

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



**SEVERIDAD DEL TIZÓN TARDÍO EN RELACIÓN CON EL CONTENIDO
NUTRICIONAL DE LA PAPA EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA,
N.L.**

POR:

MA. DE LA PAZ GARCIA GARCIA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO.

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 1998.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

**DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA**

**SEVERIDAD DEL TIZÓN TARDÍO EN RELACIÓN CON EL CONTENIDO
NUTRICIONAL DE LA PAPA EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA,
N.L.**

POR

MA. DE LA PAZ GARCIA GARCIA.

TESIS

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador
como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO
APROBADA**

**M.C. Leticia Escobedo Bocardo
Presidente**

**M. C. Ricardo Requejo López.
Sinodal**

**M.C. José Guadalupe Garza López
Sinodal**

**M. C. Mariano Flores Dávila.
Coordinador de la División de Agronomía.**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 1998.

A DIOS NUESTRO SEÑOR.

**POR QUE EN CADA MOMENTO SENTI SU
PRESENCIA Y HASTA EL FINAL MEDIO SEGURIDAD
Y SABIDURIA PARA LOGRAR ESTA META EN MI VIDA.**

**A EL...
SER SUPREMO; CREADOR
DE TODO CUANTO EXISTE Y
A QUIEN LE DEDO LA
VIDA.**

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Marcos García García.

Sra. Lourdes García Barboza.

Por haberme guiado siempre por el buen camino, haber depositado toda su confianza en mi y por darme la oportunidad de superarme para llegar a la culminación de mi carrera. A ustedes mis más profundo, sinceros respetos y agradecimientos.

A mis hermanos:

**Marcos, Cirila, Luis, Eloy, Alicia, Graciela, Yolanda,
Ruben, Alejandro, Giovanii e Israel.**

Quienes en todo momento han estado conmigo, alentándome para seguir adelante, por el apoyo y confianza que hicieron sentir con fuerza para lograr lo que ahora soy.

A mis sobrinos:

Pilares de la nueva generación, esperando ser un gran ejemplo para ellos.

A Zuriel Sánchez, por su amor, dedicación y comprensión que siempre me brindo, con quien he compartido momentos felices y difíciles de mi vida.

A la juventud que ha recorrido conmigo o ha estado cerca a través de mi formación: Primaria, Secundaria, Bachillerato y de manera especial a mis

compañeros de la generación LXXXIV de Ingenieros Agrónomos en Parasitología.

A mis amigas Ernestina, Rosa María, Cristina y Esmeralda, por su sincera amistad y por todos los momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro” por haberme albergado en su seno y por todo lo que en ella he aprendido.

Al M.C. Leticia Escobedo Bocado por haberme brindado la confianza y apoyo en la realización del presente trabajo, por la orientación y sugerencias en el desarrollo del mismo.

Al M.C. Ricardo Requejo López, su tiempo e interés mostrado, así como por sus sugerencias y recomendaciones en la realización de esta investigación.

Al M.C. José Guadalupe Garza López. por las facilidades brindadas en la revisión y por sus aportaciones en esta investigación.

Al Ing. Lucio Leos, por su amistad y ayuda prestada durante la realización de esta investigación en el campo.

A todos mis maestros que tuve a lo largo de mis estudios, por su amistad y consejos.

Con sincero agradecimiento a Silvino Martínez Ramírez y Alejandro Hernández Mayo y todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron en la realización de la presente investigación.

INDICE

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
1.- INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	4
2.- REVISION DE LITERATURA.....	5

2.1 Aspectos generales del cultivo de papa.....	5
2.1.1. Importancia.....	5
2.1.2. Origen y distribución.....	6
2.1.3 Botánica sistemática y morfología de la papa.....	8
2.1.4. Valor nutricional.....	13
2.1.5. Requerimientos climáticos.....	14
2.1.6. Requerimientos de humedad.....	16
2.1.7. Requerimientos edáficos.....	17
2.2. Problemas patológicos.....	18
2.2.1 Enfermadades que atacan al cultivo de la papa.....	18
2.3. Tizón tardío de la papa.....	19
2.3.1 Origen y distribución.....	19
2.3.2. Síntomas.....	20
2.3.3. Etiología.....	22
2.3.4. Reproducción.....	23
2.3.5. Ciclo de la enfermedad.....	24
2.3.6. Condiciones predisponentes.....	25
2.4. Importancia de la fertilización en el cultivo de	26
papa....	
2.4.1. Nutrimientos esenciales para las plantas de	26
papa.....	
2.4.2. Mecanismos mediante los cuales los nutrientes	
facilitan la defensa.....	27
2.4.2.1. Aumento de la tolerancia.....	28
2.4.2.2. Escape de la planta a la enfermedad.....	28
2.4.2.3. Mejorando la resistencia fisiológica de la planta...	29
2.4.2.4. Reducción de la virulencia del patógeno.....	30
2.4.3. Efecto de los nutrientes minerales en defensa de la	
planta.....	30
Carbón.....	31
Oxígeno.....	31

Hidrógeno.....	31
Nitrógeno.....	32
Fósforo.....	34
Potasio.....	35
Calcio.....	37
Magnesio.....	38
Azufre.....	39
Fierro.....	39
Manganeso.....	39
Zinc.....	40
Cobre.....	41
Boro.....	41
Molibdeno.....	42
Cloro.....	42
2.5. Diagnostico.....	43
2.5.1 Análisis foliar.....	43
2.6. Correlaciones fenotípicas.....	46
2.6.1. Correlaciones realizadas en el cultivo de papa.....	48
3.- MATERIALES Y METODOS.....	50
3.1. Localización del área experimental.....	50
3.2. Establecimiento y manejo del cultivo.....	53
3.3. Evaluación de parámetros.....	55
3.3.1. Severidad.....	55
3.3.2. Análisis de suelo.....	57
3.3.3. Análisis foliar.....	61
3.3.4. Materia seca.....	64
3.3.5. Rendimiento.....	64
4.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
5.- CONCLUSIONES.....	81
6.-LITERATURA CITADA.....	83
7.- APENDICE.....	88

INDICE DE CUADROS

No. Cuadro	Página
2.1. Contenido nutricional del tubérculo de papa en 100 gramos de muestra:(Woolfe,1987,citado por Rangel 1997).....	13
3.1. Escala para evaluar el daño foliar por el Tizón Tardío, de acuerdo con el Centro Internacional de la Papa (CIP).....	56
4.1. Concentración de elementos en la planta de papa (UAAAN 1997).....	68
4.2.. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, el rendimiento total, por ciento de severidad del tizón y el peso de materia seca de la planta de papa, UAAAN 1997.....	69
4.3. Matriz de correlaciones entre valores de nutrientes absorbidos por hectárea, severidad, rendimiento y materia seca	

de los lotes de pap (UAAAN 71
1997).....

INDICE DE FIGURAS

No. Figura.....	Página
4.1. Relación entre el fósforo absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	74
4.2. Relación entre el potasio absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	74
4.3. Relación entre el zinc absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	75
4.4. Relación entre el nitrógeno absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	77
4.5. Relación entre el fósforo absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	77
4.6. Relación entre el potasio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	78
4.7. Relación entre el calcio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	78
4.8. Relación entre el magnesio absorbido y la materia seca en el	

cultivo de papa, UAAAN 1997.....	79
4.9. Relación entre el manganeso absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	79
4.10. Relación entre el sodio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.....	80

1.- INTRODUCCIÓN.

La papa (*Solanum tuberosum* L) es la planta dicotiledonea más importante como fuente de alimentación humana, ocupa el cuarto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo y es superado solo por gramíneas como el trigo, arroz y maíz (Valadez, 1997). A nivel nacional es la hortaliza que ocupa el segundo lugar en importancia, seguida del chile (INEGI, 1996).

Desde su introducción, la papa fue bien aceptada por los agricultores debido a las características agronómicas que posee, así como por los rendimientos y utilidades que proporciona, los cuales no serían posibles sin un adecuado manejo del cultivo (Lerma, 1995).

El cultivo de la papa se ve afectado por un sin número de enfermedades que son las responsables de grandes pérdidas en su producción. El tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) sigue siendo la enfermedad fungosa más importante y destructiva en esta hortaliza, la cual tiene distribución mundial. Causa estragos en hojas, tallos y tubérculos ya sea en forma parcial o totalmente.

Dieciséis elementos químicos son esenciales para el crecimiento de las plantas. Un elemento es esencial si satisface tres condiciones: (1) que la planta no pueda completar su ciclo de vida sin dicho elemento, y (2) que su acción sea específica y (3) no pueda ser sustituido por otro. Tanto la deficiencia como el exceso, o el desequilibrio en la cantidad de elementos esenciales pueden ser nocivos a las plantas. Las deficiencias en los requerimientos nutricionales de las plantas, no sólo tienen en sí efectos nocivos sino que además, según señala Huber (1980), influyen en los procesos involucrados en sus mecanismos de defensa en relación con patógenos bióticos. Las plantas obtienen carbono, hidrógeno y oxígeno del aire y el agua, el resto lo obtienen del suelo. N, P y K son los elementos mayores; Ca, Mg, y S son secundarios y los demás micronutrientes: Zn, Fe, Mn., Cu, B, Mo y Cl. Las plantas necesitan grandes cantidades de los elementos mayores y pequeñas cantidades de los micronutrientes. Es frecuente que se presenten deficiencias y en algunos casos toxicidad por exceso de algún nutrimento. Las carencias

provocan una disminución del crecimiento de la planta y reducción en la cantidad y calidad de la cosecha (De Bauer, 1991 y De la garza, 1996).

Existen evidencias del efecto de la nutrición en defensa contra las enfermedades, por lo cual algún elemento puede determinar el aumento o decremento de la enfermedad. Las plantas obtienen los nutrimentos del medio ambiente donde se desarrollan, con el cual aseguran su crecimiento y supervivencia, por esto el medio influye en el bienestar de la planta y puede ocasionarle enfermedad cuando uno o más nutrientes están en cantidades anormales (De la Garza, 1996).

Así pues, los elementos minerales, se relacionan con todos los mecanismos de defensa como componentes de las células, substratos, enzimas y transportadores de electrones, o como activadores, inhibidores, y reguladores del metabolismo, que influyen en la síntesis o formación de barreras físicas y químicas en la planta que puedan manifestarse en resistencia o susceptibilidad a la enfermedad (Huber, 1980).

Dado lo anterior los objetivos del presente trabajo son:

Establecer la relación de los elementos minerales contenidos en el follaje del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) con el por ciento de severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Así mismo analizar las relaciones existentes entre materia seca, severidad del tizón tardío y rendimiento en el cultivo de papa.

Hipótesis:

- a) Existe relación entre el contenido de nutrientes minerales y el porcentaje de severidad del tizón tardío.
- b) Existe relación entre el contenido nutricional de la planta y el rendimiento.
- c) Existe relación entre el contenido nutricional de las plantas con el peso de materia seca.
- d) Existe relación entre el rendimiento y el porcentaje de severidad del

tizón tardío.

e) Existe relación entre el peso de materia seca y el rendimiento.

2.- REVISION DE LITERATURA.

2.1- Aspectos generales del cultivo de la papa.

2.1.1. Importancia.

La papa es una hortaliza de gran consumo en México, ya que se adquiere en el mercado durante todo el año.

Por sus características nutritivas, es la que tiene mayor capacidad de competencia en el mercado, pues sus volúmenes de consumo son superiores a cualquier otra hortaliza (Saborio ,1991).

La producción nacional de papa para 1996 fue de 1,282,365 toneladas con un rendimiento promedio nacional de 20.457 ton/ha, con una superficie cultivada de 62,680 hectáreas; siendo los estados de Sinaloa, México, Guanajuato, Nuevo León, Chihuahua, Sonora, Puebla,

Michoacán y Coahuila, las principales entidades productoras de nuestro país (INEGI,1996).

En los estados de Coahuila y Nuevo León, las principales zonas productoras de papa son los municipios de Arteaga y Galeana, respectivamente para el año de 1996 se cosecharon 5,790 hectáreas, con un rendimiento promedio de 31.57 ton/ha (INEGI ,1996).

La importancia de la papa radica en su alto valor nutritivo, en la superficie sembrada y en la gran demanda de mano de obra que necesita durante todo su desarrollo agrícola (70-85 jornales/ha). En México se presenta un consumo promedio per cápita anual de 16 kilogramos por año, (DGEA,1982, citado por (Valadez, 1997).

La papa es una especie que produce gran cantidad de alimento por unidad de superficie, pues ocupa el primer lugar en producción de calorías por hectárea. El segundo lugar después de la soya en producción de proteínas por hectárea y también contiene dos aminoácidos muy importantes en la dieta humana y animal que es la Lisina y el Triptofano (Pérez, et al, 1997).

La papa tiene una gran variabilidad de consumo (cocida, procesada, en puré, etc.) y también puede usarse para la alimentación animal, especialmente los tubérculos pequeños y dañados. Además tiene

usos industriales, para la obtención de almidón, harina, glucosa, alcohol y glicerina (SEP, 1990).

2.1.2. Origen y distribución .

Vavilov (1951), citado por Montaldo (1984), considera que la papa cultivada tuvo dos centros de origen: el centro de origen de Chilóe, donde esta la papa cultivada (*Solanum tuberosum*) y el centro de origen Ecuador, Perú y Bolivia, donde están representadas la papa cultivada andina (*Solanum andigenum*), otras especies de papas endémicas, la (*Oxalis tuberosa*), la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), el ullucu (*Ullucus tuberosum*), la aricama (*Polymnia sonchifolia*), el ocuma (*Xanthosoma sagittifolium*), la achira (*Canna edulis*), la arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*) y otras útiles.

Para Vavilov el centro de origen de una especie cultivada está donde se encuentra una mayor variación en sus formas cultivadas y las especies silvestres correspondientes, así como un marcado endemismo fitogeográfico.

De acuerdo a la SEP (1990) el origen geográfico de la papa está ubicado en las cordilleras de los Andes del Perú. Desde este lugar, la papa ha sido llevada a casi todos los países del mundo.

Maldonado (1982), citado por Salinas (1997), menciona que el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) es consumida como un alimento básico desde 500 años a.c. por los incas en los andes y en México por los nativos del altiplano. Es originaria de América (Chile, Perú, Ecuador y México). Se introdujo en Europa en el siglo XVI por los españoles, después del descubrimiento de América.

Cañas (1901), citado por Montaldo (1984), establece en forma indudable, que la papa es originaria de los bosques del Sur de Chile, de ahí era extraída por los aborígenes para su alimentación, en ese lugar la encontraron los conquistadores en forma silvestre, porque en esas regiones están sin modificarse las condiciones de clima, y suelo, bajo las cuales tuvo su origen.

Guerrero (1981), menciona que la papa pertenece a la familia de las solanáceas. Es una planta dicotiledónea, su cultivo se haya extendido por todo el mundo, con excepción de los países tropicales. Según Mateo Box, la patata fue introducida en España en el año de 1565, siendo nuestro país el centro de expansión del tubérculo a toda Europa.

2.1.3. Botánica sistemática y morfología de la papa.

Basándose en los caracteres florales la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema:

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *tuberosum*.

La papa puede ser clasificada de acuerdo a sus niveles de ploidía que es el número de cromosomas presentes en la célula vegetativa. El juego de cromosomas de la papa consta de doce y las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide hasta tetraploide (Huamán, 1986).

Existe un gran número de especies de papa, pero en la producción se usa sólo las especies *tuberosum* y *andigenum*. También el requerimiento respecto a la duración del día es diferente para las dos especies (SEP, 1990).

La papa es una planta herbácea anual y alcanza una altura entre 40 y 80 cm. Esta constituida por las siguientes partes:

Raíces: La planta de papa tiene raíces poco profundas, estas rara vez se extienden más allá de una profundidad de 40 a 50 cm. Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla forman una delicada raíz

axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo (Huaman, 1986). En las plantas adultas el sistema radicular es moderadamente extenso, aunque unas pocas raíces alcanzan de 0.90 a 1.20 metros, tanto vertical como lateralmente, la mayor parte de las raíces tienen de 15 a 60 centímetros de largo(Edmond, 1981).

Tallos: Los tallos son de dos tipos: (1) aéreos y (2) subterráneos; los tallos aéreos son angulosos, de color verde o púrpura-verdoso, dependiendo de la variedad, Edmond (1981). Estos tallos contienen un alcaloide tóxico, la solanina, que puede formarse también en los tubérculos cuando éstos se exponen prolongadamente a la luz (Guerrero, 1981).

Los tallos subterráneos son estolones y tubérculos. Los estolones son cortos, aproximadamente del tamaño de un lápiz y crecen lateralmente a una distancia de 2.5 a 10 centímetros. Los tubérculos nacen en la extremidad de los estolones, son cortos, gruesos, y carnosos (Edmond, 1981).

Tubérculos: Morfológicamente los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos el basal o extremo ligado al estolón

que se llama talón y el extremo opuesto que se llama extremo apical o distal (Huaman, 1986).

En la superficie los tubérculos tienen yemas u ojos distribuidos en forma helicoidal, unos cuantos en el extremo ligado al estolón y más hacia el extremo apical; están ubicados en las axilas de las hojas escamosas llamadas cejas. Los ojos del tubérculo corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares (Huaman, 1986).

Generalmente cuando el tubérculo ha madurado, las yemas de los ojos están en un estado de reposo y por ello no pueden desarrollarse (domonancia apical). Al cabo de cierto tiempo, que depende de la variedad, las yemas del ojo apical son las primeras en salir del reposo, más tarde las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes (Huaman, 1986 y Horton ,1987).

Hojas: Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo, normalmente las hojas son compuestas, tienen un raquis central y constan de nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuando más alejados se encuentran del nudo de inserción.

En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas pseudoestípulas, la forma y tamaño de ésta, así como el ángulo

de inserción del pecíolo en el tallo, son caracteres distintivos muy útiles (Huaman, 1986 y Guerrero, 1981).

Las hojas son un poco vellosas. En las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas (SEP, 1990).

Flor o Inflorescencia: El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación de la cual se desprenden del tallo, las flores o los frutos, la posición de la articulación es uno de los caracteres taxonómicos más útiles de la papa (Huaman, 1986). Las flores de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (Huaman, 1986).

Fruto: Los frutos son redondos, suaves y pequeños con un diámetro aproximado de dos centímetros. Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas, utilizándose en el desarrollo de nuevos tipos y variedades (SEP, 1990 y Edmond, 1981).

2.1.4. Valor nutricional.

Como anteriormente se mencionó la importancia de la papa radica en su valor nutritivo, ocupando el cuarto lugar en alimentos a nivel mundial; debido a la elevada obtención de proteína por superficie (Valadez, 1997).

Cuadro 2.1. Contenido nutricional del tubérculo de la papa en 100 gramos de muestra: (Woolfe, 1987, citado por Rangel, 1997).

Característica nutricional.	Papa.	Papa (seca).	Papa hervida con piel.	Papa hervida sin piel.	Papas a la francesa	Papas botana (Chips).
Energía (Kcal)	80	321	76	72	264	551
Humedad (%)	78	11.7	79.8	81.4	45.9	2.3
Proteína (gr)	2.1	8.4	2.1	1.7	4.1	5.8
Lípidos (gr)	0.1	0.4	0.1	0.1	12.1	37.9
Carbohidratos totales (gr)	18.5	74.3	18.5	16.8	36.7	49.7
Fibra cruda (gr)	0.5	2.0	0.5	0.6	1.0	1.6
Cenizas (gr)	1.0	4.0	0.9	0.7	1.8	3.1
Calcio (mg)	9	36	7	6	15	39
Fósforo (mg)	50	201	53	38	92	135
Hierro (mg)	0.8	3.2	0.6	0.5	1.1	2.0
Zinc (mg)	0.41	-	-	-	-	-
Tiamina (mg)	0.10	0.40	0.09	0.08	0.12	0.20
Niacina (mg)	1.5	6.0	1.5	1.2	2.6	5.5
Riboflavina (mg)	0.04	0.16	0.03	0.03	0.06	0.07
Vitamina C (mg)	20	80	12-16	4-14	5-16	17
% de Almidón contenido en la materia seca de tubérculo de la papa.	60-80.					

El contenido mineral de la papa es grandemente influenciado por el suelo en el cual crece. Normalmente la papa es una fuente moderadamente buena de hierro(Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), y es

excelente en potasio (K). Estos aspectos nutricionales indican que la contribución de la papa a la dieta no es energía principalmente sino también proteínas, vitaminas y minerales (Horton, 1987).

La principal característica de la papa es su alta concentración de carbohidratos, en forma de almidones (Valadez, 1997).

2.1.5. Requerimientos climáticos.

Horton en 1987 indica que el fotoperiodo y la temperatura pueden influenciar en el hábito de crecimiento de la papa. Por ejemplo en las variedades de la especie *tuberosum*, los días cortos y temperaturas particularmente bajas en la noche, estimulan la tuberización. Dos aspectos de la temperatura son particularmente significativos para la producción de papa: 1) La temperatura alta durante el día es relacionada con un alto porcentaje de respiración y transpiración, el cual puede causar plantas con estrés de humedad aún cuando el contenido de humedad en el suelo es alto. 2) Los tubérculos no se forman cuando existen temperaturas por encima de 20°C por la noche, ya que altas temperaturas por la noche incrementan la respiración de las plantas, disminuyendo reservas de carbohidratos por lo que crecimiento del tubérculo es lento, además las heladas y las granizadas pueden dañar las plantas de papa y afectar drásticamente la producción.

Valadez (1997) menciona que la planta de papa es semirresistente al frío, pero no tolera heladas. Se desarrolla desde alturas de 500 a 3000 msnm. Las temperaturas óptimas ambientales para obtener los máximos rendimientos son de 15.5° C a 18.5° C. La temperatura óptima del suelo para la emergencia es de 22° C, temperaturas altas retardan la emergencia. Se reporta que la temperatura de 16°C por la noche y mayores de 18°C por el día arrojan los rendimientos más altos y la cantidad de almidones más elevada, cabe mencionar que esta relación de temperaturas también depende del cultivar. Además para obtener una buena calidad de papa (relación almidón-azúcares) en el día deben presentarse temperaturas altas (26°C) con buena luminosidad y temperaturas nocturnas de 12°C a 16 °C durante el crecimiento vegetativo.

Montaldo (1984) afirma que la influencia del fotoperíodo en la papa es marcada en el crecimiento vegetativo, el crecimiento de los estolones, la floración y la tuberización. Todas las especies y variedades de papa crecen más en días largos y disminuyen su crecimiento cuando los días son cortos. La papa, como regla general, florece más abundantemente cuando los días son más largos.

Referente al efecto del fotoperíodo en la tuberización, Driver y Hawkes (1943), citados por Montaldo, (1984) marcan que un fotoperíodo largo estimula el crecimiento vegetativo, mientras que un fotoperíodo corto restringe el crecimiento vegetativo, pero no reduce los productos totales

de la fotosíntesis. El inicio de la tuberización ocurre más pronto bajo condiciones de días cortos que bajo días largos; la tuberización es más violenta y la madurez se alcanza más rápido. La producción de tubérculos por unidad de área foliar es mayor bajo días cortos, pero las plantas que alcanzan gran desarrollo vegetativo bajo condiciones de día largo pueden al final producir un rendimiento adecuado en tubérculos debido al mayor incremento del área foliar que compensa la disminución de la frecuencia en la tuberización.

De acuerdo con la SEP, 1990 el tubérculo no requiere luz para brotar. Sin embargo, cuando la planta ha emergido necesita bastante luz para su desarrollo. Un sol fuerte durante mucho tiempo reduce la producción.

2.1.6. Requerimientos de humedad.

La planta de papa es más sensible a la sequía que otros cultivos. En general un periodo de sequía durante la formación de tubérculos reduce la producción más que cuando la sequía se presenta en etapas tempranas de desarrollo. En períodos cálidos las papas requieren riegos mas frecuentes que otros cultivos (Horton, 1987).

El cultivo de papa necesita una continua provisión de agua durante su crecimiento. La cantidad total de agua para el cultivo es de aproximadamente 500 mm. Los riegos deben ser ligeros para evitar pudriciones por hongos y bacterias (SEP, 1990). La frecuencia de riegos debe ser de 7 a 12 días, según el clima y el tipo de suelo.

Una aplicación irregular de agua induce al agrietamiento de tubérculos, crecimiento irregular y otras malformaciones que pueden disminuir el valor comercial de los tubérculos (Horton, 1987).

2.1.7. Requerimientos edáficos.

El cultivo de la papa puede ser establecido en una amplia variedad de suelos, pero se adapta mejor en suelos de textura migajón arenoso o migajón arcilloso, ricos en materia orgánica, de estructura granular migajosa y consistencia friable, es decir fácilmente desmoronable (Narro, 1986).

La reacción del suelo debe ser ligeramente ácida a neutra, ya que la papa está clasificada como una hortaliza altamente tolerante a la acidéz, teniendo valores de pH de 5.0 - 6.5. Lo anterior no significa que no puedan cultivarse papas fuera de los límites señalados, ya que ésta se puede cultivar en suelos con valores de pH de 7.0 - 8.0 (Valadez, 1997).

Hidalgo y Pérez (1965), citados por Montaldo (1981) dicen que los suelos deben ser de una profundidad mayor de 60 centímetros con buen drenaje interno que facilite una buena aireación de las raíces. La papa es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 10 a 4 mmhos/cm. Richar (1954); Maas (1984); citados por Valadez (1994).

2.2. Problemas patológicos.

2.2.1. Enfermedades que atacan al cultivo de la papa.

Los problemas patológicos son comunes en todas las regiones donde se cultiva la papa, pues son enfermedades que han estado presentes en México y que por una selección inadecuada de semillas se han incrementado y diseminado por todas las zonas de ecología similar. Uno de los problemas patológicos más severos es la presencia del gongo *Phytophthora infestans* considerado, quizás, el más grave en ciertas regiones. Por otra parte existen problemas de plagas y otras enfermedades presentes.

El cultivo de la papa es afectado por varias enfermedades causadas por hongos, virus, bacterias, nemátodos y micoplasmas. Algunos de estos organismos permanecen en el suelo y se multiplican rápidamente si no se toman las precauciones necesarias, ya que un mal manejo puede ser la causa de propagación de enfermedades en el campo. Estas enfermedades causan una disminución del rendimiento en la cosecha y en

algunos casos pudieran representar la pérdida total de la producción del cultivo (Ramos, 1991).

2.3. Tizón tardío de la papa.

2.3.1. Origen y distribución.

Se supone que la enfermedad es originaria de México. Condiciones especiales de clima y especies hospedantes avalan tal suposición, que podría extenderse por los mismos motivos a ciertas zonas de Centro América y América del Sur. *Phytophthora* está presente en forma endémica en el Valle de Toluca, México, siendo probablemente que haya existido allí por cientos de años.

El hongo ataca a dos especies de gran importancia económica utilizadas para la alimentación, papa y tomate, ambas originarias de América (Calderoni, citado por Sarasola, 1975).

Actualmente la distribución de *Phytophthora infestans* es mundial y en casi todos los países la enfermedad puede afectar determinadas regiones según las condiciones climáticas (Calderoni, 1978). Esta enfermedad se presenta en casi todas las regiones donde se cultiva la papa. Sin embargo, es más virulenta en la mitad oriental de Norteamérica

y en el Noroeste de Europa, donde las papas se cultivan en grandes extensiones y donde el clima húmedo y moderadamente frío favorece tanto la producción de los tubérculos como la enfermedad que aparece en ellos (

2.3.2. Síntomas.

Los síntomas de la enfermedad se presentan en las hojas, tallos, flores, frutos y tubérculos; es decir, que ataca a toda la planta (Bazan, 1975). La enfermedad puede aparecer en cualquier momento durante la estación de crecimiento de las plantas (Agrios, 1996).

En las hojas. Al principio los síntomas comienzan en zonas hidróticas en cualquier lugar del limbo, y por lo común aparecen en las puntas o bordes de las hojas inferiores, donde se forman manchas irregulares circulares; en un comienzo éstas tienen color verde amarillo en la parte central y rápidamente toman un color café o casi negro, terminando con la muerte de los tejidos atacados. En el borde de la mancha se forma un halo clorótico. Esta mancha se extiende rápidamente por la lámina alcanzando el pecíolo de la hoja, hasta que la misma se desprenda (Calderoni, 1978).

En caso de que las condiciones climáticas sean desfavorables a la enfermedad (un tiempo seco), después de la iniciación del ataque estas

manchas se secan y se tornan quebradizas. En cambio, con tiempo favorable (caluroso y húmedo), ellas progresan nuevamente.

En el tallo: En este órgano se observan manchas alargadas, del mismo color que las hojas (casi negras), pudiendo aparecer antes que en las hojas. El tallo toma una consistencia vítrea y se quiebra fácilmente.

Cuando las condiciones climáticas son favorables al parásito, se producen sucesivas reinfestaciones en el resto de las hojas y tallos, la planta se deshoja y el tallo queda ennegrecido y muere al poco tiempo (Calderoni, 1978).

En el fruto: Los frutos de la papa (bayas), son también fuertemente atacados, manifestándose en forma de manchas café y hundida (Bazan, 1975).

En los tubérculos: La infección de los tubérculos es uno de los aspectos más graves de la enfermedad. Las fuertes lluvias arrastran las esporas de los órganos aéreos de la planta hacia abajo, las que atraviesan la capa del suelo e infectan los tubérculos. Este peligro aumenta a medida que la capa de suelo que los cubre, es más delgada. La infección de los tubérculos se caracteriza por lesiones hundidas, con una coloración castaño púrpura de la epidermis. Estas lesiones pueden ser pequeñas o

bien pueden comprender casi toda la superficie del tubérculo (Agrios, 1996).

Si las condiciones ambientales continúan favorables al tizón, los tubérculos atacados se pudren en el suelo por la acción combinada de *Phytophthora infestans* con otros organismos saprofitos (hongos y bacterias) originando lo que se conoce con el nombre de “podredumbre blanda”, donde los tejidos se rompen y despiden un olor desagradable. En cambio si no continúan esas condiciones, los tejidos afectados se ponen duros, originando la “podredumbre dura” , pudiendo quedar reducida la infección a una zona pequeña del tubérculo, el cual se mantiene entero, sin descomponerse, y la enfermedad puede detenerse. Los tubérculos enfermos son focos de iniciación en la próxima temporada de cultivo cuando son usados como semilla.

2.3.3. Etiología.

El organismo causante del tizón tardío de la papa y del tomate es *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary 1876, el cual pertenece a la clase de los Oomicetos, que se caracteriza por su micelio cenocítico inter e intracelular muy ramificado, hialino (Bazan, 1975). Este hongo produce esporangióforos ramificados de crecimiento indeterminado que salen a través de los estomas de las hojas y por las lenticelas en los tubérculos.

En las puntas de las bifurcaciones de esos esporangióforos se forman esporangios papilados que tienen la forma de un limón, pero conforme prosigue el crecimiento de las puntas de las ramas, los esporangios son desplazados hacia los lados y más tarde se desprenden (Agrios, 1996).

Si los esporangios germinan entre 12 y 15°C, producen ocho zoosporas biflageladas. Las zoosporas nadan durante un tiempo, se enquistan, absorben los flagelos y producen un tubo germinativo. Cuando la germinación se efectúa a temperaturas superiores a 15° C, los esporangios producen un tubo germinativo y actúan como conidio (De la Garza, 1996).

2.3.4. Reproducción.

Este hongo se reproduce tanto sexual como asexualmente. La reproducción sexual se da entre cepas compatibles (solo presentes en México) y tiene lugar por la fecundación del oogonio por el anteridio, dando lugar a la oospora que se resuelve en un micelio y posteriormente fructifica. Este hongo forma un micelio hialino, que produce sobre hifas fértiles (esporangióforos) vesículas semejantes a limoncillos (zoosporangios) en cuyo interior se forman las zoosporas o conidios asexuales que son responsables de producir las infecciones (Calderoni, 1978).

2.3.5. Ciclo de la enfermedad.

El hongo inverna en forma de micelio en los tubérculos de papa infectados y éstos son la fuente de inóculo primario (Agrios, 1996). Cuando en la primavera germina el tubérculo, el micelio del patógeno invade los brotes y produce esporangióforos que emergen a través de los estomas de las hojas y del tallo y se proyectan al aire. Los esporangios formados sobre los esporangióforos se desprenden y son diseminados por la lluvia o bien son llevados por corrientes de aire cuando han llegado a la madurez. Al depositarse sobre las hojas o tallos humedecidos los esporangios germinan y producen zoosporas provocando nuevas infecciones. El tubo germinativo de una zoospora o esporangio penetra en la cutícula de la hoja, o entra por los estomas y produce un micelio intercelular que crece y envía al interior de las células haustorios tortuosos y largos. Las células en las que el micelio se nutre tarde o temprano mueren y conforme empiezan a degradarse, el micelio del hongo se propaga periféricamente en los tejidos carnosos de las hojas. Al cabo de unos días después de la infección emergen nuevos esporangióforos a través de los estomas de las hojas y producen numerosos esporangios que son diseminados por el viento e infectan a otras plantas (Agrios, 1996).

En condiciones ambientales favorables (tiempo fresco) pueden pasar solo cuatro días desde la infección hasta la producción de esporangios, por lo tanto puede haber muchas generaciones asexuales e infecciones en un periodo de crecimiento. Conforme avanza la enfermedad, las lesiones continúan extendiéndose y aparecen otras de ellas, dando como resultado la muerte prematura del follaje de las plantas y una disminución proporcional en la producción de los tubérculos de papa.

La segunda fase de la enfermedad (la infección de tubérculos) se produce en el terreno de cultivo durante tiempo húmedo, cuando los esporangios son arrastrados de las hojas y transportados al suelo (Agrios, 1996).

El hongo esporula con una humedad relativa del 100 % y a una temperatura de 16 a 22 °C. Los esporangios mueren en 3 a 6 horas en humedades relativas inferiores al 80 % (De la Garza, 1996).

2.3.6. Condiciones predisponentes.

Se ha demostrado que las plantas de papa pueden ser infectadas a cualquier edad, cuando las condiciones en que se desarrollan son favorables para el hongo; siendo raro que las plantas jóvenes resulten

afectadas. Se supone que la receptividad aumenta con la edad, siendo el momento más crítico cuando la planta ha tuberizado sin alcanzar su total desarrollo (Calderoni, 1978).

Cuando prevalecen constantes las temperaturas frías, entre 10 y 24 ° C y la humedad relativa permanece sobre el 75%, por lo menos durante 48 horas, la infección se produce y puede esperarse que ocurra un brote de enfermedad transcurridas 2 o 3 semanas. Si durante este período y el venidero ocurren varias horas de precipitación, rocío o humedad relativa cercana al punto de saturación, serán suficientes para incrementar la magnitud de la enfermedad y vaticinarán la probabilidad de que ocurra una epifitía más severa, si no se aplica un método de control (Agrios, 1996).

Las temperaturas mayores de 30 °C, inhiben el desarrollo del hongo en el campo pero no lo destruyen, de ahí que pueda esporular de nuevo cuando la temperatura sea favorable, siempre y cuando la humedad relativa sea suficientemente alta (Agrios, 1996).

2.4. Importancia de la fertilización en el cultivo de papa.

2.4.1. Nutrientes esenciales para las plantas de papa.

El crecimiento y desarrollo de los vegetales y por lo tanto su rendimiento, se determina en gran medida por la disponibilidad de los

nutrimentos para su nutrición. Las plantas contienen pequeñas cantidades de 90 o más elementos, de los cuales solo 16 se consideran esenciales (Narro, 1995).

La fertilidad del suelo es un factor muy importante en la producción de papas por ser éste un cultivo de rápido desarrollo. La papa se caracteriza por una elevada exigencia de nutrientes para lograr producciones aceptables, principalmente de los nutrientes mayores, además del calcio y del magnesio. No siempre un alto aporte de estos fertilizantes se traduce en una eficiente producción de esta solanácea, debido principalmente a desbalances nutricionales que exageran el aporte de nitrógeno y fósforo, minimizando el de potasio e ignorando el de calcio y magnesio la mayoría de las veces (Venegas, 1995).

Los nutrimentos esenciales para todas las plantas y principales formas químicas en que se absorben por las plantas son: Oxígeno (O_2 , H_2O , y CO_2), Hierro (Fe^{2+} , Fe^{3+}), Calcio (Ca^{2+}), Carbono (CO_2), Hidrógeno (H_2O), Potasio (K^+), Nitrógeno (NO_3^+ , NH_4^+ , $CO(NH_2)_2$), Magnesio (Mg^{2+}), Boro (BO_3^{3-} , $B_4O_7^{2-}$), Azufre (SO_4^{2-} , SO_3^{2-}), Cobre (Cu^{2+} , Cu^+), Zinc (Zn^{2+}), Molibdeno (MoO_4^{2-}) y Cloro (Cl^-) (Narro, 1995).

2.4.2. Mecanismos por los cuales los nutrientes facilitan la defensa.

La capacidad de las plantas a defenderse ellas mismas está influenciada por su vigor general y el estado fisiológico de desarrollo. Una planta que sufre estrés severo es con frecuencia más susceptible a enfermedades que aquellas que presentan un nivel óptimo de nutrición, no obstante si las plantas reciben un exceso de elementos minerales también pueden predisponerse a enfermedades.

A pesar de que la mayoría de los mecanismos que involucran una interacción entre hospedero-patógeno-nutrición no están muy claramente entendidos, se sabe que algunos nutrientes específicos reducen la severidad de una enfermedad mediante: a) Aumento de la tolerancia a la enfermedad por la compensación del daño del patógeno, b) Facilitando el escape a la enfermedad, c) Mejorando la resistencia fisiológica de la planta, y d) Al reducir la virulencia del patógeno (Huber, 1980).

2.4.2.1 Aumento de la tolerancia.

Los fertilizantes minerales aumentan la tolerancia a las enfermedades por el hecho de que compensan de alguna forma la toma reducida de nutrientes asociada a la pérdida de tejidos de absorción y una baja traslocación. Una buena nutrición de las plantas ayuda a la formación de nuevas raíces para remplazar las destruidas por patógenos radicales.

2.4.2.2. Escape de la planta a la enfermedad.

Los fertilizantes promueven un escape a la enfermedad acelerando o retrasando la madurez, dependiendo del mineral y de la enfermedad. Al acortar el período infectivo de algunos patógenos, por ejemplo el fósforo reduce el período infectivo de los tizones y otros patógenos foliares, y es especialmente benéfico al contrarrestar los efectos de altos niveles de nitrógeno. El retraso de la senescencia y el período prolongado de infección por *Phytophthora infestans* en papa y tizones en trigo con altos niveles de nitrógeno podrían en un tiempo ser desastroso. Por otra parte, otros elementos minerales pueden causar un alargamiento del ciclo vegetativo y disminuir los síntomas de un ataque inicial del patógeno.

Otro mecanismo de escape es el desarrollo de cutículas y paredes celulares más gruesas, o mayor tejido esclerenquimatoso, debido a diferentes regímenes de nutrición, los cuales han sido correlacionados con una dificultad en la penetración o el crecimiento de algunos hongos patógenos.

2.4.2.3. Mejorando la resistencia fisiológica de la planta.

La reducción de una enfermedad a través de una resistencia del hospedero resulta de una alteración de las rutas metabólicas que afectan el crecimiento de los constituyentes de las plantas, o exudados, en vez de originarse del efecto de un nutriente por sí solo. La producción de barreras mecánicas y de compuestos inhibidores, o la continua disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de parásitos, requieren energía de diferentes rutas metabólicas que son influenciados por los nutrientes minerales. Todos los aspectos de resistencia fisiológica son íntimamente relacionados con el estado nutricional de la planta (Huber, 1980).

2.4.2.4. Reducción de la virulencia del patógeno.

Los minerales disminuyen la virulencia reduciendo el inóculo potencial así como el potencial de la enfermedad. Algunos nutrientes podrían además disminuir la enfermedad aún cuando la población del patógeno ha aumentado. Los nutrientes minerales pudieran reducir la disponibilidad de que el patógeno cause una enfermedad directamente inhibiendo la germinación, crecimiento, penetración, o la actividad enzimática e indirectamente a través de una fungitaxis.

2.4.3. El efecto de los nutrientes minerales en defensa de la planta.

La mayoría de los elementos minerales requeridos para el crecimiento de la planta han sido relacionados con el incremento o reducción de severidad de algunas enfermedades. Los nutrientes ya sea en forma de material orgánico e inorgánico afectan la severidad de las enfermedades, aunque los nutrientes orgánicos pudiera ser que no tengan una relación más compleja con las enfermedades que los nutrientes inorgánicos.

Aunque no es posible generalizar los efectos de un nutriente en particular para todas las combinaciones de hospedero-patógeno. La suma de muchos factores interactuantes entre el patógeno, hospedero, medio ambiente y tiempo, determinan la forma en que una enfermedad es afectada por la nutrición. Un nutriente específico podría promover algunas enfermedades mientras que reduce el desarrollo de otras (Huber, 1980).

Carbón. Siempre existe en cantidades suficientes ya que las plantas son capaces de asimilar el bióxido de carbono de la atmósfera a través de las hojas. Las hojas de los vegetales utilizan en la fotosíntesis solo el carbón del CO₂, y liberan oxígeno que se re integra al aire.

Oxígeno. Casi todo el oxígeno que utilizan las plantas para respirar y para su metabolismo, penetra a través de las raíces y hojas y proviene del agua del suelo y del aire.

Hidrógeno. Las plantas lo obtienen del agua y de otros compuestos.

El carbón, oxígeno e hidrógeno se convierten, en la fotosíntesis, a carbohidratos simples y luego se transforman en aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y casi todas las moléculas orgánicas pequeñas (Narro, 1995).

Nitrógeno. El Nitrógeno tiene valores entre el 1.5 y 6 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 3 y 5 % en el cultivo de la papa; tiene una alta movilidad tanto en el suelo como en los tejidos vegetales. Este elemento ha sido intensamente estudiado en relación a la nutrición del hospedero y la severidad de la enfermedad, ya que este es un elemento esencial para el crecimiento de la planta, su disponibilidad en el suelo esta limitada y sus principales funciones en la planta son la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila; además de que es un constituyente de enzimas, cromosomas, hormonas, fitoalexinas, fenoles y vitaminas (Narro, 1995 y Huber 1980).

Los niveles de nitrógeno total en hojas también tiende a decrecer sobre el crecimiento de la temporada, aunque no tan rápidamente como los niveles de nitrato. Reportes donde los niveles de nitrógeno total en los pecíolos son de 3.50 a 7.00 en la época temprana , de 1.42 a 6.00 en la época media, y de 2.25 a 5.00 durante la época tardía. Las hojas tienen

más altos niveles de nitrógeno que los peciolos. Niveles suficientes de N total en las hojas en la época temprana, media, y tardía son reportadas de 6,00, 5.00, y 4.00 por ciento respectivamente. Mackay, citado por Walworth y Muniz (1993), propuso la época media como la óptima que es de 6.1 a 6.4 por ciento.

Aunque un amplio rango de interacciones de patógenos y sus hospederos son influenciados por el nitrógeno, es frecuente que en la forma en que se encuentre el nitrógeno disponible tanto para el hospedero como para el patógeno es el efecto que tiene este sobre la severidad o resistencia a la enfermedad. El tiempo de aplicación del fertilizante nitrogenado también tiene un marcado efecto sobre la expresión de la enfermedad. La aplicación de nutrientes a las plantas después de la emergencia evita la predisposición de la plantula a enfermedades tales como el Damping-off causada por *Rhizoctonia* y *Fusarium* y otros patógenos radicales (Huber, 1980).

El cultivo de la papa requiere suficientes cantidades de nitrógeno durante el crecimiento rápido y la tuberización, ya que el nitrógeno aumenta la masa foliar y, por lo tanto, la superficie de asimilación, de ahí el mejor desarrollo de tubérculos y la producción de almidón; la cantidad por aplicar varía de acuerdo a la variedad y tipo de suelo cultivado; las dosis empleadas van desde menos de 50 hasta más de 800 unidades. El exceso de nitrógeno reduce el rendimiento debido a un pobre desarrollo

de raíces y a un enrollamiento de las hojas; las variedades de ciclo largo son las más susceptibles a este proceso, en donde además reduce grandemente el llenado de tubérculos y predispone a la planta al ataque de patógenos e insectos (Sarasola, 1975 y Narro, 1995).

Fósforo. Este elemento presenta valores entre 0.15 y 1.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 0.2 y 1.2 % en papas; tiene alta movilidad en tejidos vegetales, pero su movimiento en el suelo es bajo. El fósforo se requiere con mayor importancia durante el crecimiento inicial y rápido, y al final de la tuberización. Es un constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos y proteínas, compuestos de alta energía (ADP, ATP); interviene en el metabolismo de grasas, proteínas; ocupa un papel central en el metabolismo de carbohidratos para la respiración, y en el cultivo de la papa tiene importancia en la formación de azúcares y almidón. El fósforo estimula la formación y crecimiento de raíces vigorosas lo que permite a la plantula escapar de enfermedades fungosas radicales (Huber, 1980 y Narro, 1995).

El cultivo de la papa requiere cantidades relativamente pequeñas de este elemento, pero en suelos calcáreos de pH alcalino y en suelos muy ácidos, la eficiencia del fertilizante es menor a 8%, por lo que los productores se ven obligados a aumentar la cantidad de fertilizante fosforado. La aplicación de este elemento se debe fraccionar y complementar con aplicaciones foliares (Narro, 1995).

El nivel de fósforo también disminuye durante el crecimiento de la temporada. Por ejemplo, el nivel suficiente de la hojas disminuye de 0.60 % de P total en la época temprana, de 0.40 % en la época media , y de 0.20 % en la época tardía. El nivel de P total en el pecíolo también podría ser utilizado. Un nivel suficiente en la época temprana es de 0.22 a 0.75 % (Taberna and Kelling; citados por Walworth y Muniz 1993). Tindall *et al*; citaron niveles similares (0.22 %) como una concentración crítica de P total en el pecíolo para la época media-tardía.

Potasio. El potasio ocupa entre el 1.0 y 5.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 1.5 y 5 % en papas; presenta alta movilidad en tejidos vegetales y su movilidad en el suelo es media (Narro, 1995). El potasio juega un papel importante en la síntesis de los azúcares y del almidón. Este elemento influye también en la translocación del almidón que en las hojas es convertido en glucosa. La calidad de la papa esta influenciada por el nivel de potasio en la planta (Sarasola, 1975 y Narro, 1995).

La habilidad del potasio para disminuir el daño de muchas enfermedades induce a la fertilización con este elemento para controlar o reducir algunas enfermedades. Es un regulador móvil de la actividad enzimática, esto lo implica en todas las funciones celulares, incluyendo la fotosíntesis, la fosforilación, la síntesis de proteínas, la translocación,

mantenimiento de agua, la reducción de nitratos, y la reproducción. Un nivel balanceado de potasio induce el grosor de la pared celular, acumulación de aminoácidos y la formación de nuevos tejidos. Este nivel en las plantas depende de la disponibilidad del magnesio y del calcio. La disponibilidad de potasio es aumentado con calcio en suelos neutros, pero no en suelo ácidos. Una deficiencia de potasio disminuye la utilización de fósforo en los tejidos, como si existiera una deficiencia de nitrógeno. El balance potasio:calcio también afecta la permeabilidad de la membrana y modifica la susceptibilidad a las enfermedades de la raíz de la col y la costra de la papa (Huber, 1980).

Generalmente los pecíolos contienen mucho más potasio que los tejidos de las hojas, por lo tanto, esto es crítico a distinguir entre estos tejidos. Lorenz and Tyler, citados por Walworth y Muniz (1993), indicaron que el requerimiento de K total en hojas de papa decrece 5.0 % en época temprana, 3.55 en época media, 2.5 % en crecimiento de temporada tardía. En contraste, varios estudios indicaron que el nivel de K total en el pecíolo podría ser de 9.0 % - 11 % en el crecimiento de temporada temprana; cerca de 9.0 % en época media y de 6.0 a 11.35 % en época tardía. El rango suficiente de K total en hojas (hojas con pecíolo) es cercano al de las hojas. Sharma y Arora, citados por Walworth y Muniz (1993) reportaron en época temprana un rango en hojas de 5.04 a 5.15 %. En época media un rango de 3.51 a 5.00 % y en época tardía un rango de 3.68 a 3.89%.

Calcio. El calcio ocupa entre el 0.2 y 3.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 0.15 y 1.0 % en papas; presenta muy baja movilidad en el floema de las plantas y su movilidad en el suelo es baja.

Aunque este elemento es aplicado principalmente en suelos con un pH neutro, el calcio tiene un papel crítico en la división celular, ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de las membranas celulares y es constituyente de las paredes celulares, interviene en el crecimiento y en la asimilación de nitrógeno. Aumenta la germinación y neutraliza ácidos orgánicos (Huber, 1980 y Narro, 1995).

El calcio es un elemento relativamente inmóvil y este no se encuentra distribuido en toda la planta. Así en las partes más maduras pueden encontrarse grandes reservas de calcio, mientras que los tejidos jóvenes están deficientes de este elemento.

El calcio reduce las enfermedades causadas por *Rhizoctonia* y *Phityum*, pero incrementa la costra de la papa (Huber, 1980).

Existe una tendencia de los niveles de Ca a disminuir con la edad del pecíolo y sobre todo con el tipo de suelo. En época media el nivel normal de Ca total en los pecíolos es de 0.40 a 2.50 %. (Taberna and Kelling, citados por Walworth and Muniz 1993).

Magnesio. El magnesio ocupa entre el 0.04 y 1.0% del peso seco de las hojas con un valor de suficiencia de 0.10 % en papa, presenta alta movilidad en las plantas y su movilidad en el suelo es media; como un constituyente de la clorofila, la función del magnesio es la fotosíntesis 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 carbohidratos, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transportador del fósforo en la planta y ayuda a la formación de aceites y grasas. A diferencia del calcio, el magnesio es trascolado desde tejidos maduros hasta regiones activamente en crecimiento de la planta (Huber, 1980 y Narro, 1995).

Hawkins, citado por Walworth and Muniz (1993) menciona que la concentración de Mg total en todas las plantas cambia un poco por fuera del crecimiento de temporada. El nivel normal de Mg en el pecíolo es de 0.17 a 1.10 en la época temprana (Deutch; citado por Walworth y Muniz 1993), de 0.26 a 1.25 % en época media (Kelling, citado por Walworth and Muniz 1993), y de 0.1 a 1.00 % en época tardía (Deutch, citado por Walworth and Muniz 1993). En un muestreo de hojas en época media se obtuvo un nivel de 0.36 - 0.68 como adecuado. El nivel aceptable en todas las hojas (hoja y pecíolo) en un muestreo de época media es de 0.26 a 1.25.

Azufre. El azufre ocupa entre el 0.08 y 0.3 % del peso seco de las plantas de papa; su movilidad es alta en el suelo y media en los tejidos vegetales. Las principales funciones en la planta son la síntesis de proteínas, formación de aminoácidos, clorofila, enzimas, vitaminas y aceites aromáticos, además estimula el desarrollo de raíces, nodulación de leguminosas y producción de semillas. El azufre es comúnmente aplicado para reducir la severidad de la costra de la papa (Huber, 1980 y Narro, 1995). El azufre está presente en muchos suelos agrícolas como materia orgánica y en forma de sulfatos solubles en suelos bien drenados. El azufre se pierde del suelo por remoción de plantas y por la erosión. (Narro, 1995).

Fierro. El contenido de fierro en el follaje varía de 10 a 100 ppm del peso seco, con un rango de suficiencia entre 35 y 75 ppm; tiene poca movilidad tanto en el suelo como en la planta. Es un elemento crítico para la terminación de la oxidación (transporte de electrones) y la oxidación de enzimas, además es importante en el proceso de la ferredoxina. Es esencial para la síntesis de clorofila y la reacción de la fotosíntesis (Huber 1980 y Narro, 1995).

Manganeso. El nivel de suficiencia de manganeso en el follaje es de 40 ppm del peso seco, en papas; la movilidad de este elemento es baja tanto en el suelo como en tejidos vegetales; juega un papel directo y primario en la fotosíntesis al participar en la síntesis de la clorofila (Narro, 1995).

La disponibilidad del manganeso en el suelo está determinada grandemente por el pH del suelo y la condición de oxido-reducción; con un pH abajo de 6 favorece la reducción y con valores por encima de 6.5 favorece la oxidación a estados no disponibles. El manganeso activa varias enzimas, incluyendo las responsables de la reducción de $\text{NO}_3\text{-N}$, las del metabolismo de carbohidratos, y la respiración. En una alta concentración, el manganeso es un inhibidor competitivo de la absorción del fierro y translocación (Huber, 1980). Al incrementarse el pH del suelo la disponibilidad del manganeso disminuye. El Manganeso reacciona con fosfatos y se fija; además se pierde por remoción de plantas, lavado y erosión (Narro, 1995).

Zinc. El nivel de suficiencia de zinc en el follaje varía de 20 a 150 ppm del peso seco, este elemento presenta baja movilidad en el suelo y movilidad intermedia en tejidos vegetales. Su disponibilidad disminuye al incrementarse el pH del suelo (Huber, 1980 y Narro 1995). El zinc se requiere para la producción de sustancias reguladoras del crecimiento (hormonas) y es un catalizador de las reacciones de oxidación en las plantas verdes. Es también importante en la formación de clorofila y en la actividad fotosintética (Roberts y Boothroyd, 1978). El papel fisiológico más sobresaliente del zinc es la síntesis de auxinas y de este modo es esencial para la elongación de las células y su crecimiento, también es funcional en la respiración y regulación de enzimas (Huber, 1980).

El cultivo de la papa requiere suministro de zinc durante todo su ciclo; las dosis empleadas van desde menos de cero hasta más de veinte unidades (Narro, 1995).

Cobre. El cobre alcanza el nivel de suficiencia entre 5 y 7 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es bajo en suelo y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y ayuda al transporte de electrones ligando los fotosistemas I y II. Participa en la síntesis de lignina y es cofactor de la síntesis de ácidos nucleicos y carbohidratos.

El exceso de cobre puede ocasionar deficiencia de hierro y clorosis, con un crecimiento reducido de raíces. Este elemento generalmente está deficiente en plantas que crecen en suelos orgánicos . Al incrementarse el pH del suelo disminuye la disponibilidad del cobre. Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de cobre y diferentes fungicidas que contienen este elemento.

Boro. El nivel de suficiencia del boro en las plantas dicotiledoneas esta entre 20 y 70 ppm del peso seco; su movilidad en el suelo es media alta y muy baja en el floema de la planta; participa en la síntesis de una de las bases del ácido ribonucleico y en actividades de división celular, diferenciación y maduración; afecta la floración y germinación del polen,

participa en la estabilidad de la membrana y pared celular e influye en el rendimiento y calidad de frutos. En el cultivo de papa rara vez se han observado síntomas de deficiencias de boro. La disponibilidad del boro en el suelo disminuye al incrementarse el pH y se pierde por remoción de las plantas y por lavado (Narro, 1995).

Molibdeno. La concentración de molibdeno es menor de 15 ppm del peso seco de las plantas; presenta una movilidad media en el suelo y en tejidos vegetales. El molibdeno es importante en la síntesis de proteínas y es componente de las enzimas nitrogenasa y nitrato reductasa que reducen los nitratos a nitritos. Es esencial para la fijación simbiótica del nitrógeno en los nódulos de las raíces de leguminosas. Su disponibilidad en el suelo aumenta al elevarse el pH (Roberts y Boothroyd, 1978 y Narro, 1995).

Cloro. Los niveles de suficiencia de este elemento van desde 20 ppm hasta 0.15 % o más de la materia seca en varios cultivos, aunque no ha sido observada una deficiencia en la naturaleza. Es móvil en el suelo y poco móvil en la planta, aunque su función no esta bien especificada, es necesario para la producción de oxígeno en los cloroplastos (De Bauer, 1991 y Narro, 1995).

2.5. Diagnostico.

Para establecer el diagnóstico de deficiencias de ciertos elementos se pueden seguir varios métodos: análisis foliar (los valores obtenidos, se comparan con valores estándar), análisis de suelo (tiene el inconveniente de que algunas veces el elemento se encuentra en forma no aprovechable). El método de análisis foliar es generalmente empleado en cultivos bajo condiciones óptimas de humedad , por lo cual es necesario determinar la utilidad del mismo en condiciones de temporal (Senigagliesi *et al*, 1973 citados por De Bauer, 1991)

2.5.1. Análisis foliar.

Este tipo de análisis solo se hace cuando se pretende obtener información respecto de las necesidades totales de un cultivo en macro y microelementos. Casi siempre se recurre al análisis foliar, cuando se pretende identificar una eventual deficiencia.

El uso de análisis foliar como medio para identificar deficiencias se basa en el hecho de que faltando un elemento en el suelo, su nivel en las hojas de las plantas ahí cultivadas, es bajo. Este tipo de identificación de carencias nutricionales, exige el conocimiento previo de los niveles de los elementos en las hojas que son consideradas satisfactorios.

Para que el análisis de los niveles totales de las hojas tenga valor a los fines de diagnóstico, la muestra debe representar desde el punto de vista estadístico al área en cuestión y las hojas deben tener la misma edad fisiológica.

Existe una relación directa entre las cantidades de un elemento en el suelo y en la savia de las plantas. Una planta bien nutrida debe tener niveles adecuados de nitrógeno, fósforo y potasio, etc, en sus tejidos, a diferencia de una planta deficiente donde sus niveles nutricionales son bajos. De esta manera el análisis foliar da buena información sobre la nutrición del vegetal, indicando deficiencias que pueden ser corregidas por medio de fertilizaciones para garantizar cosechas satisfactorias.

La hoja es el órgano de la planta que generalmente refleja mejor su estado nutricional. La variación del nivel de los elementos minerales del suelo o el número de fertilizaciones, provocan cambios en la composición de las hojas. Muchas veces se toma el limbo o lámina foliar para analizar, pues se considera más segura la información. En otros casos, se analizan órganos diversos.

La época de toma de muestra tiene también mucha influencia en la interpretación de los resultados obtenidos. Como regla general la toma de muestra debe realizarse en los periodos de mayor necesidad de nutrimentos, lo que ocurre, generalmente, en la época de floración.

Las hojas maduras, cuyo crecimiento ya terminó, reflejan, particularmente bien las relaciones entre el nivel de un elemento del suelo y el contenido del mismo en la planta. Las hojas jóvenes en desarrollo no se prestan tanto; ya que aumentando la disponibilidad de un nutriente en los tejidos, hay un aumento también en el crecimiento y en estas condiciones el porcentaje del elemento podrá disminuir, permanecer constante o aumentar (Sarasola, 1975).

Existen numerosas publicaciones que hablan de la concentración de nutrientes en tejidos de las plantas de papa, pero estas varían por diferentes razones, incluyendo la técnica de muestreo, tipo y edad de los tejidos y variedades usadas de papa (Walworth and Muniz, 1993).

Casi todas las partes de la planta de papa han sido usadas para determinar el estado nutricional, incluyendo: follaje (lámina de hojas o márgenes), pecíolos, hojas con pecíolos, raquis, tallos, raíz, tubérculos, estolones, etc. Sin embargo pocas partes de las plantas son consideradas generalmente apropiadas. El pecíolo es la parte de la planta de papa más comúnmente utilizada para realizar un análisis nutricional, aunque éste no sea el más apropiado para todos los nutrientes. Lorenz and Tyler, citados por Walworth and Muniz (1993) indican que la concentración de potasio en el pecíolo es mucho más alta que en las hojas. Además, el pecíolo es más sensible que cualquier otro tejido a los cambios en el nivel de nitrógeno en

el suelo. Dow citado por Walworth (1993) reporta que el pecíolo es más sensible a cambios en el contenido de macronutrientes en el suelo y las hojas más sensibles a diferencia de contenidos de microelementos en el suelo. Recomendando usar partes de las plantas sensibles al contenido de nutrientes en el suelo. El pecíolo es más frecuentemente muestreado incluyendo 4 o 5 hojas de la parte superior, el cual es recientemente maduro. Sin embargo, algunos prefieren muestrear el segundo pecíolo de la parte superior de la planta, ya que tiene más impacto sobre los resultados de análisis.

2.6. Correlaciones fenotípicas.

En una muestra o en una población es posible estudiar a los individuos atendiendo a la variación simultánea de dos o más características; el estudio de esta variación se puede hacer mediante la correlación. La correlación simple estudia la variación simultánea de dos factores y se utiliza para indicar aquellos casos en que los cambios de una variable van asociados con cambios de otra, existiendo una relación concreta entre ambas. Cuando dos variables cambian juntas, de tal forma que un aumento en una de ellas va asociado con un incremento en la otra, se dice que las dos variables están correlacionadas positivamente. Si el aumento en una variable coincide con una disminución de la otra, se dice que las dos variables están correlacionadas negativamente. Si no hay

relación entre las dos se dice que son independientes o que no están correlacionadas. Es de importancia el conocimiento de la asociación de dos caracteres, porque dicha asociación tiene un valor predictivo. Es decir, sabiendo que existe la correlación se puede estimar el valor de una variable si se encuentra el valor de la otra (Reyes, 1983).

Coeficiente de correlación: Es un valor que indica el grado o intensidad de asociación entre dos variables (Daniel, 1987 y Reyes, 1983), donde varios casos son posibles:

- 1) Si el valor del coeficiente de correlación es cero o estima a cero. Las variables son independientes, no hay correlación.
- 2) Si el valor del coeficiente es + 1. Hay una correlación positiva y perfecta.
- 3) Si el valor del coeficiente es - 1. Hay una correlación negativa y perfecta.
- 4) Valores de 0 a +1 y de 0 a -1, sugieren cierto grado de asociación (Reyes, 1983).

El coeficiente de correlación nunca es mayor de 1.0 o menor de -1.0 dado que en el cálculo de éste, el numerador nunca es mas grande que el denominador. Otro hecho importante es que el denominador es siempre positivo y el numerador puede ser positivo, cero o negativo (Zar, 1984).

2.6.1. Algunas correlaciones realizadas con el cultivo de papa.

Swiezynski *et al* (1980), citados por Almonte (1991), estudiaron la relación que existe entre los contenidos de materia seca y los contenidos de nitrógeno en los tubérculos de papa, para lo cual utilizaron 532 muestras de tubérculos de Capella y tres líneas mejoradas en dos localidades durante dos años. Una comparación entre clones reveló que el contenido de materia seca estuvo correlacionado negativamente con el contenido de nitrógeno en la materia seca y correlacionado positivamente con el contenido de nitrógeno en la materia seca.

Brauer (1985) señala que como una media general para evaluar la calidad de los tubérculos de papa, se debe usar la determinación del peso específico del tubérculo que ordinariamente se considera bueno cuando alcanza 1.08 o mayor. Además, menciona que el peso específico está correlacionado con el mayor contenido de materia seca.

Elachkar (1990) en una evaluación de genotipos de papa por el método de correlaciones y análisis de componentes principales, encontró que entre mayor sea la cobertura, mayor será el rendimiento total.

García y Camarena (1991), citados por Almonte (1991), realizaron estudios sobre diversos aspectos fisiológicos del crecimiento de la papa;

específicamente la distribución de carbohidratos en el follaje y su relación en la producción de materia seca. Para esto analizaron el crecimiento de tres variedades de papa (Rosita, Mazamba y Alpha), empleando una metodología que les permitió estudiar los cambios de la planta completa durante su ontogenia. Después del análisis concluyeron que la producción de la materia seca del follaje no está en relación con la productividad de los tubérculos.

En Perú, Valdéz y Arca (1964, citado por Montaldo (1984), estudiaron en los cultivos de papa la producción de materia seca y la extracción de N, P, K, Ca, y Mg. El trabajo fue hecho sobre siete muestras de cultivos de papa desarrollados en condiciones muy diversas. La materia seca formada sufrió variaciones siendo mayor cuando aumentaba el rendimiento. Los elementos mayormente requeridos fueron el nitrógeno y potasio, en menor proporción el calcio y finalmente el fósforo y el magnesio.

3.- MATERIALES Y MÉTODOS.

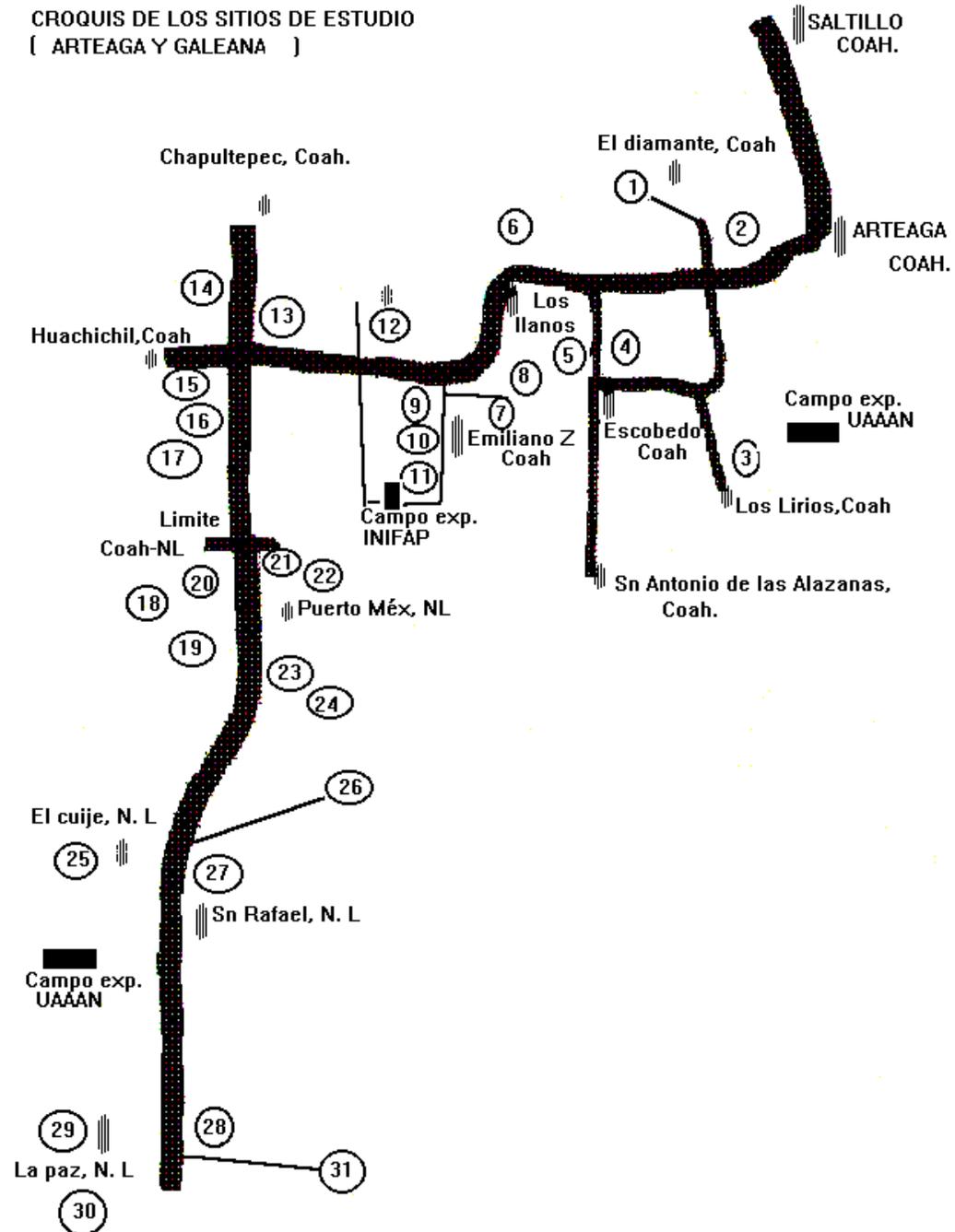
3.1. Localización del área experimental.

El presente trabajo se realizó durante los meses de Marzo a Octubre de 1997, en el área papera de la región de la Sierra de Arteaga, Coahuila y en la región de Galeana, Nuevo León.

Los lotes establecidos por los propios productores con fines de estudio fueron 31, donde los primeros 17 lotes pertenecen al municipio de Arteaga y el resto al municipio de Galeana, N. L; su ubicación se describe a continuación: Los lotes 1 y 2 pertenecientes al ejido El Diamante se localizan a 25° 21' 40" latitud norte, 100° 51' 37" longitud oeste, con una altura de 2100 msnm y un suelo tipo aluvial, xerosol:calcico, de textura media. El lote 3 del ejido Los Lirios se ubica a 25°23'30" latitud norte, 100°35'20" longitud oeste, con una altura de 2340 msnm y con un suelo tipo aluvial, feozem:calcico de textura media. Los lotes 4 a 12 perteneciente a los ejidos Emiliano Zapata y Los Llanos se localizan a 25°17'30" latitud norte, 100°46'20" longitud oeste, con una altura de 2140-2160 msnm, y con un suelo tipo aluvial, rendzina:calcico de textura media. En los ejidos del Huachichil, Arteaga y Puerto México, Galeana se estudiaron los lotes 13 a 24 ubicados a 25°11'40" latitud norte, 100°10' 05" longitud oeste, con un tipo se suelo aluvial, castañozem:calcico de textura fina a una altura de 2000 y 2100 msnm. En el ejido El Cuije se estudiaron los lotes 26 a 27 que se localizan entre 25°06'27" latitud norte, 100°39'40"

longitud oeste, con un suelo tipo aluvial, regosol:eutrico calcico, de textura media y con una altura de 1900 msnm. Finalmente en el ejido La Paz se estudiaron los lotes 28 al 31 los cuales están ubicados a $24^{\circ}57'25''$ latitud norte, $100^{\circ}27'50''$ longitud oeste, con un suelo tipo aluvial, xerosol:calcico y una altura de 1920 msnm.

CROQUIS DE LOS SITIOS DE ESTUDIO
 (ARTEAGA Y GALEANA)



3.2. Establecimiento y manejo del cultivo.

El cultivo se estableció en el ciclo primavera-verano del año de 1997, con fechas de siembra del día 2 de abril al día 30 de mayo del año de 1997.

Los lotes que se estudiaron fueron donde los productores establecieron el cultivo de la papa, y las variedades comerciales utilizadas fueron: Alpha, Gigant, Atlantic, Mondial y Agria, las cuales tienen buenas características de adaptación y rendimiento. El tratamiento que los productores hicieron al tubérculo “semilla” fue el recomendado para la zona papera en el cual se utilizaron productos químicos; cuando el destino de la cosecha era para mercado fresco o para la industria, se utilizaron generalmente tubérculos de segunda y tercera calidad; pero para aquellos lotes donde el destino de la cosecha era exclusivamente para semilla, se utilizó semilla (tubérculos) de primera certificada, de variedades tolerantes o resistentes, como el caso del lote número tres.

En la siembra se depositó un tubérculo-semilla cada 20-25 centímetros aproximadamente y la distancia entre surcos fue de 90-95 centímetros; se menciona estos rangos porque las distancias variaron de acuerdo al criterio utilizado por el agricultor.

La fertilización para cada lote muestreado fue diferente debido a que estaban ubicados en distintas zonas productivas, además de que los productores utilizaron diferentes fuentes y dosis de fertilización.

Para el control de malezas, se aplicaron productos químicos (herbicidas) en preemergencia y postemergencia al cultivo, además de las labores mecánicas.

Se realizaron de doce a dieciocho riegos durante el ciclo del cultivo cada cinco o siete días, esto dependiendo de la lámina de riego aplicada, por ejemplo para una lámina de una pulgada, los riegos se efectuaron cada cuatro días, y para láminas de tres cuartos de pulgada el riego fue cada seis o siete días

Para el control de enfermedades (tizones) se hicieron de doce a quince aplicaciones de fungicidas para las variedades tempranas (de ciclo corto), y de dieciocho a veinticuatro aplicaciones en las variedades de ciclo largo o tardío. Estas aplicaciones se realizaron cada semana cuando las condiciones climatológicas eran desfavorables para el desarrollo del hongo (tiempo seco), pero cuando las condiciones ambientales eran favorables o óptimas para el desarrollo del patógeno (18 a 24°C de temperatura y 75 a 100% de humedad relativa), estas aplicaciones se tenían que hacer cada cuatro días, para evitar o prevenir la enfermedad.

En las aplicaciones se utilizaron fungicidas tanto de contacto como sistémicos, los fungicidas de contacto se utilizaban para prevenir la presencia del hongo y los sistémicos para controlar y combatir la enfermedad.

3.3. Evaluación de parámetros.

3.3.1. Severidad.

Para la estimación de la severidad se realizaron evaluaciones del por ciento de área foliar dañada por el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), basándose en la Escala Internacional para la evaluación del daño foliar del tizón tardío de acuerdo con el CIP en 1989. La escala se muestra en el Cuadro 3.1.

Los muestreos de evaluación de la severidad en el cultivo se hicieron al azar, haciendo hincapié en las orillas y centro del cultivo, ya que aquí es donde primero se manifiesta una enfermedad. En total se realizaron seis muestreos para medir la severidad del tizón tardío en cada uno de los lotes en experimento y de acuerdo con los fines de este trabajo se seleccionó el muestreo más cercano a la fecha en que se realizó el muestreo foliar para realizar las correlaciones específicas entre el contenido nutricional y el por ciento de severidad de la planta.

Para correr las correlaciones de nutrientes-severidad se utilizaron las medias del por ciento de severidad de cada lote con la cantidad en Kg ha^{-1} de nutrientes absorbida por el cultivo de papa de cada sitio.

3.3.2. Análisis de suelo.

Para el análisis del suelo se realizó un muestreo al azar en forma de zig-zag, tomando un total de ocho a diez submuestras por cada lote a una profundidad de 30 centímetros, esto se hizo con la finalidad de que la muestra final obtenida fuera homogénea y representativa del lote o área a estudiar. Posteriormente las muestras fueron llevadas a laboratorio, donde se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron a 2 mm, para posteriormente determinar las características físico-químicas del suelo.

Para establecer el valor de nitrógeno total , primeramente se dividió el valor de materia orgánica entre la profundidad de muestreo, lo anterior para obtener el por ciento de nitrógeno. Luego se multiplicó el valor de densidad aparente por la profundidad de muestreo, por diez mil y por el por ciento de nitrógeno obtenido anteriormente, todo esto para obtener el nitrógeno total expresado en kilogramos por hectárea, para ubicar en que rango de fertilidad se encontraban los lotes estudiados.

Para la determinación de fósforo en el suelo, se utilizó el método de Olsen modificado, el cual se dividió en dos fases, que se describen a continuación: 1.- Extracción: La muestra utilizada fue tamizada a 2 mm y secada al aire, se tomaron 2.5 gramos de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer, añadiendo 50 mililitros de NaHCO_3 0.5 M a un pH de

8.5 y una cucharada de carbón activado (libre de fósforo). Posteriormente se colocó en agitador mecánico durante treinta minutos. Finalmente, la muestra se filtro a través de papel filtro Whatman número 40.2. Determinación: Se tomaron 20 mililitros del filtrado, se incluyó en un matraz, y se aforó a 100 mililitros. Después se añadió una gota de indicador p-nitrofenol y 10 mililitros del reactivo de molibdato de amonio, más una gota de cloruro estanoso; la aparición de un color azul indicó la presencia de fósforo (es necesario mezclar bien el contenido del matraz y esperar cinco minutos para que el color azul se desarrolle completamente). Se debe correr una muestra testigo sin fósforo. Se leyó en el fotolorímetro y se anotó el por ciento de absorbancia para realizar los cálculos del contenido de fósforo en el suelo.

Cuadro 3.1. Escala para evaluar el daño foliar por el Tizón Tardío, de acuerdo con el Centro Internacional de la Papa (CIP).

VALORES CIP	TIZÓN(%)		SÍNTOMAS
	MEDIA	LIMITES	
1	0	T	No se observa tizón tardío.
2	2.5	Trazas - 5	Tizón tardío presente. Máximo 10 lesiones por planta.
			Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente vistas al

3	10	5 - 15	observar de cerca. Máxima área foliar afectada por lesiones o destruidas corresponde a no más de 20 foliolos.
4	25	15 -35	El tizón fácilmente visto en la mayoría de las plantas. Alrededor del 25% del follaje está 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 destruida.
6	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.
7	90	85 - 95	La parcela no está verde en forma predominante ni parda. Sólo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones externas.
8	97.5	95 - 100	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aún presentan algunas áreas verdes. La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Hojas y tallos están muertos.

La determinación del contenido de potasio asimilable en el suelo se realizó como sigue: Se pesaron cinco gramos de suelo tamizado y se colocaron en un tubo de ensaye al cual se le agregaron diez mililitros de la solución extractora de nitrato de sodio 25%, después se agitó la muestra fuertemente durante quince minutos y se filtró.

Separadamente se colocaron en el tubo del fotocolorímetro dos mililitros de alcohol, seis gotas de cobaltinitrito sódico y dos mililitros del filtrado por medio de una jeringa, para que el extracto se mezclara completamente con el alcohol y el cobalnitrito, se añadieron exactamente once mililitros de agua destilada. Esta muestra se llevó al fotocolorímetro para su lectura en por ciento de transmitancia.

Antes de leer las muestras problema se hizo una muestra testigo (sin extracto), que consiste en mezclar dos mililitros de alcohol, seis gotas de cobalnitrito y trece mililitros de agua destilada. Esta muestra testigo sirvió para calibrar el fotocolorímetro a cien por ciento de transmitancia.

Con la determinación porcentual de N-P-K y usando la densidad aparente, profundidad de muestreo y área de una hectárea se obtuvieron los valores en kg ha^{-1} de cada macroelemento.

3.3.3. Análisis foliar.

Para el análisis foliar se realizó un muestreo de las hojas de cada uno de los lotes a los sesenta y cinco días después de la siembra, en el cual se cortaron treinta folíolos (cuarta hoja a partir del ápice de la planta) al azar por cada lote, para que estos representaran en sí la fertilización que se tuvo en cada sitio; después se llevaron al laboratorio donde se les

dió un tratamiento de lavado y secado al aire, para después pasarlas a la estufa a 110° centígrados de temperatura y finalmente molerlas.

Se utilizó equipo de absorción atómica para la determinación del por ciento del potasio, calcio, magnesio, zinc, sodio, fierro, manganeso y cobre. El procedimiento para la preparación de las muestras que se analizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica fue la siguiente:

Se pesó un gramo de material vegetal, se pasó a la mufla a 600°C para calcinar, después se le adicionaron 30 ml de una solución 2:1 de ácido perclórico (HClO_4) y ácido nítrico (HNO_3). Posteriormente se pusieron a digerir hasta que el ácido nítrico se evaporó completamente, luego se filtró agregando agua desionizada caliente; al terminar el filtrado se le agregaron 2.5 ml de ácido clorhídrico (HCl) y se aforó a 100 ml con agua desionizada. Con esto luego se procedió a leer los elementos en el aparato de absorción atómica.

Para la determinación del fósforo se tomó un gramo de muestra seca y molida, se calcinó, se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico, se puso a destilar, se filtró y aforó a 50 ml con agua desionizada.

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 mezclándose bien. Se procedió a leer la concentración utilizándose el fotocolorímetro para la

absorbancia a los 20 minutos de haber agregado el reactivo ANSA. Se realizaron los cálculos correspondientes para expresar la concentración del elemento en por ciento.

Para la determinación del nitrógeno, se utilizó el método de Kjeldahl, que consta de tres etapas: 1). Digestión: se pesó un gramo de materia vegetal foliar previamente molida y se colocó en el matraz Kjeldahl, se añadieron cinco gramos de mezcla reactiva de selenio y después se agregaron veinticinco mililitros de ácido sulfúrico al 96-98 por ciento, inmediatamente después de esto, se agitó la muestra para homogeneizar y colocar el matraz en el digestor por una hora y media o dos como máximo, hasta que el contenido del matraz tome color claro, sin trazas de carbón). Por último se dejó enfriar el matraz con el contenido. 2).Destilación: A los matraces ya fríos se les agregaron trescientos mililitros de agua destilada y se dejaron en agitación; después se adicionaron una cucharada de mallas de zinc, un puño de perlas de vidrio, cien mililitros de hidróxido de sodio (NaOH) al 45%, (al momento de agregar éste, poner el matraz en un ángulo de 45° de inclinación bajo el chorro de agua de la llave, ya que al mezclarse produce una reacción exotérmica) y agitar. Luego se conectó el matraz Kjeldahl al destilador, verificando las uniones del mismo se abrió la llave del agua refrigerante. Antes de empezar la destilación en un matraz Erlenmeyer se pusieron 100 ml de ácido bórico al 4%, 2 gotas de indicador mixto.

Durante la destilación, la solución en el matraz Erlenmeyer cambia de rojo a azul al neutralizar el ácido bórico con el amoníaco que se desprende, para formar una sal de carácter básico: el borato de amonio ($(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Titulación: El destilado obtenido en el matraz Erlenmeyer se titula con ácido clorhídrico valorado a 0.1 N, hasta obtener el cambio brusco del indicador (pasa de color azul a rojo). Anotando el volumen de mililitros de ácido clorhídrico gastados para realizar los cálculos y obtener el por ciento de nitrógeno total. Finalmente se realizaron correlaciones de la concentración de cada elemento en el follaje con la severidad de tizón tardío para cada lote en estudio.

3.3.4. Materia seca.

Para la estimación se tomaron cinco plantas de papa por cada lote experimental, se midieron y se llevaron a pesar para conocer su peso húmedo, luego se sometieron a un soleado, donde se dejaron hasta que perdieran gran parte de humedad para que su peso fuera constante. La

colecta de estas plantas se realizó el mismo día que se tomaron las muestras foliares para su diagnóstico.

3.3.5. Rendimiento.

La evaluación del rendimiento de cada uno de los lotes se estimó cuando los tubérculos aún estaban en el campo, próximos a cosechar y se procedió a pesar todos los tubérculos encontrados en un metro cuadrado (los de primera, segunda, tercera y cuarta calidad) para que la estimación del rendimiento fuera confiable. Aunque algunos datos de rendimiento fueron proporcionados por los propios productores.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se obtuvieron en el análisis foliar para la determinación de los elementos minerales se muestran en el Cuadro 4.1. A su vez en el Cuadro 4.2 se muestran los resultados obtenidos del análisis de suelo, los valores de severidad del tizón, el rendimiento y materia seca de la planta de papa para cada uno de los lotes en estudio.

En los resultados se observa que las concentraciones de algunos elementos se ubican dentro de los rangos establecidos en investigaciones

previas realizadas por varios autores, mientras que otros elementos se encontraron por debajo o por encima de los valores que se han reportado como suficientes o adecuados para el desarrollo óptimo de la planta. La concentración de los nutrientes en el follaje (hoja y pecíolo) mostró diferentes concentraciones de acuerdo a la edad fisiológica considerada para el análisis (65 a 70 días después de la siembra), dentro de los elementos que se encontraron dentro de los niveles suficientes tenemos al nitrógeno, potasio, fierro y zinc para los treinta y un lotes en estudio, lo que concuerda con los reportados por Reuter (1986) y Walworth and Muniz, (1993). Los niveles de concentración de los elementos Cu y Mg coinciden con los valores reportados por Walworth como adecuados, aunque comparados con los resultados de otros autores estaban por arriba de estos niveles. Para el caso del Cu su incrementó, tal vez se deba a la aplicación excesiva de fungicidas a base de este elemento para el control de tizones, como lo menciona Narro (1995).

Los niveles de concentración del fósforo en los lotes coinciden con los valores reportados por Narro (1995) como suficientes, aunque estos niveles son reportados como deficientes por Reuter (1986). Varias referencias indican que el nivel de fósforo varía de acuerdo a la edad la planta en que se hizo el muestreo, la variedad empleada para su estudio y de acuerdo a la técnica de muestreo y análisis empleada.

Para el caso del manganeso, el calcio y el sodio, los rangos de concentración que se obtuvieron del análisis foliar resultaron muy elevados para todos los lotes estudiados, estos valores se salen de niveles reportados como suficientes. Los incrementos de manganeso tal vez se deban a la aplicación de fungicidas a base de este elemento y para el caso de los elementos de calcio y sodio sus niveles altos se explican debido a que el suelo de las regiones en estudio se clasifican como calcáreos y salinos.

En general los resultados del análisis foliar de los treinta y un lotes, presentaron variaciones, lo que posiblemente se deba a la elección del momento óptimo de la toma de muestras, las variedades empleadas y las condiciones de clima y suelo a las que hayan estado sujetos. Además la concentración del elemento va a depende de la movilidad y distribución que tenga éste en toda la planta. Así en los tejidos más maduros pueden encontrarse grandes reservas de algunos elementos, mientras que en los tejidos jóvenes se pueden encontrar deficientes.

Cuadro 4.1. Concentración de elementos en la planta de papa (UAAAN 1997).

Nº Lote	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Mg %	K %	Ca %	Na %	P %	N %
1	19	24	199	279	.012	3.85	2.72	1.42	.22	3.64
2	16	25	190	347	.009	3.50	3.53	1.91	.22	3.22
3	12	38	16	538	.009	6.95	2.82	2.61	.19	3.16
4	26	53	124	695	.013	7.04	2.00	2.08	.31	4.48
5	20	39	111	500	.008	5.09	2.55	2.37	.33	3.65
6	14	52	123	671	.016	6.86	2.88	2.955	.23	3.62
7	18	48	101	631	.007	3.16	2.90	1.47	.15	4.11
8	19	41	128	572	.012	5.84	3.13	2.70	.19	4.13
9	16	76	85	635	.010	6.04	2.46	1.96	.20	3.29

10	17	58	82	778	.007	4.76	4.27	1.66	.19	3.17
11	23	27	67	363	.014	7.08	3.16	2.20	.23	3.50
12	20	58	89	770	.009	6.24	2.89	2.63	.19	4.39
13	14	43	52	620	.007	7.32	4.01	3.25	.20	2.33
14	70	129	235	741	.004	6.77	2.86	3.07	.25	3.29
15	20	129	189	762	.011	7.92	4.91	3.33	.16	2.71
16	25	25	67	343	.009	5.50	2.48	2.87	.27	3.43
17	22	51	16	670	.010	8.55	4.80	3.74	.24	3.33
18	88	43	151	555	.014	6.71	4.49	3.09	.20	3.31
19	20	33	157	633	.005	3.60	3.79	1.41	.20	3.10
20	24	35	140	514	.008	5.67	3.44	2.64	.24	3.75
21	16	35	133	296	.015	8.85	4.20	3.68	.19	3.52
22	16	41	174	449	.009	3.58	3.76	1.55	.20	2.75
23	16	45	55	388	.010	3.22	4.95	1.31	.14	2.24
24	21	35	102	577	.008	4.72	4.77	2.56	.21	5.11
25	14	28	7	383	.017	6.18	2.64	2.78	.16	3.80
26	18	52	56	440	.013	7.03	5.18	3.57	.16	3.76
27	16	30	5	214	.006	2.44	1.90	1.41	.19	3.94
28	16	47	127	678	.008	4.52	1.86	2.36	.18	3.66
29	12	18	40	181	.011	7.70	2.78	2.73	.18	3.89
30	19	20	197	177	.005	2.72	1.50	1.41	.20	4.22
31	23	68	23	727	.008	2.22	3.46	1.32	.22	3.22

Cuadro 4.2. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, el rendimiento total, por ciento de severidad del tizón y el peso de materia seca de la planta de papa (UAAAN 1997).

Número de lote.	Nitrógeno total Kg ha ⁻¹	Fósforo aprovechable Kg ha ⁻¹	Potasio intercambiable. Kg ha ⁻¹	Rendimiento Ton ha ⁻¹	Severidad %	Materia seca Kg ha ⁻¹
1	6 258	410.0	348.7	31	10	2606
2	5 191	181.2	79.8	15	10	2132
3	4 811	152.0	472.2	58	0	1990
4	4 233	287.0	398.9	45	10	2361
5	4 584	284.3	530.2	48	5	2723
6	4 568	262.7	385.9	38	15	2835
7	6 193	140.1	467.3	46	0	4019
8	6 408	213.0	366.2	39	10	3589
9	5 644	287.0	466.8	45	0	2975
10	5 317	143.7	469.8	34	0	4384
11	6 225	291.5	1 178.6	44	10	4959
12	5 032	146.6	434.6	42	5	3569
13	4 906	185.5	509.2	42	5	3345
14	4 741	227.6	480.7	54	0	1838

15	5 745	263.4	512.2	32	5	2655
16	5 116	240.3	206.6	44	10	3541
17	6 669	82.3	526.9	40	10	3556
18	4 828	219.5	466.5	35	5	2865
19	8 971	194.5	412.5	34	10	3034
20	5 398	260.0	1 249.5	50	10	4714
21	6 550	91.8	507.6	34	10	1873
22	6 484	204.6	199.6	36	10	3230
23	5 443	179.3	476.3	25	25	2463
24	4 047	174.4	572.8	22	5	2759
25	7 137	265.5	872.6	42	5	3690
26	5 117	80.9	489.8	35	5	3017
27	7 168	191.7	535.2	30	10	2510
28	4 467	297.3	771.9	33	10	3476
29	2 992	66.8	2 593.8	32	5	3081
30	5 568	186.4	2 226.1	22	10	2602
31	5 520	274.0	1 374.6	40	25	2517

En esta investigación, los resultados que se obtuvieron de las correlaciones realizadas se muestran en el Cuadro 4.3.

Los resultados de las correlaciones de los elementos minerales de los lotes estudiados no mostraron una significancia con el por ciento de severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), al nivel de 0.05, esto nos indica que ambas variables son independientes o que no están correlacionadas, debido principalmente a que los productores realizaron aplicaciones de fungicidas excesivas e ininterrumpidas cada seis días como ya se mencionó anteriormente, para el control del tizón; además en los lotes se tuvo una buena fertilización mineral, lo que promovió el escape a las enfermedades al inducir tejidos fuertes y vigorosos que dificultan la penetración de patógenos, como lo menciona (Huber, 1980).

Para el caso de la relación del peso de materia seca y el rendimiento, las correlaciones obtenidas indican que las variables no están correlacionadas o que son independientes, obteniéndose un coeficiente de correlación $r = 0.2449$. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por García y Camarena (1991), citados por Almonte (1991), al realizar estudios sobre los diversos aspectos fisiológico del crecimiento de la papa; concluyeron que la producción de materia seca del follaje no está relacionada con la productividad de los tubérculos.

Cuadro 4.3. Matriz de correlaciones entre valores de nutrientes absorbidos por hectárea, severidad, rendimiento y materia seca de los lotes de papa (UAAAN 1997).

	Cu	Zn	Fe	Mn	Mg	K	Ca	Na	P	N	Severidad.	Rendimiento.	Materia seca.
Cu	--	0.2421 NS	0.2406 NS	0.2486 NS	0.2242 NS	0.2951 NS	0.2390 NS	0.3190 NS	0.3426 NS	0.1937 NS	- 0.1714 NS	0.2254 NS	0.2584 NS
Zn	--	--	0.1264 NS	0.7994 **	0.1805 NS	0.3272 NS	0.2810 NS	0.3037 NS	0.2073 NS	0.1668 NS	- 0.2776 NS	0.3844 *	0.3458 NS
Fe	--	--	--	0.1980 NS	-0.026 7 NS	- 0.0687 NS	- 0.0840 NS	- 0.0749 NS	0.1603 NS	0.0616 NS	- 0.1817 NS	0.0017 NS	0.1429 NS
Mn	--	--	--	--	0.3567 *	0.4573 **	0.3776 *	0.4513 *	0.4901 **	0.4619 **	- 0.2176 NS	0.3337 NS	0.6471 **
Mg	--	--	--	--	--	0.6352 **	0.1650 NS	0.5427 **	0.4502 *	0.6666 **	- 0.1132 NS	0.2278 NS	0.6950 **
K	--	--	--	--	--	--	0.5315 **	0.8974 **	0.6169 **	0.4653 **	- 0.2815 NS	0.3739 *	0.6693 **
Ca	--	--	--	--	--	--	--	0.5040 **	0.3679 *	0.2003 NS	0.0318 NS	- 0.0957 NS	0.4387 *
Na	--	--	--	--	--	--	--	--	0.5394 **	0.4396 *	- 0.2443 NS	0.3064 NS	0.6124 **
P	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.6126 **	- 0.0397 NS	0.3806 *	0.7882 **

N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	- 0.0007 NS	0.0627 NS	0.8289 **
Sever.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-0.350 NS	-0.129 NS
Rendto	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.2449 NS
M. S.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

NS = CORRELACION NO SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.05

* = CORRELACION SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.05

** = CORRELACION SIGNIFICATIVA AL NIVEL DE 0.01

Al mismo tiempo resultados del estudio realizado por Roberts *et al*, (1982) indican que plantas de papa en macetas después de un mes de crecimiento mostraron un aumento de la producción de partes aéreas de la planta y reducción del rendimiento cuando el nitrógeno aplicado a la siembra aumentó de 75 partes por millón a 150 o 300 partes por millón. Por otra parte Montaldo (1984), menciona que esta relación es altamente influenciada por el fotoperíodo, indicando que un fotoperíodo largo estimula el crecimiento vegetativo, mientras que un fotoperíodo corto restringe el crecimiento vegetativo, pero no reduce la formación de tubérculos. Finalmente indica que la producción de tubérculos por unidad de área foliar es mayor bajo días cortos, aunque las plantas que alcanzan gran desarrollo vegetativo bajo condiciones de día largo pueden al final producir un rendimiento adecuado.

En lo que al rendimiento y el por ciento de severidad se refiere, los resultados indican que no se presentó correlación con un coeficiente $r = -0.350$. Esto coincide con lo mencionado por Agrios (1996), ya que pudiera existir una relación entre ambas variables es necesario que las lesiones del tizón o manchas foliares se extendieran sobre toda la planta afectando la fotosíntesis (cosa que no sucedió por el buen manejo que se realizó) originando la muerte prematura del follaje de las plantas y una disminución

proporcional en la producción de tubérculos. En conclusión el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) tendría que causar una defoliación fuerte para afectar el parámetro del rendimiento.

Por otra parte se obtuvieron correlaciones positivas y significativas entre fósforo-rendimiento, potasio-rendimiento, y zinc-rendimiento, con un coeficiente de correlación igual a 0.3806, 0.3739 y 0.3844, respectivamente. Los cuales mostraron significancia al nivel de 0.05. Una correlación positiva y significativa indica que el aumento de una variable va asociado con el incremento de la otra, lo que quiere decir que un incremento en el contenido de fósforo, potasio o zinc en el follaje incrementaran el rendimiento final. Estos resultados coinciden con previos reportes, donde mencionan que los fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio responden satisfactoriamente incrementando los resultados totales (Figuras 4.1, 4.2 y 4.3).

Westerman *et al*, (1988) menciona que las aplicaciones de nitrógeno aumentan los rendimientos en tubérculos. Por otra parte Evanylo, (1989), indica que el nitrógeno aplicado al inicio del cultivo a razón de 56 Kg/ha aumenta los rendimientos, esperándose un incremento en el rendimiento con aplicaciones de nitrógeno a media floración o al inicio de la tuberización, cuando los niveles de este elemento son críticos.

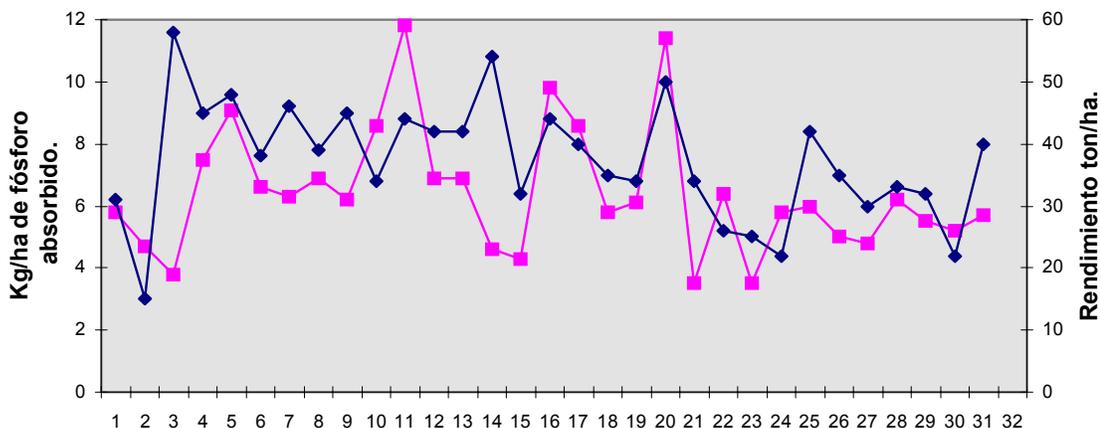


Figura 4.1 Relación entre el fósforo absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.

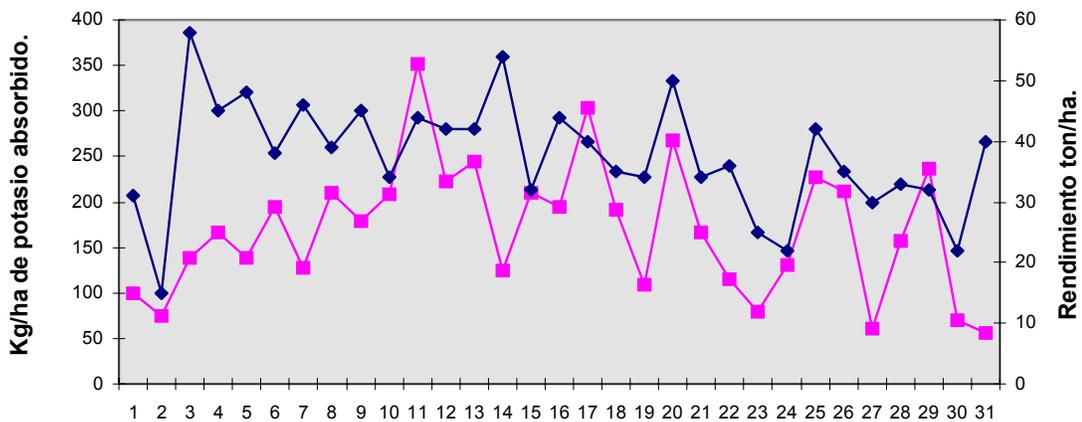
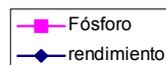
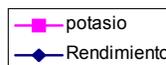


Figura 4.2 Relación entre el potasio absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.



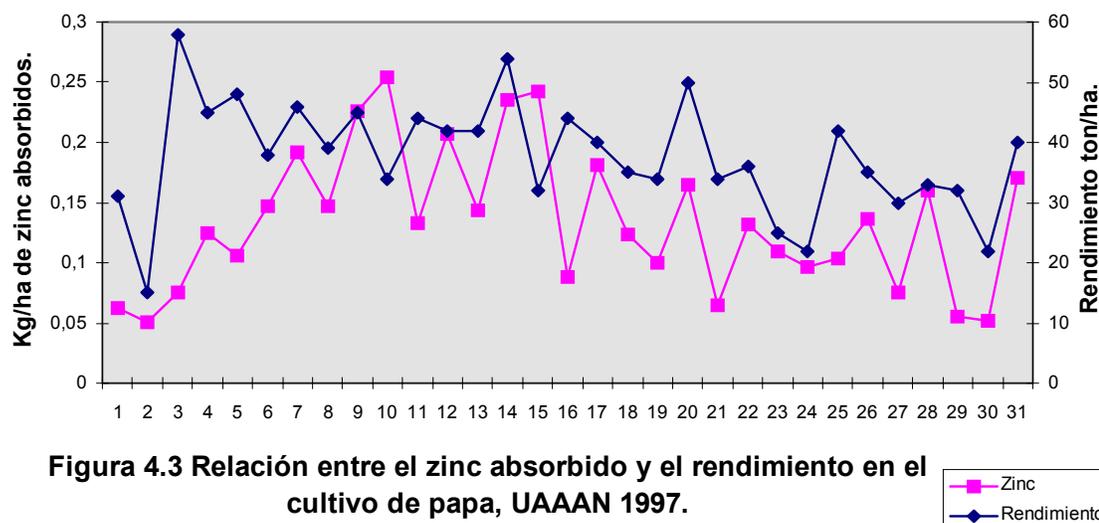


Figura 4.3 Relación entre el zinc absorbido y el rendimiento en el cultivo de papa, UAAAN 1997.



Estudios realizados por Polito y Paredes (1991), citados por Almonte (1991), indican que las dosis 105-120-120 de nitrógeno, fósforo y potasio aumentan los rendimientos de papa en relación con dosis más bajas, teniéndose un promedio de producción de 38.27 toneladas por hectárea.

Finalmente con los resultados obtenidos se puede observar que existe una relación positiva y altamente significativa de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso y sodio con el peso de materia seca y una relación positiva y significativa del calcio y la materia seca (figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10). Indicando que con el aumento en el contenido de cualquiera de estos elementos minerales, se incrementará también el peso de

la materia seca de la planta de papa. Una explicación a ésto es que los elementos juegan un papel muy importante durante el desarrollo y crecimiento del cultivo. Montaldo (1984), menciona que la papa es un cultivo energético ya que su materia seca total en un 75-80 por ciento está constituida por carbohidratos y la síntesis de estos requieren la presencia de los elementos mayores N, P, y K, además de Ca, S, Fe, Zn, Cu, Bo, Mn y Mg por lo que la relación entre variables se presenta.

Por otra parte Narro (1995), menciona que el cultivo de papa requiere suficientes cantidades de nitrógeno durante la tuberización y el crecimiento rápido del cultivo, ya que aumenta la masa foliar, teniendo valores entre 3 y 5 por ciento del peso seco en el cultivo de la papa. El fósforo presenta valores de 0.2 y 1.2 por ciento del peso seco en papas; el potasio ocupa valores entre 1.5 y 5 por ciento, e influye en el proceso de la fotosíntesis promoviendo el crecimiento y formación de nuevos tejidos. El calcio interviene en el crecimiento y ocupa valores entre el 0.15 y 1.0 por ciento del peso seco en papas; por otra parte se sabe que el magnesio y el nitrógeno son constituyentes de la clorofila, y su función principal es la fotosíntesis; el magnesio ocupa aproximadamente el 0.10 por ciento del peso seco en papa. Concluyendo que los nutrientes intervienen en la formación de la masa foliar de las plantas.

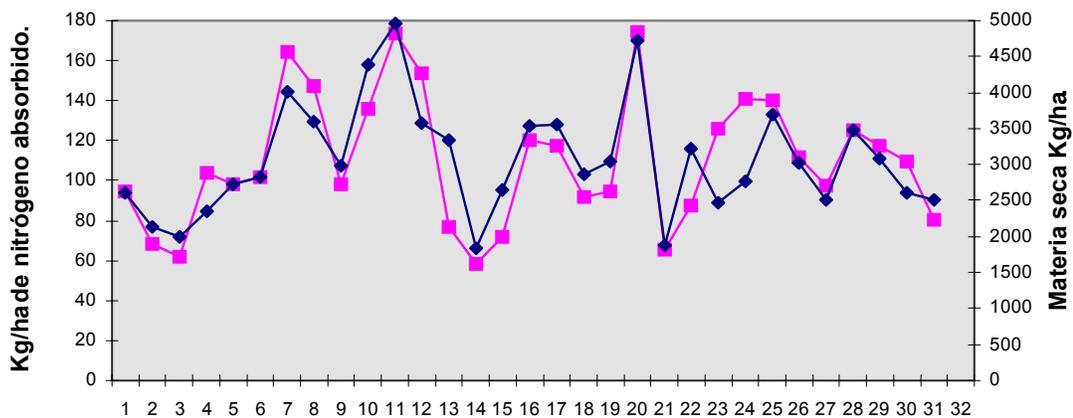


Figura 4.4 Relación entre el nitrógeno absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.

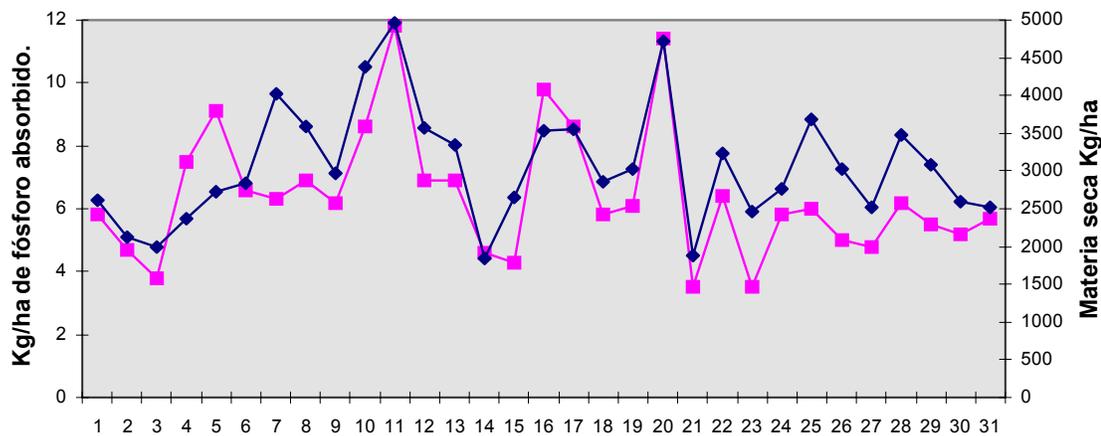
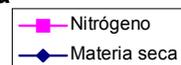


Figura 4.5 Relación de fósforo absorbido y materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.



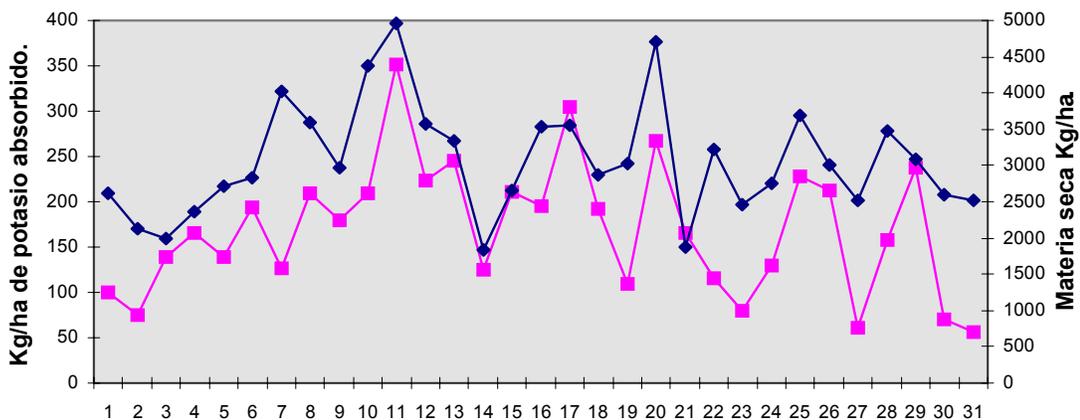


Figura 4.6 Relación entre el potasio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.

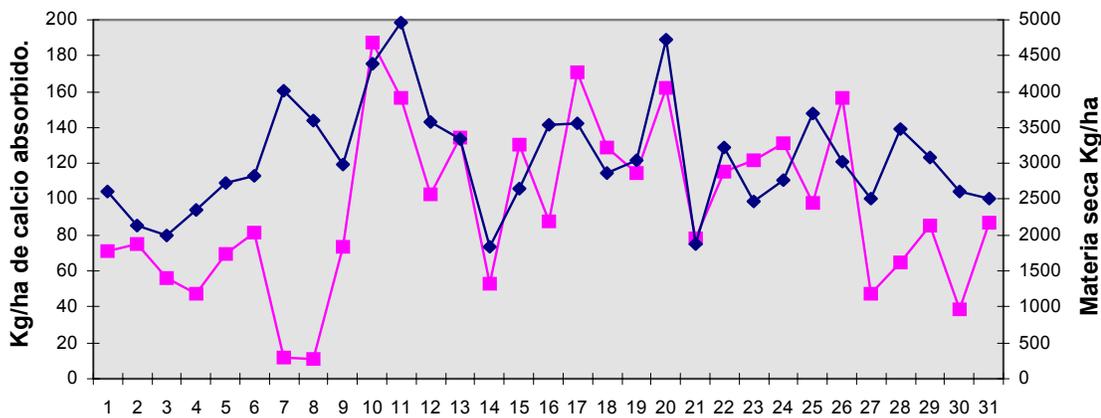
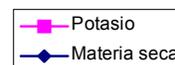
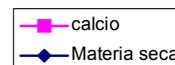


Figura 4.7. Relación entre el calcio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.



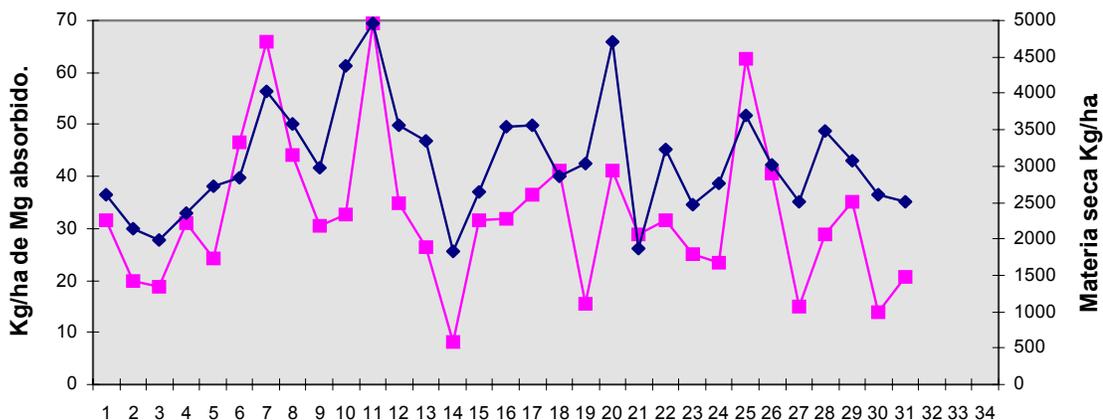


Figura 4.8. Relación entre el magnesio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.

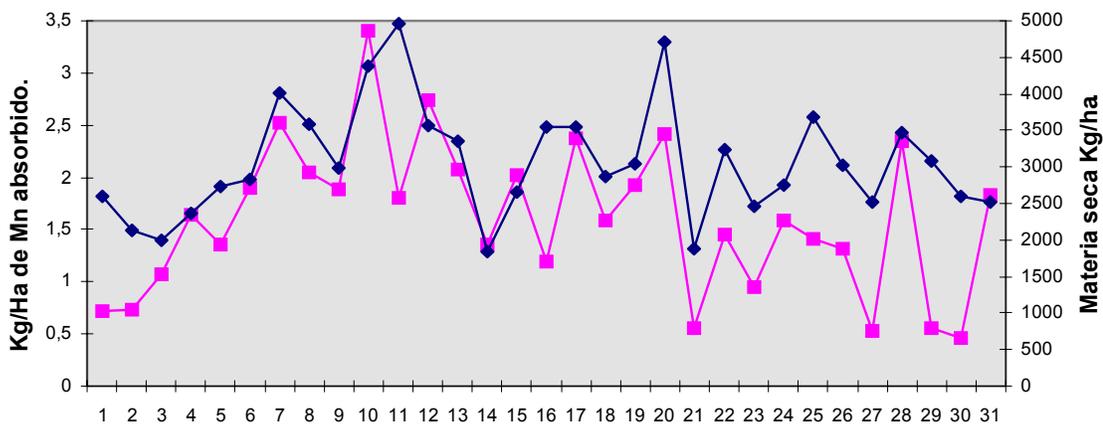
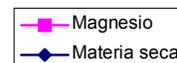


Figura 4.9. Relación entre el manganeso absorbido y la materia seca del cultivo de papa, UAAAN 1997.



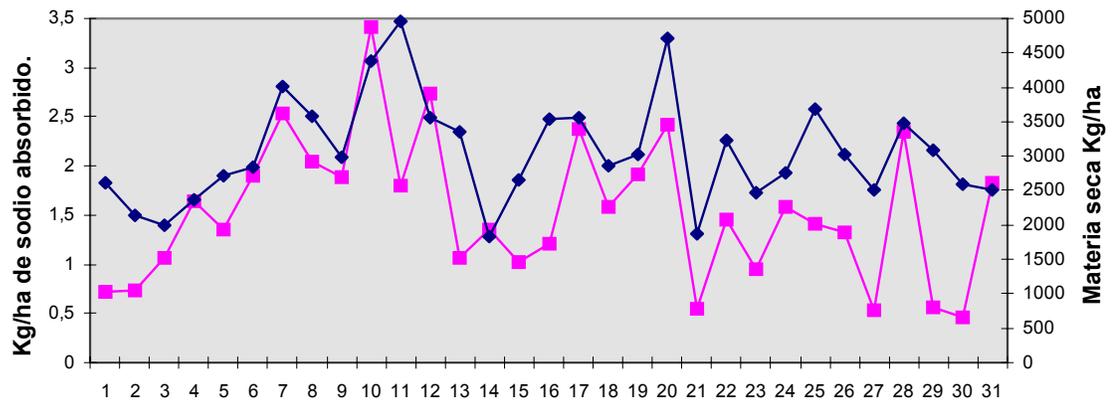
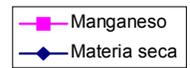


Figura 4.10. Relación entre el sodio absorbido y la materia seca en el cultivo de papa, UAAAN 1997.



5.- CONCLUSIONES.

1.- Los resultados obtenidos en el análisis de correlaciones entre las variables refleja que existió significancia en ambos sentidos (positivo y negativo), lo que indica que el comportamiento de cada variable dentro de cada lote fue diferente, ésto se debió tanto al manejo del cultivo, como a las condiciones ambientales prevalecientes.

2.- Los diez elementos minerales analizados en el follaje de la planta de papa no presentaron correlación con el por ciento de severidad de la enfermedad causada por el agente *Pytophthora infestans*, sin embargo la tendencia es: a mayor valor de nutrimento absorbido menor es el porcentaje de severidad.

3.- Los elementos minerales que se correlacionaron positivamente con el rendimiento a un nivel de 0.05 fueron el fósforo, potasio, y el zinc. El resto de los elementos no presentó relación alguna con esta variable.

4.- Los minerales nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso y sodio, son los elementos que presentaron correlación con el peso de materia seca de la planta de papa para todos los lotes evaluados. Es decir, a mayor valor de los nutrientes absorbidos mayor es también el peso seco de la planta de papa.

5.-En cuanto a la comparación del por ciento de severidad y el rendimiento no se presentó correlación significativa entre ambas variables. De igual manera no hubo relación alguna entre las variables severidad con materia seca.

6.- El rendimiento obtenido para cada lote, no presentó correlación con la materia seca de la planta de papa.

7.- Los elementos minerales que se encontraron con rangos de concentración, considerados adecuados para el follaje y etapa fisiológica, son el nitrógeno, potasio, fierro, zinc, cobre y magnesio para la mayoría de los lotes en estudio.

8.- El fósforo no alcanzó un rango de concentración adecuado, mientras que los elementos del calcio, manganeso y sodio se reportaron con rangos de concentración muy elevados, de acuerdo al análisis foliar realizado.

6.- LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1996. Fitopatología. Reimpresión de la segunda edición. Editorial Limusa. Impreso en México, D. F.
- Almonte, A. J. 1991. Respuesta de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L) a fertilización bajo condiciones de riego y temporal. Tesis maestría. U.A.A.A.N.
- Bazan, de S. C. 1975. Enfermedades de cultivos Frutícolas y Hortícolas. Editorial Jurídica. S. A. Impreso en Perú.
- Brauer, H. D. 1985. Mejoramiento Genético de la Papa. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa. pag. 442-448.
- Calderoni, A. V. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur. S. A. Impreso en Perú.
- Daniel, W. W. 1987. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Primera edición al español. Editorial limusa. México, D. F. Pág. 439-447.
- Davis, J. R. and Groskopp, M. D. 1981. Yield and quality of Russet Burbank potato as influenced by interaction of Rhizoctonia, moleic hydrazide, and PCNB. In: American Potato Journal (58). pp 227, 228.
- De Bauer, I. L. 1991. Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Editorial Limusa. Primera reimpresión. Impreso en México, D.F.
- De la Garza, G. J. L. 1996. Fitopatología General. Imprenta universitaria de la Universidad Autónoma De Nuevo León. Facultad de Agronomía

- Edmond, J. B. 1981. Principios de Horticultura. Quinta reimpresión. Compañía editorial Continental, S. A. México.
- Elachkar, H., J. S. 1990. Evaluación de tres genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L) por el método de correlaciones y análisis de componentes principales en diferentes localidades en el sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N.
- Evanylo, G. K. 1989. Rate and timig of nitrogen fertilizer for white potatoes in Virginia. In: American Potato Journal. (66) pp.0 461-469.
- Guerrero, G. A. 1981. Cultivos Herbáceos Extensivos. Segunda edición. Ediciones mundi-prensa.
- Horton, D. 1987. Potatoes: Production, Marketing, y Programs for Developing Countries. Winrock development-oriented Literature series.
- Huaman, Z. 1986. Botánica Sistemática y Morfología de la Papa. Centro Internacional de la papa, Alap-CIP. Lima, Perú.
- Huber, D. M. 1980. The role of mineral nutrition in defensa. In: "Plant Disease An Avanced Treatise" (J. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds.) Vol. V,pp 381-406. Academic Press, New York.
- INEGI. 1996. El Sector Alimentario en México. Publicación anual. Impreso en México.
- Lerma, E., J. H. 1995. Relación de algunos elementos minerales con la severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N.

- Montaldo, A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la Papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José Costa Rica.
- Narro, F. E. 1986. Reunión sobre Investigación y Análisis de la Problemática de Papa. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Narro, F. E. 1995. MEMORIAS. Congreso Nacional de productores de papa. Memorias de trabajo presentados en el VI congreso nacional de productores de papa. IICA:
- Pérez, U. G. ; Charles, C. E. G. ; Kuruvadi, S y Charles, C. J. G. 1997. Foro de investigación. Folleto Informativo. Investigaciones en el cultivo de papa. UAAAN.
- Ramos, C. D. 1991. Diagnóstico sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) en el área influenciada de la UAAAN. Monografía.
- Rangel, B. J. J. 1997. Efecto en el Rendimiento, Calidad nutricional, impacto sobre el suelo, y costos de producción, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), Variedad Monserrat, bajo tres sistemas de producción agrícola: Agricultura Convencional, Agricultura Biointensiva y Agricultura Orgánica. Tesis Licenciatura. UAAAN.
- Reuter, D. J. and Robinson, J. B. 1986. Plant Analysis: an interpretation manual. Inkata press proprietary Limited. Melbourne and Sydney. pp 173-175.
- Reyes, C. P. 1983. Bioestadística Aplicada. Segunda reimpresión. Editorial Trillas. México, D. F.

- Roberts, D. A. y Boothroyd, C. W. 1978. Fundamentos de la Patología Vegetal. Editorial Acriba. Zaragoza, España.
- Roberts, S., W. H. Weaver and J. P. Phelps. 1982. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. In: American Potato Journal. Vol 59. pp 77-91.
- Saborio, M. M. 1991. Taller regional Centroamericano y Consulta sobre Planificación de Investigación Hortícola. San José Costa Rica.
- Salinas, A. Y. 1997. Propagación de esquejes y propagación de mini-tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L) para la producción de tubérculos-semilla bajo condiciones de invernadero y campo. Tesis. Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
- Sarasola, A. A. 1975. Fitopatología. Curso Moderno. Tomo II. Micosis. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Sarasola, A. A. 1975. Fitopatología. Curso Moderno. Tomo IV. Fisiogenicas-Prácticas en Fitopatología. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- SEP. 1990. Papas. Manuales de Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. Octava reimpresión. México D.F.
- Valadez, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Sexta reimpresión. Editorial Limusa. México, D. F.
- Venegas, V. C. 1995. MEMORIAS. Congreso Nacional de productores de papa. Memorias de trabajo presentados en el VI congreso nacional de productores de papa. IICA:

Walworth, J. L. Jr. and Muniz, J. L. 1993. A compendium of tissue nutrient concentration for field grown potatoes. In: American Potato Journal. Vol. 70. pp 591-595.

Westerman, D. T., G. E. Kleinkopf and L. K. Porter. 1988. Nitrogen fertilizer on potatoes. In: American Potato Journal. Vol. 65. pp 377-385.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Second edition. Prentice-Hall. New Jersey
E.U.A. pp 306-309.

7.- APENDICE

Cuadro 7.1. 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	19.00	2.0
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

Cuadro 7.2 Temperaturas medias de los meses de abril a octubre de 1997 en Galeana, N. L.

Mes	Temperatura máxima promedio mensual	Temperatura mínima promedio mensual
Marzo	20.0	2.4
Abril	19.8	4.5
Mayo	26.1	10.6
Junio	25.1	12.0
Julio	24.2	13.5
Agosto	28.3	11.2
Septiembre	26.7	7.1
Octubre	25.5	2.6

Cuadro 7.3. Elementos absorbidos por el cultivo de papa, expresados en kilogramos por hectárea.

No. LOTE	Cu	Zn	Fe	Mn	Mg	K	Ca	Na	P	N	Severi- dad.	Rendi- miento	Peso M. S.
1	0.049	0.062	0.518	0.727	31.500	100.30 0	70.800	37.000	5.800	94.800	10.000	31.000	2606
2	0.034	0.051	0.405	0.739	20.000	74.600	75.200	40.700	4.700	68.600	10.000	15.000	2132
3	0.023	0.075	0.318	1.070	18.900	138.30 0	56.100	51.900	3.800	61.600	0.000	58.000	1990
4	0.061	0.125	0.292	1.641	31.170	166.20 0	47.200	49.100	7.500	103.90 0	10.000	45.000	2361
5	0.070	0.106	0.302	1.361	24.200	138.60 0	69.400	64.500	9.100	98.000	5.000	48.000	2723
6	0.039	0.147	0.348	1.902	46.500	194.50 0	81.600	83.700	6.600	102.00 0	15.000	38.000	2835
7	0.072	0.192	0.405	2.536	65.900	127.00 0	11.650	59.000	6.300	164.70 0	0.000	46.000	4019
8	0.068	0.147	0.459	2.053	44.100	209.60 0	11.230	96.900	6.900	147.10 0	10.000	39.000	3589
9	0.047	0.226	0.252	1.889	30.600	179.70 0	73.200	58.300	6.200	97.900	0.000	45.000	2975
10	0.074	0.254	0.359	3.411	32.800	208.70 0	187.20 0	72.700	8.600	135.90 0	0.000	34.000	4384
11	0.111	0.133	0.332	1.800	69.400	351.10 0	156.70 0	101.10 0	11.800	173.50 0	10.000	44.000	4959
12	0.071	0.200	0.317	2.748	34.900	222.70 0	103.10 0	93.800	6.900	153.40 0	5.000	42.000	3569
13	0.046	0.143	0.173	2.070	26.400	244.90 0	134.10 0	108.70 0	6.900	76.900	5.000	42.000	3345
14	0.128	0.235	0.431	1.362	8.080	124.40	52.500	56.400	4.600	58.300	0.000	54.000	1838

						0							
15	0.053	0.242	0.494	2.020	31.600	210.30 0	130.40 0	88.400	4.300	71.700	5.000	32.000	2655
16	0.088	0.088	0.237	1.210	31.800	194.70 0	87.800	101.60 0	9.800	120.40 0	10.000	44.000	3541
17	0.078	0.181	0.056	2.380	36.600	304.00 0	170.70 0	133.00 0	8.600	117.30 0	10.000	40.000	3556
18	0.252	0.123	0.432	1.590	41.260	192.20 0	128.60 0	88.500	5.800	94.500	5.000	35.000	2865
19	0.060	0.100	0.476	1.920	15.400	109.20 0	115.00 0	42.700	6.100	94.000	10.000	34.000	3034
20	0.113	0.165	0.660	2.420	41.000	267.30 0	162.10 0	124.40 0	11.400	174.40 0	10.000	50.000	4714
21	0.029	0.065	0.249	0.554	29.040	165.80 0	78.600	68.900	3.500	65.500	10.000	34.000	1873
22	0.031	0.132	0.562	1.450	31.600	115.60 0	115.60 0	50.000	6.400	87.200	10.000	36.000	3230
23	0.039	0.110	0.135	0.956	25.100	79.300	121.90 0	32.200	3.500	125.60 0	25.000	25.000	2463
24	0.059	0.096	0.281	1.590	23.400	130.20 0	131.60 0	70.600	5.800	140.70 0	5.000	22.000	2759
25	0.051	0.103	0.025	1.410	62.700	228.00 0	97.800	102.60 0	6.000	140.20 0	5.000	42.000	3690
26	0.054	0.156	0.168	1.320	40.700	212.10 0	156.30 0	107.70 0	5.000	111.60 0	5.000	35.000	3017
27	0.040	0.075	0.012	0.537	15.000	61.200	47.600	35.300	4.800	97.800	10.000	30.000	2510
28	0.055	0.160	0.476	2.350	28.800	157.10 0	64.600	82.000	6.200	125.10 0	10.000	33.000	3476
29	0.036	0.055	0.123	0.557	35.100	237.20 0	85.600	84.100	5.500	117.10 0	5.000	32.000	3081
30	0.049	0.052	0.512	0.460	14.000	70.700	39.000	36.600	5.200	109.30	10.000	22.000	2602

										0			
31	0.057	0.171	0.054	1.830	20.600	55.800	87.000	33.200	5.700	80.500	25.000	40.000	2517