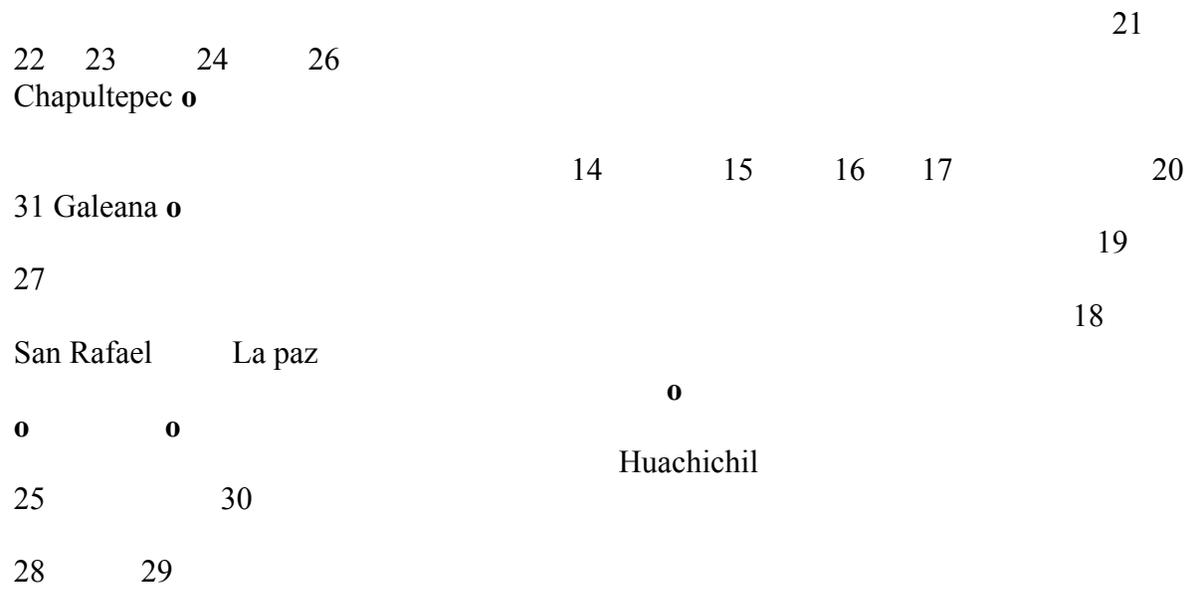
Shtienberg et al (1994) indican que los cambios en la resistencia con la edad puede ser compensada por la aplicación de fungicidas, suprimiendo la enfermedad al incrementar la aplicación de fungicidas al final de la estación.

## **2.7. Manejo y control del tizón temprano en campo.**

Varios ingredientes fungicidas, incluyendo el clorotalonil, cobre en combinación, iprodione, mancozeb, maneb, son comúnmente registrados para el control del tizón temprano. Con la excepción del iprodione estos materiales son también usados para el control del tizón tardío. El número de aplicaciones cambia de acuerdo al fungicida y la dosis de aplicación varía entre estados y regiones dependiendo de la humedad y experiencia del productor en el control de enfermedades foliares de la papa.

Experiencias con el tizón tardío de la papa indican que la integración de varios factores para suprimir la enfermedad en varias especies de ***Alternaria***. La resistencia de genotipos de papas combinado con aplicaciones de fungicidas muestran efectos adicionales dentro de la reducción del tizón tardío (Fry, 1977,1978).





**Figura 1.3. Croquis de los 31 lotes de estudio en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. UAAA, 1997.**

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1. Localización del área experimental.**

El área de estudio comprende parte de la zona productora de papa ubicada entre los estados de Coahuila y Nuevo León, específicamente las regiones de la Sierra de Arteaga y Galeana de los estados antes mencionados. Para el presente estudio se han considerado 31 lotes de producción, en donde se estableció el cultivo de la papa. Los materiales experimentales en este trabajo de investigación constarán del estudio de muestras de suelo, foliares y de materia seca de los lotes de producción.

#### **3.2. Caracterización del área experimental.**

##### **3.2.1. Sierra de Arteaga, Coahuila.**

###### **3.2.1.1. Clima.**

El clima en la región según el sistema de clasificación de Koopen (1936) modificado por García (1981), es el tipo BW(h')w(e)w'' el cual pertenece al clima

desértico y en general siendo la estación más seca en invierno, muy cálido, con una temperatura media anual de 23.6° C, siendo extremoso por sus bajas temperaturas en los meses de invierno, alcanzando hasta -15° C. La precipitación anual es de 322.2 mm, siendo los meses más lluviosos de junio a septiembre.

### **3.2.1.2. Suelo.**

En su totalidad en la Sierra de Arteaga, Coahuila, el origen de los suelos es a partir de rocas sedimentarias del tipo lutita-arenisca, así como conglomerados, lo cual provoca en los terrenos con pendientes pronunciadas suelos delgados en su mayoría. En los valles predominan suelos de tipo aluvial. El suelo de la región en los valles es generalmente rico en materia orgánica, existiendo migajones arcillosos en los terrenos cercanos a las laderas. Respecto a la textura del suelo, predominan franco-arenosos hasta 60 cm, son pobres en nitrógeno. Tienen una estructura que se puede calificar de dispersa a deteriorada por el excesivo laboreo. Los suelos son ricos en potasio y calcio y pobres en hierro, manganeso y en algunos casos boro; la reacción es alcalina.

### **3.2.2. Galeana, Nuevo León.**

#### **3.2.2.1. Clima.**

El clima en la región según el sistema de clasificación de Koopen (1936) modificado por García (1981), es el tipo BSohw (e)w” el cual pertenece al clima seco o estepario y en general siendo la estación más seca en invierno, muy cálido,

con una temperatura media anual de 22° C, siendo extremo por sus bajas temperaturas en los meses de invierno. La precipitación anual es de 401.3 mm, siendo los meses más lluviosos de junio a septiembre.

#### **3.2.2.2. Suelo.**

El suelo que presenta esta región es descrito como suelo de reacción alcalina, es decir con pH pocas veces menor al 7.5, con un alto contenido de carbonatos, principalmente calcio y pocas veces carbonatos de sodio, posee poco contenido de materia orgánica, son pobres en nitrógeno total y muy bajos en fósforo, con suficiente potasio intercambiable, pero muy bajos en fierro aprovechable y magnesio intercambiable, con una capacidad de intercambio catiónico media.

### **3.3. Establecimiento y manejo del cultivo.**

En el ciclo primavera-verano de 1997 se estableció el cultivo en los 31 lotes de producción, cada uno de estos con una superficie en promedio de 25 ha, disponiendo para este estudio de las variedades Alpha, Atlantic, Gigant, Mondial y Agría. En lo que respecta al manejo del cultivo como tratamiento a la semilla, labores culturales, fertilización, control de malezas, riegos y control enfermedades entre ellas el tizón temprano, fue el recomendado y a las dosis establecidas por el productor en sus respectivos lotes.

### **3.4. Evaluación de parámetros.**

#### **3.4.1. Severidad.**

Para la estimación de la severidad se realizaron evaluaciones del porcentaje de área foliar dañada por el tizón temprano (*Alternaria solani*), en base a la Escala Internacional propuesta para la evaluación de daño del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de acuerdo con el CIP (1989), usando también el punto medio para las lecturas que no coincidan claramente con las categorías establecidas. La escala se muestra en el Cuadro 1.3.

Las evaluaciones se estimaron visualmente y el promedio del conteo fue registrado. La estimación fue hecha desde el establecimiento del cultivo, para ver el desarrollo de la enfermedad y se hicieron tomándose un muestreo al azar de 30 plantas del lote experimental. Estas evaluaciones se hicieron 60 a 65 días después de emergida la planta.

El porcentaje de severidad por lote se correlacionó con las muestras representativas de concentración de cada nutriente en la planta, para todos los lotes.

#### **3.4.2. Análisis foliar.**

Para este análisis se realizó un muestreo en los 31 lotes a los 65 días de edad del cultivo, consistiendo en un muestreo al azar de 30 plantas por lote y en donde el muestreo por planta consistió en cortar del 1º al 6º pecíolo los que luego se lavaron en laboratorio, se pusieron a secar en la estufa finalmente se molieron.

El procedimiento para la preparación de la muestra a leerse en el espectrofotómetro de absorción atómica fue el siguiente:

Se pesó 1 gramo de material vegetal previamente molido, se pasó a la mufla a 600° C para calcinar, después se le adicionaron 30 ml de una solución 2:1 de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) y ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Posteriormente se pusieron a digerir hasta que el ácido nítrico se evaporó completamente, en seguida se procedió a filtrar agregando agua desionizada caliente, al terminar el filtrado se le agregaron 2.5 ml de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) para después aforar a 100 ml con agua desionizada. Con esto se procedió a leer los elementos en el aparato de absorción atómica.

Para la determinación de fósforo se tomó la muestra seca, se pesó un gramo, se calcinó, después se le añadieron 10 ml de ácido clorhídrico, se puso a destilar, posteriormente se filtró y aforó con agua destilada a 50 ml, se tomó una alícuota con una pipeta de la solución de ceniza que contenía 0.01-0.2 mg de fósforo por mililitro, se le añadieron 5 ml de molibdato de amonio y 2 ml de reactivo ANSA y se mezcló vigorosamente.

La concentración de fósforo se logró utilizando un fotocolorímetro para la transmitancia o absorbancia a los 20 minutos después de haber agregado el reactivo ANSA.

El contenido de N se obtuvo por la digestión de una muestra de 1 gramo de tejido molido, que después se colocó en el fondo de un matraz Kjeldahl, al que se añadieron 5 ml de ácido sulfúrico concentrado; se mezcló bien el contenido del matraz y se colocó en el digestor se calentó y se mantuvo la digestión de 1-2 horas, este producto fue transformado en amoniaco gaseoso, por destilación con hidróxido de sodio (100 ml al 45%) recibido en una solución de ácido bórico (100 ml). La solución resultante (borato de amonio) fue finalmente titulada con una

solución valorada de ácido a 0.1 N, hasta obtención del cambio brusco del indicador  $\alpha$ .

### **3.4.3. Estimación de materia seca y rendimiento.**

Para la estimación de materia seca se midió un metro lineal en cada lote, contándose el número de plantas contenida en él. Las plantas se arrancaron posteriormente se secaron a temperatura ambiente y se pesaron las de cada lote para después estimar los kilogramos por hectárea de acuerdo al número de plantas por metro lineal y la distancia entre surcos.

El rendimiento de cada lote fue estimado por el productor después de la cosecha con el fin de obtener datos más confiables por parte de ellos.

### **3.4.4. Temperatura ambiente.**

La temperatura ambiente durante el desarrollo del cultivo fueron adecuadas para el desarrollo de **A. solani**, las temperaturas medias mensuales se muestran en el Apéndice.

**Cuadro 1.3. Escala para evaluar el daño foliar por el Tizón tardío, de acuerdo al Centro Internacional de la Papa (CIP).**

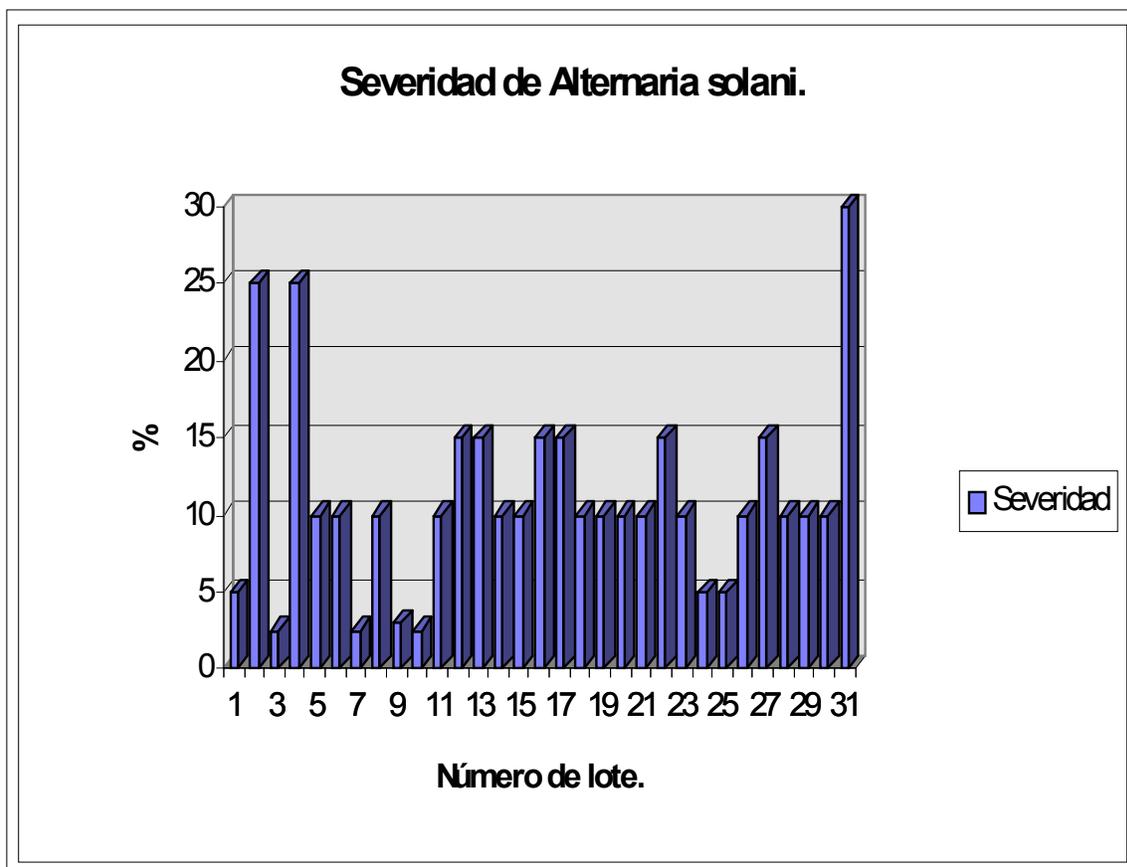
VALORES	TIZÓN (%)		SÍNTOMAS.
	CIP	MEDIA LÍMITES	
1	0		No se observa tizón.
2	2.5	Trazas - 5	Tizón tardío presente. Máximo 10 lesiones por planta.
3	10	5 - 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente vistas al observar de cerca. Máxima área foliar afectada por lesiones o destruidas corresponde a no más de 20 folíolos.
4	25	15 - 35	El tizón fácilmente visto en la mayoría de las plantas. Alrededor del 25% del follaje esta cubierto de lesiones o destruido.
5	50	35 - 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas; las hojas inferiores, muertas. Alrededor del 50% del

			área foliar está destruída.
<b>6</b>	75	65 - 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75% de cada planta está afectado. Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
<b>7</b>	90	85 - 90	La parcela no está verde en forma predominante ni parda. Sólo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones externas.
<b>8</b>	97.5	95 - 100	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aún se presentan algunas áreas verdes. la mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
<b>9</b>	100		Hojas y tallos están muertos.

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. Evaluación general del nivel de severidad de *Alternaria solani*.

En los 31 lotes de estudio la severidad del tizón temprano (*A. solani*) fue diferente, predominando la severidad en un 10% y un 15%. Figura 2.4.



**Figura 2.4.** Lectura de severidad del tizón temprano (*A. solani*) de los 31 lotes de estudio en el cultivo de papa. UAAAN, 1997.

#### **4.2. Análisis de suelo de los 31 lotes de estudio.**

En los 31 lotes de estudio se llevó acabo un análisis de suelo previo a la siembra, esto con el fin de obtener un diagnóstico sobre la fertilidad del suelo de cada lote donde posteriormente se establecería el cultivo de papa. Cuadro 4.2.

**Cuadro 2.4.** Resultados del análisis de suelos de los 31 lotes de estudio. UAAAN, 1997.

Lote	N Total kg $ha^{-1}$	P Aprovechable kg $ha^{-1}$	K Intercambiable kg $ha^{-1}$	pH	CaCO <sub>3</sub> %	C.I.C. meq/100 gr	C.E. ds m $^{-1}$	M.O. %
1	6258.6	401.0	348.7	7.4	31.5	22	2.2	3.6
2	5191.2	181.2	79.8	8.5	31.9	27	1.6	3.3
3	4811.4	152.0	472.2	8.5	12.6	30	1.1	2.9
4	4233.6	87.0	398.9	8.4	7.2	35	1.8	2.5
5	4584.3	284.3	530.2	8.7	20.7	45	0.7	2.6
6	4568.4	262.7	385.9	8.7	32.8	114	1.0	2.8
7	6193.2	140.1	467.3	8.7	34.2	33	0.8	3.9
8	6408.1	213.0	366.2	8.3	61.1	27	1.9	3.6
9	5644.8	287.0	466.8	8.4	32.4	43	1.8	3.3
10	5317.6	143.7	469.8	8.0	31.0	44	2.3	3.5
11	6225.4	291.5	1178.6	8.5	24.7	36	1.4	3.4
12	5032.5	146.6	434.6	8.6	22.9	32	1.3	2.7
13	4906.8	185.5	509.2	8.6	24.3	31	1.5	2.8
14	4741.5	227.6	480.7	8.4	18.0	25	1.7	2.9
15	5745.6	263.4	512.2	8.6	28.8	37	0.7	3.3
16	5116.8	240.3	206.6	8.4	16.2	50	1.4	3.2
17	6669.6	82.3	526.9	7.4	21.6	36	1.3	3.9
18	4828.5	219.1	466.5	7.8	35.1	40	3.0	2.9
19	8971.2	194.5	412.5	8.1	22.9	51	2.0	5.3
20	5398.5	260.0	1249.5	8.0	33.7	27	2.0	3.0
21	6550.5	91.8	507.6	8.0	23.4	44	1.8	3.9
22	6484.2	204.6	199.6	8.1	29.2	40	2.1	4.0
23	5443.2	179.3	476.3	8.1	36.0	39	2.1	3.3
24	4047.9	174.4	572.8	7.4	31.5	44	1.4	2.0
25	7137.0	265.5	872.6	8.6	70.6	45	1.6	3.6
26	5117.5	80.9	489.8	7.8	38.7	26	1.6	3.1
27	7168.8	191.7	535.2	7.6	27.9	37	3.2	4.1
28	4467.7	297.3	771.9	8.7	27.9	33	1.3	2.6
29	2992.0	66.8	2593.8	8.5	18.0	45	3.7	1.8
30	5368.0	186.4	2226.1	8.3	20.2	26	6.3	3.2
31	5520.0	274.0	1374.6	8.1	24.5	24	3.5	3.2

#### 4.2.1. Interpretación de los resultados de análisis de suelos.

##### 4.2.1.1. Contenido de nitrógeno en los 31 lotes.

Este elemento en los análisis de suelos presentó una buena reserva en los lotes de estudio clasificándose la mayoría de estos en las clases medianamente rico y rico, quedando en la clase mediano solo cuatro lotes y únicamente un lote se clasificó en la clase medianamente pobre, Cuadro 3.4. Con esto el contenido de este elemento en general se considera bueno, teniendo en cuenta que a estos

lotes en cada ciclo se les incorpora materia orgánica por lo que los niveles de nitrógeno se elevan y también en estos lotes los cultivos son constantes y se aplican grandes cantidades de fertilizante por lo que siempre quedan residuos de estos en el suelo.

#### **Cuadro 3.4. Nitrógeno.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Medianamente pobre (2250-3350 kg $ha^{-1}$ ).	29
Mediano (3375-4477 kg $ha^{-1}$ ).	4, 24, y 28
Medianamente rico (4500-5602 kg $ha^{-1}$ ).	2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 23, 26, 30 y 31
Rico (mayor de 5625 kg $ha^{-1}$ ).	1, 7, 8, 9, 11, 15, 17, 19, 21, 22, 25 y 27

#### **4.2.1.2. Contenido de fósforo aprovechable en los 31 lotes.**

El contenido de fósforo aprovechable por la planta se considera muy bueno, ya que la mayoría de los lotes se clasifican como ricos y solo tres lotes se encuentran como medianamente ricos, Cuadro 4.4., sin embargo cabe señalar que estos lotes son de producción intensiva por lo que siempre quedan residuos de fertilizante.

#### **Cuadro 4.4. Fósforo.**

<b>Clase.</b>	<b>Lotes</b>
Medianamente rico (57-84 kg $ha^{-1}$ ).	17, 26 y 29.
Rico (mayor de 5625 kg $ha^{-1}$ ).	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30 y 31

#### **4.2.1.3. Contenido de potasio asimilable en los 31 lotes.**

El contenido de potasio asimilable en la mayoría de los suelos es muy bueno, Cuadro 5.4., considerándose también que este elemento se aplica en grandes cantidades en los cultivos por lo que pueden quedar residuos.

**Cuadro 5.4. Potasio.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Muy pobre (71-140 kg $ha^{-1}$ ).	2
Medianamente pobre (141-210 kg $ha^{-1}$ ).	16 y 22
Medianamente rico (281-350 kg $ha^{-1}$ ).	1
Rico (351-420 kg $ha^{-1}$ ).	4, 6, 8 y 19
Extremadamente rico (más de 420 kg $ha^{-1}$ ).	3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31

#### 4.2.1.4. pH de los 31 lotes.

El efecto del pH sobre la disponibilidad de nutrientes para las plantas, se considera bueno para los elementos potasio, calcio, magnesio y azufre a una alcalinidad media y al aumentar la alcalinidad sobre el pH de 8.5 la disponibilidad de calcio y magnesio disminuye. En fósforo su disponibilidad disminuye después de un pH de 7.5 y aumenta ligeramente después de un pH de 8.5, Cuadro 6.4. En cuanto a la disponibilidad del nitrógeno aumenta al bajar el pH de 8 y disminuye gradualmente al aumentar este. En lo que respecta a la disponibilidad de fierro, manganeso, cobre y zinc disminuyen al aumentar el pH sobre 7.

**Cuadro 6.4. pH.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Basidad ligera (7.0-7.5)	1, 17 y 24

Basidad media (7.6- 8, 10, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 30 y 31 8.3) Basidad fuerte (8.4- 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25, 28 y 29 9.0)
---

#### 4.2.1.5. Por ciento de carbonatos de los 31 lotes.

El porcentaje de carbonatos se clasificó para la mayoría de los lotes como mediano y bajo, lo cual es aceptable para los lotes de producción de papa, y solo se clasificaron como muy altos dos lotes y con un porcentaje alto tres. Los primeros porcentajes son buenos para la fertilidad del suelo ya que en estos habrá una menor fijación de elementos en la solución del suelo. Cuadro 7.4.

**Cuadro 7.4. Por ciento de carbonatos (CaCO<sub>3</sub>).**

Clase	Lotes
Bajo (5-20 %)	3, 4, 14, 16 y 29
Mediano (20-35 %)	1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 30 y 31.
Alto (35-50 %)	18, 23 y 26
Muy (alto > de 50 %)	8 y 25

#### 4.2.1.6. Capacidad de intercambio catiónico de los 31 lotes.

La capacidad de intercambio catiónico según el The Potash & Phosphate Institute (1997) en todos los lotes se encuentra en valores muy buenos considerando a los suelos con C.I.C. entre 11 y 50 con un alto contenido de arcilla mayor capacidad para retener nutrientes a una profundidad dada y una alta

capacidad de retención de agua, considerando lo anterior estos suelos poseen una buena fertilidad, capaces de un suministro adecuado de nutrientes a las plantas. Cuadro 8.4.

**Cuadro 8.4. Capacidad de intercambio catiónico.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Ilita (20-40 meq/100 grs)	1, 2, 3, 4, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 23, 26, 27, 28, 30 y 31
Montmorilonita (40-60 meq/100 grs)	5, 9, 10, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25 29
Vermiculita (100-150 meq/100 grs)	6

#### 4.2.1.7. Conductividad eléctrica (salinidad) de los 31 lotes.

En esta determinación la mayoría de los suelos se consideran fértiles al clasificarse como suelos no salinos; solo tres lotes presentaron una salinidad ligera y dos con salinidad media considerándose aceptables estos suelos para cultivar. Cuadro 9.4.

**Cuadro 9.4. Conductividad eléctrica.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Suelo no salino (<2.5 ds m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 28.
Salinidad ligera (2.5-3.5 ds m <sup>-1</sup> )	19, 27 y 31
Salinidad media (3.5-7.0 ds m <sup>-1</sup> )	29 y 30

#### 4.2.1.8. Materia orgánica de los 31 lotes.

En lo que respecta al contenido de materia orgánica, en la mayoría de los suelos se considera como muy buena, ya que tan solo dos lotes se clasificaron como medianos en contenido de materia orgánica, estos contenidos son muy buenos para el mantenimiento de la estructura y capacidad retentiva del agua del suelo, ayudando también a la retención de nutrimentos. Cuadro 10.4.

**Cuadro 10.4. Materia orgánica.**

<b>Clase</b>	<b>Lotes</b>
Mediano (1.00-2.00 %)	24 y 29
Medianamente rico (2.00-3.00 %)	3,4,5,6,11,12,13,18,20,24,28 y 29
Rico (3.00-4.00 %)	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 25, 26, 30 y 31
Extremadamente rico (>4.00 %)	19 y 27

#### 4.3. Concentración de elementos minerales en el tejido de la papa.

La concentración de cada uno de los elementos minerales en el tejido de la papa fue diferente en todos los lotes. Las concentraciones de los nutrimentos evaluados se muestran en el Cuadro 11.4.

**Cuadro 11.4. Concentración de los nutrientes en el follaje de papa de los 60 a 65 días después de la siembra en los 31 lotes de producción. UAAAN, 1997.**

Lote	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Na (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
1	3.64	0.225	3.85	2.72	1.42	1.21	279	199	24	19
2	3.22	0.225	3.5	3.53	1.91	0.94	347	190	24	16
3	4.16	0.191	6.95	2.82	2.61	0.95	538	160	38	12
4	4.48	0.319	7.04	2	2.08	1.32	695	124	53	26
5	3.65	0.337	5.09	2.55	2.37	0.89	500	111	39	20
6	3.62	0.235	6.86	2.88	2.95	1.64	671	123	52	14
7	4.11	0.159	3.16	2.9	1.47	0.75	631	101	48	18
8	4.13	0.194	5.84	3.13	2.7	1.23	572	128	41	19
9	3.29	0.209	6.04	2.46	1.96	1.03	635	85	76	16
10	3.17	0.197	4.76	4.27	1.66	0.75	778	82	58	17
11	3.5	0.239	7.08	3.16	2.2	1.4	363	67	27	23
12	4.39	0.194	6.24	2.89	2.63	0.98	770	89	58	20
13	2.33	0.209	7.32	4.01	3.25	0.79	620	52	43	14
14	3.29	0.277	6.77	2.86	3.07	0.44	741	235	29	70
15	2.71	0.252	7.92	4.91	3.33	1.19	762	186	29	20
16	3.43	0.163	5.5	2.48	2.87	0.9	343	67	25	25
17	3.33	0.242	8.55	4.8	3.74	1.03	670	16	51	22
18	3.31	0.203	6.71	4.49	3.09	1.44	555	151	43	88
19	3.10	0.203	3.6	3.79	1.41	0.51	633	157	33	20
20	3.75	0.242	5.67	3.44	2.64	0.87	514	140	35	24
21	3.52	0.191	8.85	4.2	3.68	1.55	296	133	35	16
22	2.75	0.2	3.58	3.76	1.5	0.98	449	174	41	16
23	2.24	0.145	3.22	4.95	1.31	1.02	388	55	45	16
24	5.11	0.212	4.72	4.77	2.56	0.85	577	102	35	21
25	3.8	0.163	6.18	2.65	2.78	1.7	383	7	28	14
26	3.76	0.166	7.03	5.18	3.57	1.35	440	56	52	18
27	3.92	0.194	2.44	1.9	1.41	0.60	214	5	30	16
28	3.66	0.180	4.52	1.86	2.36	0.83	678	137	47	16
29	3.89	0.180	7.7	2.78	2.73	1.14	181	40	18	12
30	4.22	0.203	2.72	1.5	1.41	0.54	177	197	20	19
31	3.22	0.228	2.22	3.46	1.32	0.82	727	23	68	23

#### 4.4. Absorción de elementos minerales en el tejido de papa.

La absorción de elementos minerales en  $\text{Kg ha}^{-1}$  fue diferente entre lotes, esto debido a los efectos del nivel de fertilidad del suelo, fertilización aplicada y a la variedad. Cuadro 12.4.

**Cuadro 12.4. Absorción en Kg $ha^{-1}$  por cada elemento en los lotes de estudio.**

**UAAAN, 1997.**

Lote	N	P	K	Ca	Na	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
1	94.8	5.8	100.3	70.8	37.0	31.5	0.727	0.518	0.062	0.049
2	68.6	4.7	74.6	75.2	40.7	20.0	0.739	0.405	0.051	0.034
3	61.6	3.8	138.3	56.1	51.9	18.9	1.07	0.318	0.075	0.023
4	103.9	7.5	166.2	47.2	49.1	31.1	1.64	0.292	0.125	0.061
5	98.0	9.1	135.6	69.4	64.5	24.2	1.36	0.302	0.106	0.070
6	102.0	6.6	194.5	81.6	83.7	46.5	1.90	0.348	0.147	0.039
7	164.7	6.3	127.0	11.6	59.0	65.9	2.53	0.405	0.192	0.072
8	147.7	6.9	209.6	1.2	96.9	44.1	2.05	0.459	0.147	0.068
9	97.9	6.2	179.7	73.2	58.3	30.6	1.88	0.252	0.226	0.047
10	135.9	8.6	208.7	187.2	72.7	32.8	3.41	0.359	0.254	0.074
11	173.5	11.8	351.1	156.7	109.1	69.4	1.80	0.332	0.133	0.114
12	153.4	6.9	222.7	103.1	93.8	34.9	2.74	0.317	0.207	0.071
13	76.9	6.9	244.9	134.1	108.7	26.4	2.07	0.173	0.143	0.046
14	58.3	4.6	124.4	52.5	56.4	8.0	1.36	0.431	0.235	0.128
15	71.7	4.3	210.3	130.4	88.4	31.6	2.02	0.494	0.242	0.053
16	120.4	9.8	194.7	87.8	101.6	31.8	1.21	0.237	0.088	0.088
17	117.3	8.6	304.0	170.7	133.0	36.6	2.38	0.056	0.181	0.078
18	94.5	5.8	192.2	128.6	88.5	41.2	1.59	0.432	0.123	0.252
19	94.0	6.1	109.2	115.0	42.7	15.4	1.92	0.476	0.100	0.060
20	174.4	11.4	267.3	162.1	124.4	41	2.42	0.66	0.165	0.113
21	65.5	3.5	165.8	78.6	68.9	29.	0.554	0.249	0.065	0.029
22	87.2	6.4	115.6	115.6	50.0	31.6	1.45	0.262	0.132	0.051
23	125.6	3.5	79.3	121.9	32.2	25.1	0.95	0.135	0.110	0.039
24	140.7	5.8	130.2	131.6	70.6	23.4	1.59	0.281	0.096	0.059
25	140.2	6.0	228.0	97.8	102.6	62.7	1.41	0.025	0.103	0.051
26	111.6	5.0	212.1	156.3	107.7	40.7	1.32	0.168	0.156	0.054
27	97.8	4.8	61.2	47.6	35.3	15.0	0.537	0.012	0.075	0.040
28	125.1	6.2	157.1	64.6	82.0	28.8	2.35	0.476	0.16	0.0555
29	117.1	5.5	237.2	85.6	84.1	35.1	0.557	0.123	0.055	0.036
30	109.3	5.2	70.7	39.0	36.6	14.0	0.460	0.512	0.052	0.049
31	80.5	5.7	55.8	87.0	33.2	20.6	1.83	0.047	0.171	0.057

**4.5. Rendimiento y kilogramos de materia seca por hectárea de los 31 lotes.**

El rendimiento de papa en los 31 lotes fue diferente al igual que los kilogramos por hectárea de materia seca, esto también debido a los efectos del nivel de fertilidad del suelo, fertilización aplicada y a la variedad. Cuadro 13.4.

**Cuadro 13.4. Rendimiento y kilogramos de materia seca por hectárea en los 31 lotes de estudio. UAAAN, 1997.**

Lote	Rendimiento $\text{tnha}^{-1}$	Materia seca $\text{kg}\text{ha}^{-1}$	Lote	Rendimiento $\text{tnha}^{-1}$	Materia seca $\text{kg}\text{ha}^{-1}$
1	31	2606.2	17	40	3556.4
2	15	2132.4	18	35	2865.7
3	58	1990.2	19	34	3034.6
4	45	2361.7	20	50	4714.6
5	48	2723.5	21	34	1873.7
6	38	2835.5	22	36	3230.2
7	46	4019.5	23	25	2463.9
8	39	3589.3	24	22	2759.9
9	45	2975.9	25	42	3690.6
10	34	4384.8	26	35	3017.7
11	44	4959.9	27	30	2510.2
12	42	3569.7	28	33	3476.4
13	42	3345.7	29	32	3081.7
14	54	1838.2	30	22	2602.6
15	32	2655.9	31	40	2517.3
16	44	3541.3			

#### 4.6. Correlación de variables.

Las correlaciones de elementos minerales vs. severidad de *A. solani* fueron no significativas para todos los casos como se observa en el Cuadro 14.4, para la correlación entre rendimiento y  $\text{kg ha}^{-1}$  de materia seca fue también no significativa al ver el Cuadro 15.4 y lo mismo ocurrió en el caso de rendimiento y severidad de *A. solani* como se ve en el Cuadro 16.4.

**Cuadro 14.4. Coeficiente de correlación y significancia entre  $\text{kg ha}^{-1}$  de nutrimento total absorbido v.s. severidad de *A. solani* en papa. UAAAN, 1997.**

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de correlación	Significancia
Nitrógeno	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.2739	No significativa
Fósforo	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	0.0452	No significativa
Potasio	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.1931	No significativa
Calcio	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.0483	No significativa
Sodio	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.1437	No significativa
Magnesio	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.2779	No significativa
Manganeso	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.1221	No significativa
Fierro	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.2123	No significativa
Zinc	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.1219	No significativa
Cobre	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.0302	No significativa

**Cuadro 15.4. Coeficiente de correlación y significancia entre rendimiento y  $\text{kg ha}^{-1}$  de materia seca.**

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de correlación	Significancia
Rendimiento	$\text{kg ha}^{-1}$ de Materia seca	0.2149	No significativa

**Cuadro 16.4. Coeficiente de correlación y significancia entre rendimiento y severidad de *A. solani*.**

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de correlación	Significancia
Rendimiento	Severidad de <u><i>A. solani</i></u>	-0.1592	No significativa

**4.7. Correlación de trece variables, considerando los  $\text{kg ha}^{-1}$  de nutrimento absorbido por lote de (N, P, K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu) v.s. severidad de A. solani v.s. rendimiento v.s. materia seca en papa.**

Las correlaciones entre variables de elementos absorbidos en  $\text{kg ha}^{-1}$  y materia seca fueron en su mayoría significativas al 1 por ciento y la minoría al 5 por ciento, sin embargo, las variables cobre, fierro, severidad y rendimiento no presentaron significancia alguna como se observa en el Cuadro 17.4.

**Cuadro 17.4. Coeficiente de correlación y significancia de las trece variables, considerando los  $\text{Kgha}^{-1}$  de nutrimento absorbido por lote de (N, P, K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu) v.s. severidad de A. solani v.s. rendimiento v.s. materia seca en papa. UAAAN, 1997.**

Nutriente	vs.	Nutriente	Coeficiente de correlación	Significancia
Zinc	v.s.	Manganeso	0.7584	Significativa al nivel 0.01 (**)
Manganeso	v.s.	Potasio	0.4705	Significativa al nivel 0.01 (**)
Manganeso	v.s.	Calcio	0.3680	Significativa al nivel 0.05 (*)
Manganeso	v.s.	Sodio	0.5018	Significativa al nivel 0.01 (**)
Manganeso	v.s.	Fósforo	0.5628	Significativa al nivel 0.01 (**)
Manganeso	v.s.	Nitrógeno	0.4742	Significativa al nivel 0.01 (**)
Manganeso	v.s.	Materia seca	0.6650	Significativa al nivel 0.01 (**)
Magnesio	v.s.	Potasio	0.6352	Significativa al nivel 0.01 (**)
Magnesio	v.s.	Sodio	0.5526	Significativa al nivel 0.01 (**)
Magnesio	v.s.	Fósforo	0.4502	Significativa al nivel 0.05 (*)

Magnesio	v.s.	Materia seca	0.7018	Significativa al nivel 0.01 (**)
Magnesio	v.s.	Nitrógeno	0.6666	Significativa al nivel 0.01 (**)
Potasio	v.s.	Calcio	0.5315	Significativa al nivel 0.01 (**)
Potasio	v.s.	Sodio	0.9109	Significativa al nivel 0.01 (**)
Potasio	v.s.	Fósforo	0.6169	Significativa al nivel 0.01 (**)
Potasio	v.s.	Materia seca	0.6679	Significativa al nivel 0.01 (**)
Potasio	v.s.	Nitrógeno	0.5653	Significativa al nivel 0.01 (**)
Calcio	v.s.	Fósforo	0.3679	Significativa al nivel 0.05 (*)
Calcio	v.s.	Sodio	0.5215	Significativa al nivel 0.01 (**)
Calcio	v.s.	Materia seca	0.4408	Significativa al nivel 0.01 (**)
Sodio	v.s.	Fósforo	0.5618	Significativa al nivel 0.01 (**)
Sodio	v.s.	Nitrógeno	0.4519	Significativa al nivel 0.05 (*)
Sodio	v.s.	Materia seca	0.6378	Significativa al nivel 0.01 (**)
Fósforo	v.s.	Nitrógeno	0.6126	Significativa al nivel 0.01 (**)
Fósforo	v.s.	Materia seca	0.7811	Significativa al nivel 0.01 (**)
Nitrógeno	v.s.	Materia seca	0.8282	Significativa al nivel 0.01 (**)

## **V. DISCUSIÓN.**

En los 31 lotes de estudio la concentración de nutrientes en el tejido de la papa tuvo un comportamiento diferente, ya que en algunos elementos se tuvieron valores muy altos y en otros muy deficientes; sin embargo en los elementos que mostraron valores altos, estas concentraciones según Walworth y Muniz (1993), no se señalan como fitotóxicas, así mismo estos autores determinan diferentes categorías de acuerdo a la edad del cultivo y concentración de nutrientes

### **5.1. Contenido de nitrógeno en el follaje.**

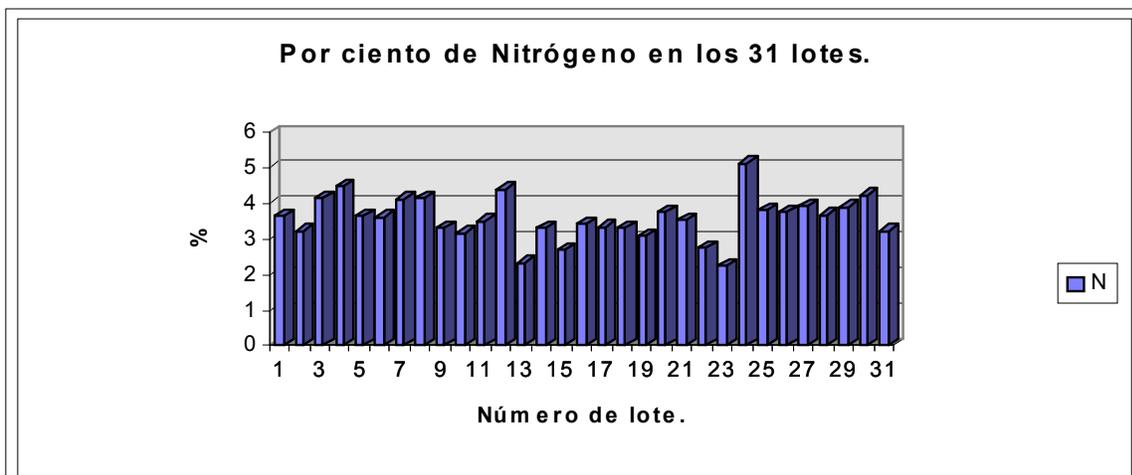
Los niveles de nitrógeno total en pecíolos a mitad de la estación según Walworth y Muniz (1993) van de 1.42% a 6.0%, mientras que las concentraciones obtenidas de los lotes de estudio fluctúan entre 2.24 a 6.11% a los 50 a 60 días después de la siembra, por lo que todos los lotes de producción se ubicaron dentro de los límites adecuados. Figura 3.5.

Cabe mencionar que en el análisis de fertilidad de los 31 lotes en estudio, el porcentaje de nitrógeno de la mayoría de los suelos, permitió que se clasificaran como medianos, medianamente ricos y ricos y solamente el lote 29 se clasificó como medianamente pobre, por lo que existe reserva de nitrógeno en los suelos

de estudio, sin embargo se debe considerar que en todos estos lotes los cultivos son constantes y debido a esto se aplican grandes cantidades de fertilizantes, por lo que siempre quedan residuos que contienen nitrógeno.

Ortega (1995) y Agrios (1996), consideran que el N es un elemento primordial en el control fitosanitario de enfermedades y en especial en estos lotes de estudio al relacionar la concentración de este elemento con la incidencia de A. solani; esta buena concentración provocó en el tejido un lento proceso de senescencia celular de la planta lo que favoreció en parte la tolerancia de A. solani sobre su hospedero en todos los lotes de estudio afectando a este hongo, ya que éste prefiere tejidos senescentes, donde se dá su más alta esporulación.

Huber, (1980) menciona que la acción relación entre la nutrición de nitrógeno y la incidencia de A. solani depende de la planta hospedera y de las condiciones ambientales, así mismo menciona que en cultivos de cereales y zanahoria la acción de Helminthosporium sativum se ve afectada por la presencia de una buena nutrición de nitrógeno y lo mismo pasa con Xanthomonas pruni en melocotonero y ciruelo.



**Figura 3.5. Por ciento de concentración de Nitrógeno en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

## **5.2. Contenido de fósforo en el follaje.**

Walworth y Muniz (1993) consideran diferentes niveles de concentración de fósforo en el tejido del follaje de papa de acuerdo a la edad del cultivo, por lo que la concentración del fósforo a los 60 días después de la siembra de los lotes se encuentran en la siguiente clasificación:

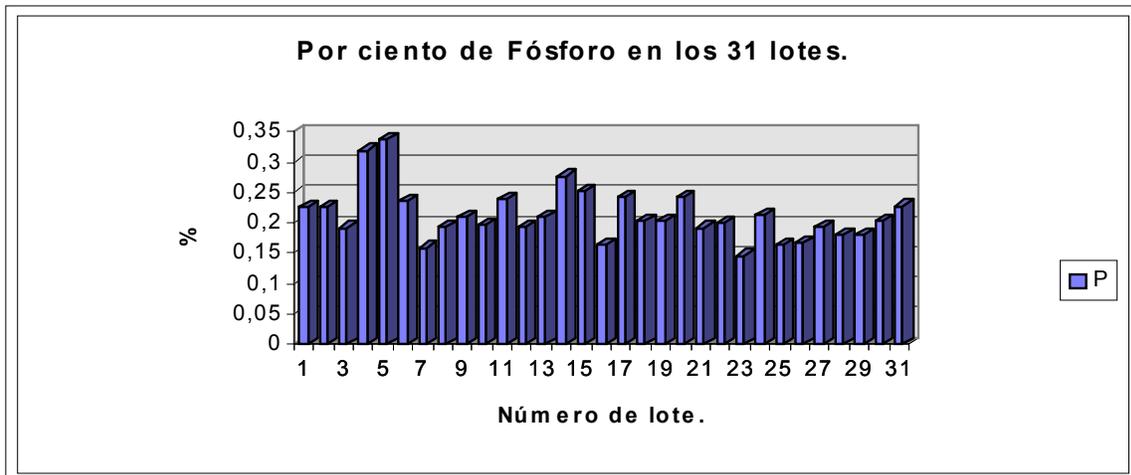
Nivel suficiente, de 0.26-0.75 % para los lotes: 4, 5, 16.

Nivel bajo, de 0.15-0.25 % para los lotes: 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.

Las concentraciones del fósforo en el tejido de la mayoría de los 31 lotes de estudio se ubicaron en un nivel bajo, a excepción de los lotes 4, 5 y 16 que se ubicaron en un nivel suficiente como se puede observar en la Figura 4.5, por lo que se puede mencionar que estas bajas concentraciones favorecieron la tolerancia a **A. solani**, ya que se concuerda con Rodríguez citado por López (1994) y Agrios (1996), quienes mencionan que buenas concentraciones de fósforo aceleran la madurez de los cultivos reduciendo el periodo vegetativo, esto puede ser benéfico para cultivos con incidencia de enfermedades tempranas, pero no para la planta de papa, donde la etapa crítica de infección del tizón temprano ocurre a mitad de la etapa de desarrollo. A bajas concentraciones de fósforo y buenas concentraciones de nitrógeno propician un período vegetativo más amplio

al retardar la senescencia de las hojas y puesto que **A. solani** es una enfermedad de plantas viejas, con un período crítico de susceptibilidad iniciando aproximadamente a los 50 días después de la emergencia del cultivo (Pscheidt and Stevenson, 1988), la planta de papa incrementa su susceptibilidad con la madurez y senescencia (Shtienberg, 1995 y Pscheidt, 1988), por lo que se puede decir que los niveles bajos de fósforo en la concentración de los tejidos pudieron afectar la susceptibilidad de **A. solani** al retardar el período crítico de infección esto debido al alargamiento de la etapa vegetativa, lo que pudo promover un escape a la enfermedad al retardar la madurez de la planta de papa.

Huber (1980) indica que en presencia de una buena nutrición de este elemento la incidencia de **A. solani** disminuye. Este autor también indica la relación entre la buena nutrición de fósforo y la disminución de la incidencia sobre otras enfermedades como: **Helminthosporium sacchari** en caña de azúcar, **Peronospora parasitica** en col y repollo, **Rhizoctonia solani** en leguminosas, **Sphacelotheca sorghi** en sorgo, **Streptomyces scabies** en papa, **Urocystis ooculata** en centeno, **Urocystis tritici** en trigo, **Ophiobolus graminis** en cereales, arroz y céspedes.



**Figura 4.5. Por ciento de concentración de Fósforo en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

### 5.3. Contenido de potasio en el follaje.

Walworth y Muniz (1993) mencionan diferentes niveles de concentración de potasio de 50 a 60 días después de la siembra por lo que las concentraciones tendrían el nivel siguiente:

Nivel tóxico, mayor de 6.50%, para los lotes: 3, 4, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 25, 26 y 29.

**Nota.** Es de mencionar que Walworth y Muniz (1993) proponen varios rangos o niveles de valores reportados para este nutriente y estado (edad) de crecimiento de la planta de papa, por lo que estos mismos valores de concentración (Figura 5.5.), en otro rango o nivel pero en la misma edad de la planta se clasifican como:

Nivel alto, de 7.10-9.00% para los lotes: 13 y 29.

Nivel suficiente, de 5.10-7.00% para los lotes: 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 25 y 26.

En otra clasificación de Walworth y Muniz (1993) a la misma edad la clasificación es:

Nivel alto, de 5.01-6.50% para los lotes: 5, 8, 9, 16, 20 y 26.

Nivel suficiente, de 3.51-5.00% para los lotes: 1, 2, 7, 10, 19, 22, 24 y 28.

Nivel bajo, de 2.25-3.50% para los lotes: 23, 27 y 30.

Nivel deficiente, menor a 2.25% para el lote : 31.

El potasio actúa como regulador de la actividad metabólica e influye en la relación patógeno y hospedero, ya que el acumulo de aminoácidos con acción fungistática como la arginina, ácido glutámico, etc. se producen en niveles altos de potasio en el tejido, así mismo, Huber y Arny (1985) mencionan que el metabolismo de fenoles, sustancias con un importante protagonismo en los procesos defensivos de las plantas, aumenta la liberación de estos compuestos con un nivel suficiente de este elemento.

El potasio y los pesticidas juntos pueden ayudar a la obtención de rendimientos mucho mejores que cuando están separados. Un estudio en Tennessee (U.S.A.) lo demuestra. El K y el Benlate juntos aumentaron el rendimiento de soja (336 kg) y disminuyeron las enfermedades foliares, más que con Benlate solo o con K solo. El K se aplicó al suelo y el Benlate al follaje en un suelo pobre en K, (The Potash & Phosphate Institute, 1997).

Un trastorno ocasionado por deficiencias de potasio es la disminución del traslado de azúcares (por una disminución de la síntesis de azúcares), (Bidwell, 1993) y de acuerdo con estas observaciones Horsfall y Diamond, citados por

Shtienberg (1995) mencionan que las enfermedades causadas por *Alternaria spp* se presentan con mayor incidencia en tejidos bajos en azúcar o bien en hojas viejas o maduras que contienen menos azúcar que las jóvenes.

Huber, (1980) indica que existe una relación estrecha entre la nutrición patónica y la incidencia de enfermedades, ya que a mayor potasio hay mayor presencia de estas enfermedades: *Botrytis cinerea* en tomate, judía y haba, *Bremia lactucae* en lechuga, *Cercospora oryzae* en arroz, *Erysiphe graminis* en cereales, *Helminthosporium sacchari* en caña de azúcar, *Helminthosporium turcidum* en maíz, *Phytophthora infestans* en papa, *Puccinia graminis* en trigo y cereales, *Sphacelotheca sorghi* en sorgo y *Pyricularia oryzae* en arroz.

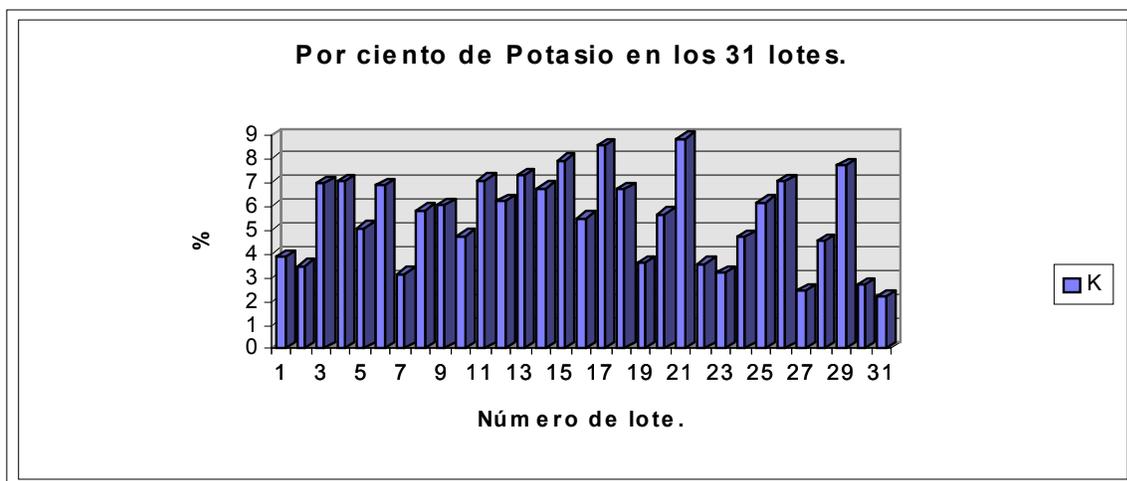


Figura 5.5 Por ciento de concentración de Potasio en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.

#### 5.4. Contenido de calcio en el follaje.

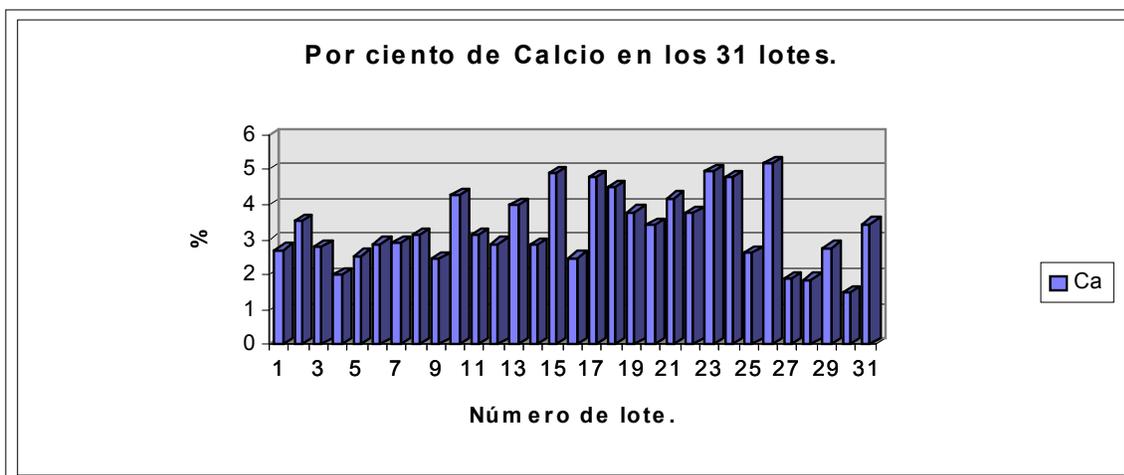
Walworth y Muniz (1993) indican que la concentración de este nutriente a la edad de 50 a 60 días después de la siembra se clasifica en:

Nivel alto , de 2.51-5.00% para los lotes: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29 y 31.

Nivel suficiente, de 0.60-2.50% para los lotes : 4, 9, 16, 27, 28 y 30.

Para el calcio la mayoría de los 31 lotes de estudio se encuentran en un nivel alto y el resto en un nivel suficiente como se puede observar en la Figura 6.5. Este elemento pudo haber provocado resistencia de las plantas a **A. solani** en el tejido, según Agrios (1996) esto parece deberse a la composición de las paredes celulares (pectatos de calcio en las laminillas medias de las células), que fortalece la estructura de las células de la planta, favorece la resistencia frente a ciertas sustancias químicas (toxinas) con una fuerte acción tóxica y se antepone a la penetración de los patógenos en la planta hospedante.

Huber (1980) menciona que enfermedades de las plantas de coliflor y melón causadas por **Fusarium oxisporum** disminuyen conforme la presencia de calcio aumenta, y lo mismo ocurre en las enfermedades causadas **Fusarium roseum** en el cultivo de zanahoria y **Fusarium solani** en judía, **Plasmodiophora brassicae** en col, repollo y crucíferas, **Puccinia recondita** en trigo y **Rhizoctonia solani** en papa.



**Figura 6.5. Por ciento de concentración de Calcio en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

### **5.5. Contenido de magnesio en el follaje.**

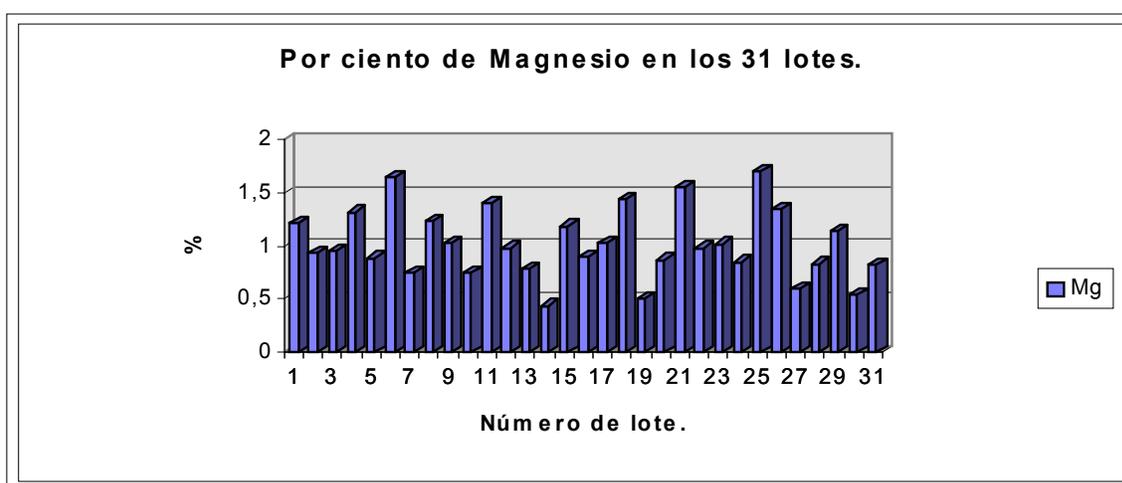
De acuerdo con Walworth y Muniz (1993) el magnesio se ubica en la siguiente clasificación de los 50 a 60 días después de la siembra:

Nivel suficiente, de 0.50-0.80% para los lotes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,30, 31.

Nivel bajo, de 0.15-0.49% para el lote: 14.

Para Walworth y Muniz, (1993) quienes clasifican varios niveles en diferentes edades de la planta de papa, los niveles normales de magnesio en el tejido de peciolos que consideran aceptables se encuentran entre los rangos de

0.26 a 1.25%, por lo que todos los lotes se encuentran dentro de estos rangos como se observa en la Figura 7.5, considerando las concentraciones como óptimas para participar en distintas funciones y constituciones moleculares; al formar parte de la molécula de clorofila, intervenir como cofactor en la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación, además de que es necesario en la formación de azúcares, asimilación de potasio y calcio.



**Figura 7.5. Por ciento de concentración de Magnesio en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

### **5.6. Contenido de manganeso en el follaje.**

Este elemento según Walworth y Muniz (1993) su concentración en el tejido de los 50 a 60 días después de la siembra se ubica en la siguiente clasificación:

Nivel tóxico, mayor de 400 ppm para los lotes: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28 y 31.

Nivel alto, de 201-400 ppm para los lotes: 1, 2, 11, 16, 21, 23, 25 y 27.

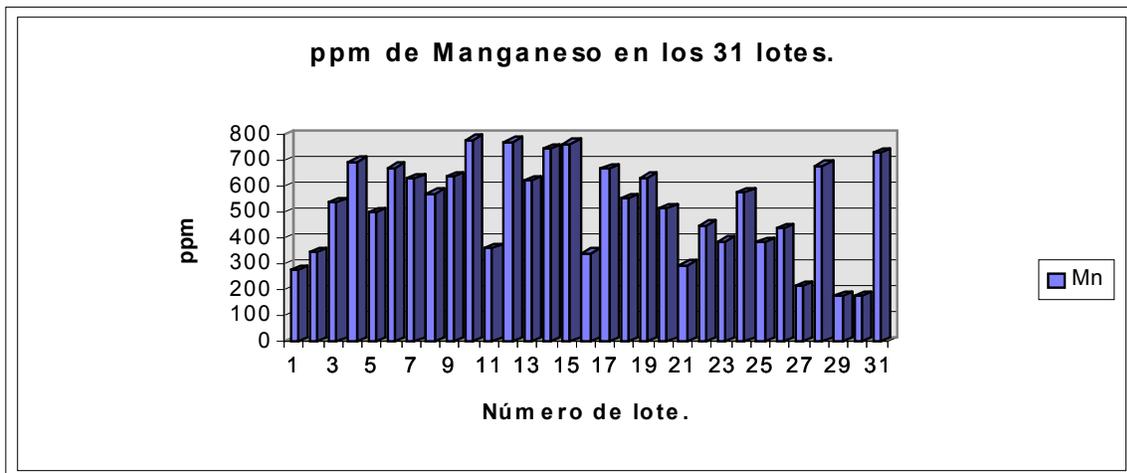
Nivel suficiente, de 21-200 ppm para los lotes: 29 y 30.

En lo que se refiere al propio patógeno, indicar que concentraciones elevadas de manganeso como las encontradas en la mayoría de los lotes muestreados como se aprecian en la figura 8.5 pueden ser las responsables de situaciones desfavorables para él, ya que éste, solo utiliza el manganeso en concentraciones muy bajas, por tanto ciertos niveles de manganeso en el medio pueden ser tóxicos para algunos microorganismos. En este sentido es de destacar su acción inhibitoria frente a la Pectin Metil Esterasa (PME), enzima que utilizan muchos patógenos, causantes de podredumbres, para degradar las paredes celulares de la planta hospedante (Ortega, 1995).

Según Agrios (1996) menciona que las aplicaciones de manganeso reducen la severidad de la roña y el tizón tardío de la papa y la pudrición del tallo de las plántulas de la calabaza causada por **Sclerotinia sclerotiorum**. Huber (1980) hace mención de la relación entre la nutrición del manganeso y la incidencia de algunas enfermedades indicando que a buen nivel del elemento disminuye la incidencia de enfermedades causadas por: **Curvalaria ramosa** y **Erysiphe graminis** en cereales, **Fusarium oxisporum** en tomate, algodón y crisantemo, **Fusarium udum** en guisante, **Helminthosporium sativum** en zanahoria y cereales, **Helminthosporium signoides** en arroz, **Phytophthora infestans** en papa y **Rhizoctonia solani** en leguminosas y cereales. Ahmed (1987) en un estudio de laboratorio encontró que el manganeso a concentraciones de 75 y 100 ppm reduce el crecimiento de **Fusarium oxisporum** en agar.

Sin embargo un aspecto a considerar en la presencia de concentraciones altas de manganeso en el tejido es debido a las constantes aplicaciones de fungicidas a base de mancozeb fungicida en coordinación del ion zinc y etilen

bisditiocarbamato de manganeso, ingrediente activo que es efectivo en el control de enfermedades ocasionadas por **A. solani**, y el cual fue aplicado en todos los lotes de estudio, por lo que se puede decir que el manganeso contenido en el tejido es en su mayor parte producto de las aplicaciones fungicidas no dejando invadir a **A. solani** lo que provoca una baja severidad, y una minima parte de este elemento podría corresponder a manganeso absorbido por la planta y el cual no tiene ninguna relación con la severidad del tizón temprano..



**Figura 8.5. ppm de concentración de Manganeso en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

### 5.7. Contenido de cobre en el follaje.

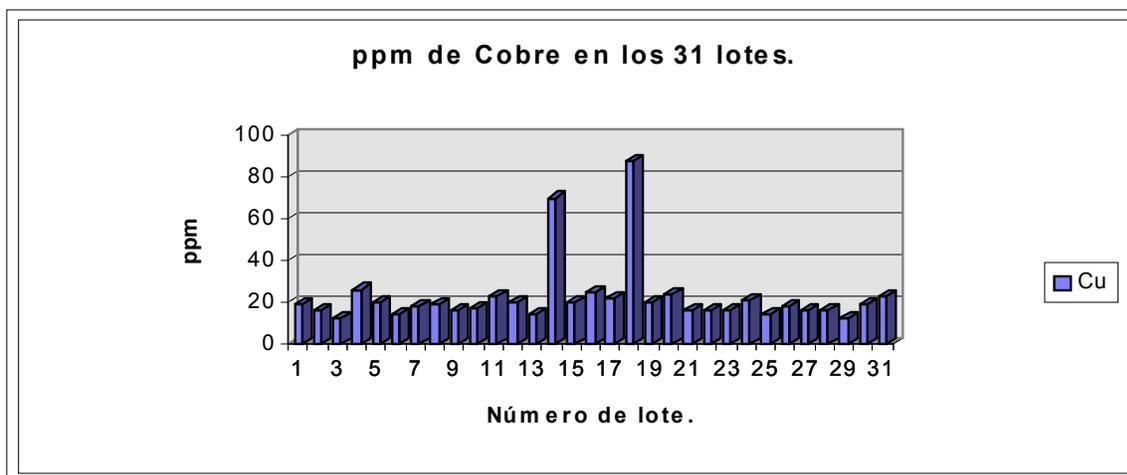
Este elemento según Walworth y Muniz (1993) su concentración en el tejido de los 50 a 60 días después de la siembra se ubica en la siguiente clasificación:

Nivel tóxico, mayor de 50 ppm para los lotes: 14 y 18.

Nivel suficiente, de 5.1-30 ppm para los lotes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31.

Para el caso del Cobre, en donde se presentan valores muy altos como se observa en la Figura 9.5, de acuerdo con Benton y Mills (1991) se deben a la aplicación de fungicidas con cobre en combinación.

La excelente acción selectiva, modo de acción y amplio espectro de acción frente a muchos patógenos que incluyen hongos y bacterias, hacen de este elemento un excelente fungicida y bactericida, por lo que se le encuentra en combinación en muchos fungicida-bactericidas para el control de muchas enfermedades. La relación de este elemento con la incidencia de otras enfermedades es mencionada por Huber (1980) quien indica que **Fusarium culmorum** en cereales, **Helminthosporium sativum** en cereales, **Pyricularia orizae** en arroz, **Sphaceloteca sorghi** en sorgo, **Verticillium albo-atrum** en algodón, tomate y papa y el nemátodo **Tylenchus semipenetrans** en naranjo, las que se ven afectadas conforme las concentraciones de cobre aumentan.



**Figura 9.5. ppm de concentración de Cobre en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.**

### **5.8. Contenido de zinc en el follaje.**

Este elemento según Walworth y Muniz (1993) su concentración en el tejido de los 50 a 60 días después de la siembra se ubica en la siguiente clasificación:

Nivel suficiente, de 21 a 70 ppm para los lotes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30 y 31.

Nivel bajo, de 16-20 ppm para el lote: 29.

Un hecho significativo se refiere a la liberación, en situaciones deficitarias de zinc, por parte de las raíces de una mayor cantidad de carbohidratos y/o aminoácidos, lo que conduce a una situación más favorable para el patógeno. Por tanto, a la vista de estos hechos, se puede concluir que el aporte racional de zinc al medio podría favorecer reacciones de escape de las plantas ante ciertas enfermedades radicales, (Ortega, 1995).

Thongbai et al, (1993) en un estudio en el que realizó correlaciones sobre las deficiencias de zinc en cebada cv. Galleon, establecido en suelo arenoso deficiente en zinc, obtuvo en sus resultados un incremento de rendimiento y observó una disminución del área de lesiones ocasionadas por *Rhizoctonia solani* disminuyendo desde un 42% a un 21% al aumentar niveles de zinc.

Al igual que en el elemento anterior este es aplicado en las constantes aplicaciones de fungicidas a base de mancozeb fungicida en coordinación del ion zinc y etilen bisditiocarbamato de manganeso, por lo que el zinc presente en el tejido pudiera ser de residuos de fungicida que crean una capa externa sobre la epidermis de la hoja lo cual evita la invasión de *A. solani* y la concentración de este elemento en el tejido como se observa en la Figura 10.5 no tiene ninguna relación con la severidad de *A. solani*.

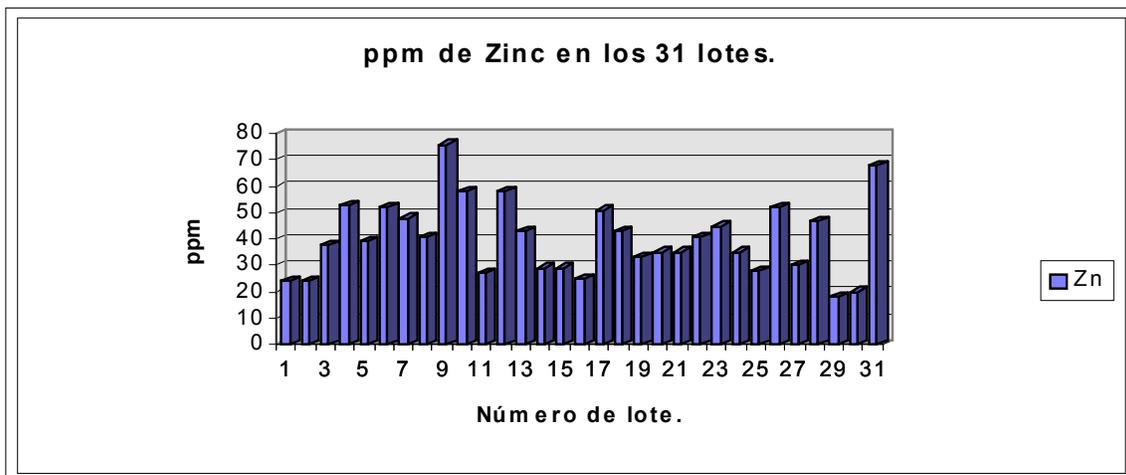


Figura 10.5 ppm de concentración de Zinc en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.

## **5.9. Concentración de fierro.**

Este elemento según Walworth y Muniz (1993) su concentración en el tejido después los 42 días después de la siembra se ubica en la siguiente clasificación:

Nivel suficiente, de 11-300 ppm para los lotes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29,30, 31.

Nivel bajo, menor de 11 ppm para el lote: 25 y 27.

Estas concentraciones para Walworth y Muniz, (1993) se encuentran un nivel suficiente a esta edad intermedia del cultivo a excepción del lote 11 como se observa en la figura 11.5, el cual se encuentra en un nivel bajo. Para Narro, (1995) quien indica que el contenido de Fierro en el follaje varía de 10 a 1000 ppm y menciona que el rango de suficiencia de este elemento se encuentra entre 35 y 75 ppm, la mayoría de los lotes se encuentran sobre estas concentraciones con la excepción de los lotes 17, 25, 27 y 31 los cuales para este autor son deficientes, sin embargo según el The Potash & Phosphate Institute (1997) se deduce que las deficiencias de estos lotes se pueden deber al desequilibrio de metales como el manganeso y el cobre, los cuales se encuentran en una concentración por arriba de sus rangos normales debido a su aplicación constante en el follaje.

Sin embargo considerando que las concentraciones varían de 10-1000 ppm se consideran la mayoría de estas concentraciones buenas para intervenir en los procesos metabólicos como componente importante en varios sistemas enzimáticos de la planta y así como en la producción de clorofila.

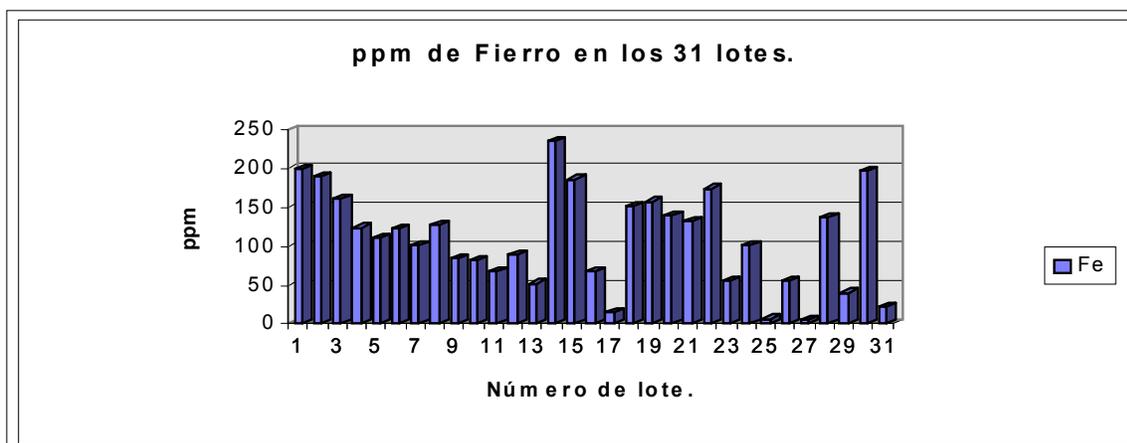


Figura 11.5. ppm de concentración de Hierro en los 31 lotes papeiros de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.

### 5.10. Concentración de Sodio en el tejido.

Todos los lotes se encuentran en una concentración superior a ésta como se observa en la figura 12.5, llegando hasta una concentración de 3.8% de este elemento en el tejido, sin embargo Reuter, (1986) no menciona rangos tóxicos a

concentraciones superiores a las adecuadas, en el mismo caso Benton y Mills (1991), y Walworth y Muniz, (1993) no lo clasifican en sus concentraciones de nutrientes en el tejido de la papa.

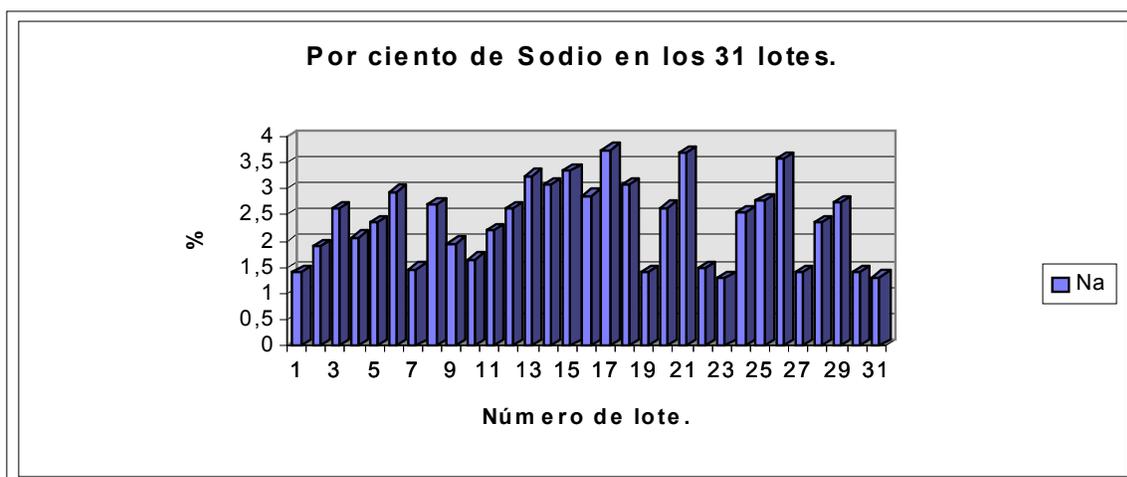


Figura 12.5. Por ciento de concentración de Sodio en los 31 lotes paperos de la Sierra de Arteaga, Coah. y Galeana, N.L. UAAAN, 1997.

### 5.11. Elementos minerales absorbidos en $\text{kg ha}^{-1}$ que muestran relación entre ellos y materia seca.

Debido a las buenas concentraciones del manganeso mostró significancia al nivel 0.01 con la materia seca al igual que con los elementos magnesio, potasio, sodio, fósforo y nitrógeno, teniendo solo un nivel de significancia al 0.05 el calcio, estos elementos favorecen la tolerancia a ***A. solani*** en el cultivo de papa, sin mostrar significancia alguna con la variable severidad, con esto podemos decir que este elemento fue vital en la presencia y severidad del tizón temprano.

El elemento que también mostró una significancia al nivel 0.01 es el zinc, el cual, junto con el manganeso, es parte de la molécula activa del fungicida mancozeb por lo que las concentraciones tan elevadas en el tejido de la planta se deben a residuos de éste.

Otros elementos que tuvieron una correlación significativa al nivel 0.05 y 0.01 fueron los elementos magnesio con potasio, sodio, fósforo, nitrógeno y materia seca, de la misma manera los elementos: potasio con el calcio, sodio, fósforo, nitrógeno y materia seca; calcio con sodio fósforo, nitrógeno y materia seca; sodio con fósforo, nitrógeno y materia seca; fósforo con nitrógeno y materia seca, y nitrógeno con materia seca.

## VI. CONCLUSIONES.

1. Todos los elementos minerales en los 31 lotes de estudio, en sus diferentes concentraciones no mostraron relación estadística con el nivel de severidad de *Alternaria solani* en el cultivo de papa, sin embargo las concentraciones de estos nutrientes en el tejido (50-60 días después de la siembra) de acuerdo a la literatura revisada, se considera en general como buena. Las correlaciones de los nutrientes manganeso, magnesio, potasio, calcio, sodio, fósforo y nitrógeno absorbidos en  $\text{kg ha}^{-1}$  v.s. materia seca mostraron significancia estadística al nivel 0.05 y 0.01 con lo que se demuestra la relación de estos en cuanto a la nutrición de la planta de papa y la tolerancia que propician hacia *A. solani*.

Los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso, zinc y cobre, nutrientes que de acuerdo a su concentración en la nutrición de la planta y sus funciones en particular muestran alguna relación entre la nutrición mineral y la incidencia a A. solani se encuentran en cantidades óptimas para favorecer la capacidad de escape de las plantas ante la presencia de A. solani. Las concentraciones de nitrógeno al alargar el período de senescencia, prolonga de igual modo el periodo de infección por parte de A. solani. El acortamiento del periodo vegetativo por la aplicación de fósforo reduce las posibilidades de infección por A. solani. El potasio pudo haber afectado directamente las diferentes etapas del establecimiento y desarrollo de A. solani, e indirectamente la infección al promover la cicatrización de las heridas, y al retardar la madurez del cultivo más allá del período crítico de infección por A. solani. El calcio con su buena concentración pudo haber influenciado la tolerancia ante A. solani sobre las membranas celulares favoreciendo la resistencia frente a la penetración de este hongo a las células de la planta. Las concentraciones de manganeso en el tejido estuvieron muy altas, esto debido a las aplicaciones de mancozeb fungicida en coordinación del ion zinc y etilen bisditiocarbamato de manganeso, ingrediente activo que es efectivo en el control de enfermedades ocasionadas por A. solani, el cual tuvo una importante acción sobre la superficie de la lamina foliar de la planta. El zinc al igual que el manganeso al encontrarse en concentraciones adecuadas en el tejido pudo haber afectado a A. solani, sin embargo este elemento también es parte de la molécula del mancozeb por lo que sus concentraciones en gran parte se deben a residuos. Por último las concentraciones elevadas de cobre pudieron afectar la presencia de A. solani, sin embargo, estas concentraciones se

pueden deber a residuos de fungicidas con cobre en combinación aplicado para el control de otras enfermedades del cultivo de la papa.

2. La severidad del tizón temprano se debió en su mayor parte a las altas concentraciones de manganeso y a las suficientes concentraciones del zinc que se encontraban formando una capa externa en las hojas que no dejan invadir a **Alternaria solani**, sin embargo la buena nutrición de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro y sodio pudieron favorecer los procesos de defensa al aumentar la capacidad de evasión de las plantas ante la presencia de **A. solani** en las plantas de papa.

3. No hubo ninguna relación estadística del rendimiento de cada lote de producción con peso seco de planta y severidad de tizón temprano (**A. solani**).

4. El estado de fertilidad del suelo se considera bueno, el cual demuestra que con un buen manejo y fertilización se pueden obtener niveles de nutrición buenos, los cuales favorecieron el desarrollo del cultivo de papa y el escape de las plantas a **A. Solani**.

6. La temperatura ambiental influyó sobre el desarrollo de **A. solani** ya que las temperaturas medias máximas mensuales se presentaron entre 19° y 28° C.

Y por último se rechaza la hipótesis planteada al principio de esta investigación, ya que no existe ninguna relación entre la concentración de algunos

elementos minerales en el tejido foliar de la planta de papa a los 50-60 días después de la siembra que afecten la incidencia y severidad de **Alternaria solani**.

## **VIII. LITERATURA CITADA.**

Alcántara, V. E. 1995.1. Nutrición mineral de los frutales. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. . Placido Cuadros S. A. Granada, España.p:1-2.

Agrios, G. N. 1996. Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa. México, D.F.

Ahamet, B.Y.; Sharit, and A. Sarhan. 1987. Effect of certain micronutrientes on Fusarium wilt of tomato 1.Journal of Agriculture and Water Resources Research, plant production. 6: 13-28.

4. Báez, M. 1983. La Papa (*Solanum tuberosum* L.). Monografía, U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx. p: 116.

5. Benton, J.J.Jr., Wolf B. y Mills, H. A.1991. Plant Analysis Handbook Library of Congress Cataloging-in-Publication, U.S.A.

6. Bibwell, R.G.S. 1993. Fisiología vegetal. Prim. edición en español. A. G. T. Méx. D.F.p:272-287.

7. Cépeda, S.M. 1984. Revisión bibliográfica del Tizón temprano (*Alternaria solani*). Boletín 21. Departamento de parasitología. U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila.

8. CIP. 1989. Fungal diseases of the potato. Report of the planning conference on fungal diseases of the potato held at C.I.P. First edition. Lima. P:21-25.

9. Díaz, O.R. 1989. Efectos del Biozyme , T.S. y Biozyme T.F. sobre el N, P, K, rendimiento y calidad de tubérculo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

10. Edmond, B.J. 1981. Principios de Horticultura 3a edición, Edit. Continental. México. p: 575.

Fry, W.E. 1977. Integrated control of potato late blight. Effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* 67:415-420.

11. Fry, W.E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight, *Phytopathology* 68:1650-1655.
12. García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. U.N.A.M., México, D.F.
13. Hooker, W. J. 1980. Compendium of Potato Diseases. Publicado por el Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. pp: 4-6.
14. Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. In: "Plant disease: An advanced treatise" (J.G. Horsfall and E.B. Cowling. Eds.). Vol. V, 318-406.
15. Huber, D. M. & D. C. Arny 1985. Interaction of potassium with plants disease. Madison, WI. USA. p. 476-488.
16. INEGI-CONAL. 1997. El sector alimentario en México. Edición 1997. Impreso en México, D.F.
17. López, T. M. 1994. Horticultura. Editorial Trillas. México, D.F. p:21-25.
18. Maiero, M.; Bean, G.A. and Ng. T.J. 1991. Toxins production by *Alternaria solani* and its related phytotoxicity to tomato breeding lines. *Phytopathology*. 81:1030-1033.
19. Maldonado, A.V. 1982. Papa, alimento base del pueblo Mexicano. Folleto informativo. México. P:8.
20. Mendoza, Z. C. y Pinto, C. B. 1983. Principios de Fitopatología y Enfermedades Causadas por Hongos. U.A.CH. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, Estado de México. p:311.
21. Mendoza, Z. C. 1991. Diagnostico de Enfermedades Fungosas. U.A.CH. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, Estado de México. p: 165.
22. Narro, F. E. A. 1995. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de la papa. UAAAN, 1995. Memorias del VI Congreso Nacional de Productores de Papa IICA. p:32-33.

23. Ortega, D. A. 1995. IV. Nutrición y Fitopatología. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. Placido Cuadros S. A. Granada, España. P:53-71.
24. Pscheidt J.W. and Stevenson, W.R. 1988. The critical period control of early blight (*Alternaria solani*) of potato. American potato journal. 65: 425-437.
25. Romero C.S. 1988. Hongos fitopatógenos. Primera edición. U.A.Ch. Chapingo, México.
26. Reuter D.J. 1986. Plant analysis: an interpretation manual. National library of Australia. p:173-174.
27. Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria*. Biology, epidemiology, and pathogenicity. American Phytopathological Society, St Paul, MN.
28. S.A.R.H. 1994. Cultivos hortícolas y ornamentales. Boletín de datos básicos. No. 5. México, D.F.
29. SEP. 1982. Manual de la producción agropecuaria:papas. Area de producción vegetal. Editorial trillas., México, D.F.
30. Shtienberg, D., Raposo, R., Bergeron, S.N., Legard, D.E., Dyer, A.T., and Fry, W.E. 1994 Incorporation of cultivar resistance in a reduced sprays strategy to suppress early and late blight on potato . Plant Disease, 78:23-26.
31. Shtienberg, D., Blachinsky, D., Kremer, Y., Ben-Hador, G. and Dinoor, A. 1995. Integration of genotype and age-related resistances to reduce fungicide use in manegement of alternaria diseases of cotton and potato. Phytopathology 85:995-1002.
32. The Potash & Phosphate Institute. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. 2801 Buford Highway, Suite 401 Atlanta, Georgia 30329.
33. Thongbai, D., M.J.Webb, and R.D. Graham.1993. Deficiency predisposes winter cereales to *Rhizoctonia* root rot. Developments in Plant and soil. P:54.

34. Valadez, L. A. 1996. Producción de Hortalizas. 4a reimpresión. Ed. Limusa. México.p: 278.

36. Walker, J. Ch. 1965. Patología Vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. p: 828.

37. Walworth, J.L. and J.E. Muñiz. 1993. A compendium of tissue nutrient concentrations for field grown potatoes. American Potato Journal. 70:579-597.

## IX. APENDICE.

**Temperaturas medias de los meses de Abril a Octubre de 1997 de Los Lirios, Arteaga, Coah.**

Mes	Temperatura máxima promedio mensual	Temperatura mínima promedio mensual
Marzo	19.02	4.33
Abril	19.77	4.45
Mayo	24.74	6.34
Junio	26.63	9.42

Julio	25.49	9.57
Agosto	26.84	7.42
Septiembre	26.03	5.23
Octubre	22.70	4.77

**Temperaturas medias de los meses de Abril a Octubre de 1997 de Galeana,**

**N. L.**

Mes	Temperatura máxima promedio mensual	Temperatura mínima promedio mensual
Marzo	19.43	4.3
Abril	19.8	4.5
Mayo	26.1	10.6
Junio	25.15	12.05
Julio	24.2	13.5
Agosto	28.3	11.2
Septiembre	26.7	7.1
Octubre	25.5	2.6