

**FACTORES ABIÓTICOS Y SU RELACIÓN CON EL SÍNDROME DE LA  
PUNTA MORADA DE LA PAPA**

**VIDAL HERNÁNDEZ GARCÍA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**FACTORES ABIÓTICOS Y SU RELACIÓN CON EL SÍNDROME DE LA  
PUNTA MORADA DE LA PAPA.**

**TESIS**

**POR**

**VIDAL HERNÁNDEZ GARCÍA**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor principal:** \_\_\_\_\_  
**M.C. Abiel Sánchez Arizpe**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Gustavo A. Frías Treviño**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**M.C. Emilio Padrón Corral**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Jerónimo Landeros Flores**  
**Subdirector de Postgrado**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2006.

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por brindarme el apoyo económico durante la realización de uno de mis grandes esfuerzos para la preparación profesional.

Con cariño a la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por haberme abierto de nuevo sus puertas y envolverme en su seno, además de darme los más sabios conocimientos para terminar mis estudios profesionales y ser siempre un hombre de bien ante todas las adversidades que hay en la vida.

Al **Departamento de Parasitología** y a todas aquellas personas que ahí trabajan por su gran atención brindada.

El autor expresa su humilde y profundo agradecimiento al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe**, por la oportunidad brindada para realizar esta investigación, invaluable asesoría para la culminación de este trabajo, a sí como mis más sinceras gracias por su amistad.

Con agradecimiento y admiración al **Dr. Gustavo A. Frías Treviño**, por su magnífica y acertada asesoría, además de sugerencias para la mejor realización y culminación de esta investigación, mil gracias.

Al **M.C. Emilio Padrón Corral**, por su disposición y apoyo incondicional para la realización de esta investigación.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Coahuila (**CESAVECO**), en especial al **Ing. José Luis Duran** por su valiosa cooperación en la toma de datos climáticos.

Al **M.C. Ricardo Requejo López**, por sus valiosas ayuda con el Programa DRIS y algunas sugerencias hechas al trabajo.

A los **productores** de papa de la región de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León por el apoyo brindado durante los muestreos en los lotes de estudio.

A todos mis **Maestros**, por transmitirme parte de sus conocimientos durante mis estudios de Maestría.

A mis **Amigos y Compañeros** de la maestría, por todos los momentos felices; en especial a Miguel, Roberto, Ramón, Salvador, Rogelio y Darío por todas las alegrías compartidas dentro y fuera de las aulas.

## **DEDICATORIA**

A Dios y la Virgen de Guadalupe, quienes me han guiado por el mejor camino e iluminado en aquellos momentos tan difíciles que hay en la vida y por ser siempre mi mayor aliento durante mis estudios hasta lograr mis objetivos.

### **A MIS PADRES:**

#### **Vidal Hernández Pérez**

Para ti padre por los más sabios consejos que me haz dado, y por que nos enseñaste desde pequeño que para ser alguien en la vida uno tiene que sufrir, librando obstáculos que se presente en el camino, además por la admiración que te tengo ya que a tu edad aun sigues cultivando la sagrada tierra.

#### **María Luz García Vásquez**

Gracias madre por regalarme la vida, por el inmenso amor que me tienes a pesar de estar lejos de ti, por tus desvelos, la educación, deseos de superación y todos los sacrificios realizados para poder cumplir otra de mis metas, sin su ayuda nunca lo hubiera logrado, te quiero mucho mama y quiero que estés muchos años más con nosotros.

### **A MIS HERMANOS:**

#### **Salomón, Reynaldo, Clary, Dany, Jhonny e Hiver Hugo**

Por su incondicional apoyo moral y económico, por sus consejos, comprensión y por su confianza depositada en mi.

### **A MI QUERIDA ESPOSA:**

**Luz Elena López Pérez**, por estar siempre conmigo, por el gran amor, confianza y apoyo incondicional que me haz brindado durante mis estudios de maestría y durante los momentos difíciles que hemos pasado juntos.

**A MIS DOS GRANDES TESOROS QUE DIOS ME HA DADO**, mis queridos hijos: Jesús Joanni y Selena Vidalí, que son fuente de mi vida y la más bella experiencia que la vida me ha brindado al tenerlos junto a mí.

A mis sobrinos: **Yeimy Yaritz y Kevin Axel**, por la bonita alegría que han traído a la familia y por ser los primeros que tengo, se que aun no entienden esto, pero cuando aprendan a leer acuérdense que los queremos mucho.

### **A MIS PRIMOS Y AMIGOS:**

Por su gran apoyo moral, con quienes he convivido y disfrutado grandes momentos de mi vida; a ustedes les deseo el mejor de los éxitos donde quieran que se encuentren.

## COMPENDIO

### FACTORES ABIÓTICOS Y SU RELACIÓN CON EL SÍNDROME DE LA PUNTA MORADA DE LA PAPA

POR

**VIDAL HERNÁNDEZ GARCÍA**

MAESTRÍA EN CIENCIAS

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 2006.

M.C. Abiel Sánchez Arizpe -Asesor-

**Palabras claves:** *Solanum tuberosum*, Incidencia, Severidad, Parámetros meteorológicos, Nutrición.

En los años 2003 y 2004, el Síndrome de Punta Morada de la Papa (SPMP), adquirió mucha importancia por las grandes pérdidas que ocasiono en zonas paperas de Coahuila-Nuevo León, ya que la incidencia se incremento considerablemente afectando la mayoría de lotes destinados a la producción de papa, lo que trajo consigo pérdidas millonarias por la mala calidad de tubérculos cosechados. Para el control del SPMP, en esta región papera, se enfocan principalmente al combate de insectos vectores de fitoplasmas, aplicando de 2 a 3 veces por semana lo que arrasa con insectos y microflora benéfica, provocando esterilidad del suelo y un desequilibrio en el agroecosistema. Este

síndrome, es la principal enfermedad de este cultivo en la mayoría de las regiones paperas de México. Los patógenos asociados a este síndrome son: Fitoplasmas y hongos (*Fusarium* y *Verticillium*), los factores abióticos (clima y nutrición) también parecen jugar un papel importante, aunque esto no ha sido probado científicamente. Este trabajo de investigación estudio la relación entre factores abióticos con el progreso de la enfermedad por medio de la incidencia, severidad en condiciones de campo e invernadero. Con la metodología utilizada se comprobó que la relación de parámetros meteorológicos como la temperatura en conjunto con la humedad relativa tiene una relación directa con el progreso de la enfermedad. La incidencia de los 5 lotes fue de 57.77 a 86.66% y la severidad alcanzando niveles de 3 a 5 de la escala cualitativa utilizada. La nutrición en campo, el K, P, N son los elementos que influyeron más en la severidad de la enfermedad y en invernadero la incidencia/severidad fue mayor a temperaturas máxima promedio menores de 28°C en comparación a temperaturas máximas promedio mayores de 32°C, y existió deficiencias de N, Mg, Mn y Fe.

**ABSTRACT**

**ABIOTICS FACTORS AND THEIR RELATION WITH THE POTATO PURPLE  
TOP SYNDROME**

BY

**VIDAL HERNANDEZ GARCIA**

**MASTER IN SCIENCES**

**AGRICULTURAL PARASITHOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 2006.**

M.C. Abiel Sánchez Arizpe -Advisor-

**Keys words:** *Solanum tuberosum*, Incidence, Severity, Parameters meteorological, Nutrition.

During 2003 and 2004, the Potato's Purple Top Syndrome (PPTS) acquired great importance because of the great losses it caused in potato zones of Coahuila-Nuevo Leon, as its incidence increased considerably damaging most of the plots designated for potato production, thus bringing millionaire losses because of the bad quality of the harvested tubercles. To control PPTS in this potato region, the main focus was fighting against phytoplasma vector insects, applying from 2 to 3 times per week, which destroys insects and useful microflora, causing soil sterility and a lack of balance in the

agroecosystem. This syndrome is the main disease of this crop in most potato regions of Mexico. The pathogens associated to this syndrome are: Phytoplasma and fungus (*Fusarium* and *Verticillium*), the abiotic factors (climate and nutrition) also seem to play an important role, although this has not been proved scientifically. This research studied the relation among abiotic factors together with the progress of the disease by means of incidence, severity in field and greenhouse conditions. With the applied methodology, it was proven that the relation of meteorological parameters as temperature together with relative humidity, have a direct relation with the progress of the disease. The 5 plots incidence was of 57.77 and 86.66% and severity reached levels from 3 to 5 in the qualitative scale used. In field nutrition, K, P, N are elements which influenced more the severity of the disease; and in greenhouse, incidence/severity was greater at maximum average temperatures lesser than 28°C compared to maximum average temperatures higher than 32°C with existing deficiencies of N, Mg, Mn and Fe.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>1</b>
<b>Objetivos</b> -----	<b>4</b>
<b>REVISION DE LITERATURA</b> -----	<b>5</b>
<b>Origen de la papa</b> -----	<b>5</b>
Utilización-----	6
Importancia-----	6
Ciclo del cultivo-----	7
Crecimiento del cultivo-----	7
Temperatura-----	9
Humedad relativa-----	10
Precipitación pluvial (agua) -----	10
Suelo-----	11
Fertilización-----	11
Nutrición-----	12
<b>Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS)</b> -----	<b>13</b>
<b>Elementos minerales esenciales en la nutrición de la planta de papa</b> -----	<b>14</b>
Nitrógeno (N) -----	14
Fósforo (P) -----	15
Potasio (K) -----	16
Calcio (Ca) -----	17
Magnesio (Mg) -----	18
Manganeso (Mn) -----	18
Cobre (Cu) -----	19
Fierro (Fe) -----	20
Zinc (Zn) -----	20
<b>Problemas Fitopatológicos</b> -----	<b>21</b>
Enfermedades que atacan al cultivo de papa-----	21
<b>Síndrome de punta morada de la papa</b> -----	<b>22</b>
<b>Sintomatología</b> -----	<b>23</b>

Hojas-----	24
Tallos-----	24
Tubérculos-----	24
<b>Cuantificación de enfermedades-----</b>	<b>26</b>
<b>Cuantificación del patógeno-----</b>	<b>27</b>
<b>Cuantificación de las condiciones ambientales-----</b>	<b>28</b>
<b>Análisis de epidemias-----</b>	<b>28</b>
<b>FACTORES ABIÓTICOS Y SU RELACIÓN CON EL SÍNDROME</b>	
<b>DE LA PUNTA MORADA DE LA PAPA-----</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES-----</b>	<b>55</b>
<b>LITERATURA CITADA-----</b>	<b>56</b>
<b>APENDICE-----</b>	<b>61</b>

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa es uno de los más importantes de México, por ser una hortaliza que aporta gran cantidad de carbohidratos y almidón en la nutrición humana; además de tener gran importancia en cuanto a su valor alimenticio, también genera grandes fuentes de ingreso durante su explotación.

Durante el 2005 se sembraron alrededor de 49,844 mil ha, obteniendo una producción nacional aproximadamente de 1,129,280 ton principalmente en regiones productoras como la del pacífico, noreste y centro del país, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Nuevo León, este último estado al igual que Coahuila reportaron una producción de 101, 476 ton y 45,516.4 ton respectivamente, cuya zona papera cuenta con riego sofisticado creando así una agricultura tecnificada de los valles de esta región. (SAGARPA, 2005).

Sin embargo en los últimos años este cultivo ha sido afectado por un complejo de agentes causando el “síndrome de punta morada de la papa”, enfermedad que se considera que es ocasionada por varios factores, entre los cuales se cree que, además de factores bióticos, los abióticos se encuentran involucrados, y que probablemente puede ser un factor primario. Este síndrome, ocasiona de manera directa la mala calidad de los tubérculos al inducir una acumulación de metabolitos, ocasionándoles un manchado interno que los hace

inadecuados para la industria (García-Quijano, 1996; Cadena-Hinojosa, 1996; Santiago, 2005).

Ante mucha confusión de las referencias de literatura y evidencias que se presentan en campo, probablemente nos encontremos ante una situación de estrés de la planta de papa provocada por factores abióticos, provocando que la planta quede predispuesta a la acción de determinados microorganismos teniendo un papel en la expresión de síntomas de punta morada de la papa, y posiblemente exista una interacción entre factores abióticos y bióticos.

Diferentes organismos o factores abióticos, pueden causar síntomas similares en la planta de papa; lo cual debe evitarse un diagnóstico precipitado carente de información. Los conocimientos más utilizados para un diagnóstico son: anatomía y fisiología de las plantas, factores que predisponen el ataque de plagas y problemas abióticos del cultivo, fenología del cultivo y la plaga, técnicas de manejo del cultivo y metodologías de diagnóstico.

Las plagas y factores abióticos que afectan a las plantas pueden interferir uno o varios procesos fisiológicos básicos como: 1) absorción y transporte de agua y nutrientes; 2) fotosíntesis y metabolismos; 3) transporte de fotosintatos; 4) desarrollo de frutos y 5) madurez y senescencia de tejidos (Agrios, 1996; Horsfall 1979).

Además los factores abióticos pueden interferir en el transporte adecuado de los fotosintatos que ocurre en el floema, vía que moviliza azúcares y metabolitos a sitios de crecimiento o almacenamiento; también en ocasiones puede ser interferida por virus, hongos, fitoplasmas y protozoarios, los cuales pueden necrosar el floema, provocando síntomas como hojas rojizas-púrpura y encrespamiento debido al exceso de azúcares en la hoja (Agrios, 1996; Sinclair, *et al.*, 1996).

En la actualidad en la búsqueda de incrementar la productividad muchas veces promueve la adopción de técnicas que pueden provocar estrés severo, tales como altas densidades de siembra, métodos y dosis inadecuadas de fertilización, un uso excesivo de productos químicos (Huber, 1980; Levesque and Rahe, 1992; Russell, *et al.*, 1989), especialmente insecticidas contra insectos-vectores y que al hacer aplicaciones exageradas causan un desequilibrio en el ecosistema favoreciendo la proliferación de plagas secundarias y provocando una toxicidad en las hojas, llegando a producir en ocasiones síntomas de punta morada. Esto encarece los costos de producción y aumenta los riesgos de contaminación de alimentos y del medio ambiente.

En la región papera de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León no se conoce con exactitud si los factores abióticos juegan un papel importante en la expresión de síntomas de punta morada. Existen datos de parámetros meteorológicos de las zonas productoras de papa, pero muy poca información se ha obtenido concerniente a la posible relación que pueda existir con el

síndrome, motivo por el cual es necesario conocer si existe esta relación entre factores abióticos y enfermedad, por lo que este trabajo de investigación busca generar información relevante al respecto.

**OBJETIVOS:**

1. Determinar la relación de la temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial con la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa.
2. Determinar el efecto de la temperatura en la expresión de síntomas de punta morada en invernadero.
3. Analizar la relación existente entre el contenido de nutrientes minerales en la expresión de síntomas de punta morada en campo e invernadero.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen de la papa

La papa se domesticó en Sudamérica, específicamente en Bolivia, entre los lagos Titicaca y Poopó hace unos 10,000 a 7,000 años, aunque los primeros vestigios se encontraron en el cañón de Chilca, al sur de Lima en Perú que datan de una antigüedad de hace 10,500 años, aunque existe controversia y opiniones muy diversas en cuanto al origen de la papa, sin duda se estima que el altiplano peruano-boliviano es el centro de origen de este importante cultivo (Luján, 1996; Rousselle *et al.*, 1999).

La papa tiene más especies silvestres que cualquier otro cultivo. Estas especies están ampliamente distribuidas, desde la región suroeste de los Estados Unidos (Nebraska y Colorado) hasta el extremo sur de los Andes. Existen dos centros de biodiversidad de especies silvestres, uno en la región central de México y otro en la región alta Andina, desde Perú hasta el noroeste Argentino, según el Botánico inglés John Gregory (Hawkes, 1990).

Fue introducida a Europa después de la conquista de los españoles, apareciendo gradualmente en varios países europeos durante el siglo XVII y XVIII. Durante el periodo de 1600 a 1845 la papa se constituyó como la principal fuente de alimentos de Irlanda, siendo los inmigrantes de este país, los que la trajeron a Norteamérica en el año de 1719.

## **Utilización**

La producción de papa que se obtiene de las regiones paperas de México y del mundo va para su consumo en fresco normalmente, aunque en países desarrollados los porcentajes de esta producción de papa se procesa de diferente manera para su aprovechamiento posterior. En la industria de la papa, las técnicas han evolucionado, pero los principios siguen siendo los mismos, hojuelas deshidratadas y papa trozadas congeladas, y a los que hay que añadir otros sistemas de deshidratación y de conservación mediante fritura y cocción como los purés (Alonso, 1996).

## **Importancia**

La papa es de suma importancia como fuente de alimentación humana ocupando el cuarto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo, pues su producción sólo es superada por el trigo, maíz y arroz; a pesar de que en los últimos años se ha observado un descenso en la superficie sembrada y cosechada, por numerosos problemas fitopatológicos, al pasar de una producción nacional de 1, 221, 983 ton en el 2002, a 1,129,280 ton en el 2005 en México (Valadez, 1997; SAGARPA, 2002; SAGARPA, 2005).

Los precios de la papa también están sujetos por la fuerza de la oferta y la demanda, pero a pesar de ello, el productor siempre busca recuperar las inversiones realizadas, aunque en ocasiones ocurran desastres con las enfermedades. Pero, sin lugar a duda la papa es uno de los cultivos que tiene una fuerte demanda por la gran fuente de ingresos que se genera para los

agricultores, y la gran demanda de mano de obra que necesita durante su desarrollo agrícola (70-85 jornales/ha) y de postcosecha como cosechadores, cargadores, transportistas, comerciantes (Rocha, 1985).

Es por ello, que la papa constituye un alimento fundamental en la dieta del hombre, pues en México el consumo per capita es de 12.5 kg, muy bajo si comparamos a Estados Unidos u Holanda que es de 58.4 kg y 58.8 kg respectivamente; en México la papa ocupa el sexto lugar de importancia alimenticia (Rangel, 1995).

### **Ciclo del cultivo**

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

### **Crecimiento del cultivo**

En el cultivo de papa la fase de crecimiento es fuertemente influenciado por una serie de factores como clima, ambiente del suelo, prácticas culturales y la presencia de plagas, de tal manera que los rendimientos son una expresión integrada de diversas variables (Benoit and Grant, 1980; Stone *et al.*, 1986).

Una mejora en los rendimientos se ha atribuido a un incremento en el tamaño de los tubérculos, aunque hay quienes lo han relacionado con un aumento en su cantidad (Bernoit and Grant, 1980).

La habilidad de una planta para sostener el crecimiento del tubérculo depende de la presencia de suficiente follaje para producir los fotosintatos necesarios y un adecuado suministro de agua y nutrientes (Moorby, 1978).

Antes del inicio de la tuberización el follaje es el principal usuario de los asimilatos, sin embargo desde el inicio de la tuberización existe un mayor flujo de éstos hacia los estolones y tubérculos en formación (Moorby, 1978). De esta manera del 75 a 85 % del total de materia seca producida por la planta es acumulado en los tubérculos (Cutter, 1978).

Bajo ciertas condiciones ambientales que limitan la asimilación neta de carbono, las ramas se pueden convertir en las principales demandantes de los fotosintatos (Malik *et al.*, 1992).

Igualmente bajo ciertas condiciones anormales los tubérculos se pueden desarrollar casi en cualquier yema vegetativa independientemente de su ubicación en la planta (Cutter, 1978).

## **Temperatura**

Durante el crecimiento de la planta de papa requiere de una variación de temperatura ambiental; en la siembra, la temperatura debe subir hasta 20° C para que la planta se desarrolle adecuadamente, después está necesita temperaturas mas altas para un buen crecimiento del follaje, pero no mas de los 30° C y durante el desarrollo de los tubérculos es importante que la temperatura se encuentre entre de 16° a 20° C (SEP, 1982), dependiendo de la intensidad de la luz, si la intensidad disminuye, también lo hace la temperatura. Esta es muy importante por que tiene una marcada influencia sobre todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo que ocurre en la parte aérea de la planta de papa.

Las temperaturas frescas durante las noches son importantes porque influye en la acumulación de carbohidratos y materia seca de los tubérculos. La tuberización se retarda sustancialmente si la temperatura esta por encima de los 20° C, y se inhibe totalmente si es mayor de 30° C.

Al existir altas temperaturas, al parecer inactivan algunos sistemas enzimáticos y aceleran otros, lo cual origina reacciones bioquímicas anormales y la muerte de las células, además proporciona la coagulación y desnaturalización de las proteínas, el rompimiento de las membranas citoplasmáticas, la sofocan y posiblemente también la liberación de productos tóxicos en la célula (Colhoun, 1979), y puede haber una mala traslocación de nutrientes en toda la planta.

Temperatura alta durante el día es relacionada con un alto porcentaje de respiración y transpiración, el cual puede causar plantas con estrés de humedad a un cuando el contenido de humedad en el suelo sea alta y 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 plantas, disminuyendo reservas de carbohidratos por lo que el crecimiento de tubérculos es lento.

### **Humedad relativa**

Actualmente, la humedad relativa en la mayoría de las zonas productoras de papa en México, va desde el 20 a 60%. Cuando existe una humedad y temperatura alta se crea un microclima adecuado para el ataque de patógenos y a la vez la planta queda predispuesta a este ataque.

### **Precipitación pluvial (agua)**

La planta de papa es muy sensible a la sequía que otros cultivos; en general el periodo de sequía durante la formación de tubérculos reduce la producción más que cuando está se presenta en etapas tempranas de desarrollo. En periodos cálidos las plantas requieren riego mas frecuentes que otros cultivos (Horton, 1987), con una continua provisión de agua durante la etapa de crecimiento, llegando a utilizar durante el ciclo de cultivo aproximadamente 500 mm.

Por otro lado una precipitación pluvial muy elevada y una humedad relativamente alta, provoca el rápido desarrollo de enfermedades (SEP, 1982), y un riego excesivo puede disminuir la producción por el lavado de nutrientes, produciendo en las hojas de las plantas marchitamientos.

## **Suelo**

Este cultivo puede ser establecido en una amplia variedad de suelos, adaptándose mejor en suelos de textura migajon arenosa o migajon arcillosa, ricos en materia orgánica, con estructura granular migajosa y que sea fácilmente desmoronable (Narro, 1986).

## **Fertilización**

Los elementos que requiere en grandes cantidades la planta de papa para un buen crecimiento, desarrollo y producción de tubérculos son N, P y K; mientras que los elementos que la planta de papa requiere en cantidades pequeñas son Ca, Mg y S. Generalmente el fertilizante es aplicado aun lado o abajo de la semilla, siendo mas usado el fertilizante aplicado debajo del tubérculo (Báez, 1983). Actualmente también se aplican los fertilizantes foliares para atender algunas deficiencias de la planta.

La dosis optima de fertilización de papa en la región de Coahuila-Nuevo León es de 150-100-150 por ha, pero actualmente se ha elevado a 350-250-300, cuyas aplicaciones son semanalmente, provocando un exceso de fertilización, lo cual con el riego constante que se hace con el pivote central lava

el fertilizante lixiviándolo hacia las partes mas profundas del suelo, motivo por el cual no se manifiesta el exceso en las plantas, al contrario hay deficiencias en la planta al no absorber dichos elementos por el constante riego o por algún desvalance nutricional de la planta.

## **Nutrición**

El crecimiento y desarrollo de los vegetales y por lo tanto su rendimiento, se determina en gran medida por la disponibilidad de los nutrientes para su nutrición, por lo tanto el crecimiento y el rendimiento de las plantas dependen de la disponibilidad de agua y de una buena nutrición (Agrios, 1996).

La mayoría de las veces, las enfermedades aparecen y muestran un mayor grado de avance durante los días cálidos-húmedos o cuando las plantas que han sido fertilizadas en gran escala con N se ven mucho mas atacadas por algún patógeno que las que han sido menos fertilizadas, con esto la nutrición de los cultivos es uno de los factores que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades y el resultado de su influencia sobre el desarrollo y la susceptibilidad del hospedero, sobre la propagación del patógeno (Agrios, 1996).

Dieciséis elementos químicos son esenciales para el crecimiento de las plantas y un elemento es esencial si satisface tres condiciones: 1) que la planta no pueda completar su ciclo de vida sin dicho elemento, 2) que su acción sea especifica y 3) no puede ser sustituido por otro. Las deficiencias en los

requerimientos nutricionales de las plantas, no sólo tienen en sí efectos nocivos sino que además influye en los procesos involucrados en sus mecanismos de defensa en relación con patógenos bióticos (Huber, 1980).

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

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 un estrés 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 (García, 1998).

### **Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS)**

La importancia que juega cada elemento es esencial en el cultivo de papa, lo que hace necesario conocer la deficiencia o exceso en la planta. Para llevar acabo esto es necesario analizarlo en una forma simple y rápida, como el método desarrollado por Beaufils (1973), denominado Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS), el cual consta de un conjunto de normas que hacen un diagnóstico más completo, ya que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutrimental y detecta deficiencias y excesos relativos,

además puede realizar diagnósticos en cualquier etapa de desarrollo y diferente posición de la hoja en la planta.

En base a esto en la región de Navidad, Nuevo León se ha comprobado, que las normas de interpretación de análisis foliares por el método DRIS propuesta por Meldal y Summer (1980) para el cultivo de la papa, pueden ser utilizadas con mayor exactitud que el método basado en valores críticos (Rubio, 1990). Por lo tanto en el 2002, García y colaboradores, crean la versión 1.3 del programa de Indices DRIS para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León, con la finalidad de facilitar el cálculo de índices de 10 nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B).

## **Elementos minerales esenciales en la nutrición de la planta de papa**

### **Nitrógeno (N)**

Una concentración suficiente de N en la planta se manifiesta por una mayor calidad de clorofila en las células de la hoja o un color verde intenso en la masa foliar, una mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, una mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad, promueve un crecimiento vigoroso de la planta y es esencial para la producción de aminoácidos, proteínas, hormonas de crecimiento, fitoalexinas y fenoles (Huber, 1980; Narro, 1995), y es un constituyente en las plantas de papa de proteínas, ácidos nucleicos y otras sustancias (Bidwell, 1993).

Es considerado un elemento trascendental en relación con la susceptibilidad, tolerancia y resistencia de las plantas a las enfermedades, ya que la aplicación de N provoca el lento proceso de senescencia celular, lo que pospone la pudrición de los tallos u otros organismos de la planta, pero si existe un exceso de N en las plantas disminuye la concentración de lignina, la cual es una sustancia utilizada por las plantas como defensa contra el ataque de plagas y enfermedades; además que alta dosis de N propician el desarrollo vegetativo de las plantas, creando un microclima favorable para el desarrollo de algunas enfermedades (Ortega, 1995; Marschener, 1995). También altas dosis de N puede aumentar el contenido de azúcares reductores (glucosa) y disminuir la densidad específica de los tubérculos, cosa indeseable para el freído de papas.

Agrios (1996) menciona que la falta de N hace que las plantas se debiliten, crezcan con una lentitud y envejezcan con mayor rapidez, haciéndolas susceptibles a los patógenos como *Verticillium* y *Alternaria solani*, que tienen en sí más posibilidades de atacar a las plantas débiles y de crecimiento lento.

### **Fósforo (P)**

El P como el N, es muy importante como parte principal de muchos compuestos, principalmente en ácidos nucleicos y fosfolípidos. Actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía (compuestos ATP, ADP), en los fenómenos de fosforilación, división celular, alargamiento celular. Aumenta la eficiencia de uso del agua, promueve la formación temprana y el crecimiento de raíces.

Una buena cantidad de P se refleja por un mayor desarrollo y crecimiento general de las plantas de papa, acelera la floración y proporciona a las plantas mayor resistencia a enfermedades. El P es de mayor importancia durante el crecimiento inicial y al final de la tuberización, además este elemento estimula la formación y crecimiento de raíces vigorosas lo que permite a la plántula escapar de enfermedades radicales (Huber, 1980; Narro, 1995).

El P se retiene firmemente en el complejo mineral del suelo y su absorción por las plantas puede ser obstaculizada por un exceso de Ca, provocando deficiencias del crecimiento de las plantas y reduce el contenido de fosfolípidos y una menor traslocación de carbono (Bidwell, 1993; López, 1994).

### **Potasio (K)**

El K juega un papel importante en la síntesis de los azúcares y almidón, influyendo a veces en la traslocación del almidón que en las hojas es convertido en glucosa. La calidad de la papa está influenciado por el nivel de K en la planta (Narro, 1995).

El K aumenta la resistencia a enfermedades de la planta, una de sus funciones más importantes en el manejo de los cultivos, por que la abundancia de K implica un mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de órganos de la planta, buena resistencia al frío y a las enfermedades (Bidwell, 1993; López, 1994).

La deficiencia de K en la planta de papa es el debilitamiento del tallo, y la baja resistencia a patógenos causantes de enfermedades, además que reduce la traslocación de fotosintatos, pero sin afectar fuertemente la fotosíntesis. En ocasiones puede ocurrir una acumulación de carbohidratos solubles (azúcares) y disminuir la producción de almidón (Marchner, 1995; Beikema y van Der Zaag, 1990).

### **Calcio (Ca)**

El Ca es importante en la resistencia de las plantas contra el ataque de plagas y enfermedades provocadas principalmente por hongos y bacterias; por otro lado ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de la membrana celular y es constituyente de las paredes celulares, interviene en el crecimiento y en la asimilación de N. Aumenta la germinación y neutraliza algunos ácidos orgánicos (Huber, 1980; Narro, 1995).

El Ca 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 Ca, mientras que los tejidos jóvenes hay deficiencia.

Los excesos de Ca, se encuentran generalmente relacionados con suelos alcalinos, como los suelos del valle de Navidad que son muy ricos en carbonatos de calcio, lo que explicaría la calidad de fritura que caracteriza a las

papas de esta región; pero este exceso pudieran inducir deficiencias de Fe, Mn, Cu y Zn.

Las deficiencias de Ca provoca síntomas como achaparramiento y necrosis de los puntos de crecimiento, además de provocar alta permeabilidad de la membrana y conforme aumenta esta deficiencia hay una desintegración general de las estructuras de la membrana.

### **Magnesio (Mg)**

Este elemento forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación, participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de carbohidratos, ayuda a regular la asimilación de K y Ca. Actúa como transporte de P en la planta y está en la clorofila (Narro, 1995). Una buena nutrición de Mg disminuye la incidencia de enfermedades causadas por *Fusarium* y *Alternaria*, según Huber (1980) y Una deficiencia de Mg inhibe la síntesis de proteínas.

### **Manganeso (Mn)**

Este elemento tiene baja movilidad 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).

Este elemento participa en funciones como la acción en la síntesis de clorofila, forma parte del fenómeno de la fotosíntesis, aumenta el

aprovechamiento del P, Ca y Mg, es un elemento activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del N. Así mismo este elemento puede ser deficiente en suelos alcalinos porque se convierte en formas inaprovechables (Bidwell, 1993).

Una deficiencia de Mn reduce en mayor grado el contenido de clorofila, niveles bajos de fenoles solubles, sustancias que desempeñan un importante papel en la defensa química de las plantas e influyen de forma negativa sobre la tasa fotosintética del hospedero y consecuentemente su vigor y su capacidad defensiva.

### **Cobre (Cu)**

Participa en la síntesis de lignina y es cofactor de la síntesis de ácidos nucleicos y carbohidratos y desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas y transportador de electrones en la fotosíntesis. Esta normalmente presente en el intercambio de los suelos donde esta retenido firmemente pero disponible para las plantas, de manera que su deficiencia en la naturaleza es rara (Bidwell, 1993).

Ortega (1995), menciona que concentraciones elevadas de este elemento son responsables de una toxicidad selectiva frente a muchos organismos patógenos al actuar como fungicidas, especialmente durante la fase de infección. Cuando existe deficiencia produce acumulación de almidón en las

células y causa necrosis en las hojas dándoles una apariencia marchita (Bidwell, 1993).

### **Fierro (Fe)**

Este elemento tiene poca movilidad en el suelo y la planta, es requerido para la síntesis de clorofila y de proteínas en regiones meristemáticas y para la reacción de la fotosíntesis (Huber, 1980; Narro, 1995); es un componente importante en varios procesos enzimáticos y de la proteína ferredoxina y para la reducción de sulfatos y nitratos. Una deficiencia de Fe, se supone que se produce por desequilibrio de metales como Molibdeno, Cobre o Manganeso, desencadenando esta deficiencia que haya un exceso de P en el suelo, además produce clorosis que esta restringida estrictamente a las hojas mas jóvenes de la planta en crecimiento (Bidwell, 1993).

### **Zinc (Zn)**

El Zn 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. El papel fisiológico mas importante del Zn 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; requiriendo el cultivo de la papa suministros de Zn durante todo su ciclo que van desde cero hasta mas de veinte unidades (Huber, 1980; Narro, 1995).

La deficiencia de Zn, es que las hojas muestran clorosis intervenal y muestran pigmentaciones púrpuras.

## **Problemas Fitopatológicos**

### **Enfermedades que atacan al cultivo de papa**

El cultivo de la papa se ve afectado por un sin número de enfermedades que son las responsables directas de grandes pérdidas en su producción. Estos problemas son comunes en todas las regiones donde se cultiva la papa, pues son enfermedades que han estado presentes y por una selección inadecuada de semillas se han incrementado y deseminado por todas las zonas de ecología similar.

La papa es atacada por enfermedades originadas por hongos, virus, bacterias, fitoplasmas. Estos patógenos al infectar el follaje, raíces y tubérculos, provocan debilitamiento de las plantas, muerte prematura y comercialmente, la mala calidad de los tubérculos (Rousselle, *et al.*, 1999).

Muchas son las enfermedades de importancia económica para el cultivo de papa, como el tizón tardío provocado por *Phytophthora infestans* (Mont De Bary), tizón temprano causado por *Alternaria solani* (Ell. Sor), costra negra ocasionada por *Rhizoctonia solani* (Kühn), marchitamientos provocados por especies de *Furarium* y *Verticillium*; además de virus, como del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV), virus "Y" y "X" de la papa, entre muchas más.

Actualmente uno de los principales problemas de enfermedades de la papa en la región de Coahuila-Nuevo León es el Síndrome de Punta Morada de la Papa (SPMP), considerado problema prioritario en esta región papera y de otras del país, el cual se cree que es causado por un complejo de agentes.

### **Síndrome de Punta Morada de la Papa**

Esta enfermedad, fue reconocida inicialmente en Canadá durante 1933, pero fue hasta 1953, cuando se registraron incidencias de 20 a 75 %, debido a la condición de brote fino que se desarrollaba en los lotes de semilla infectada con punta morada. Para 1954 las pérdidas en la producción comercial de papa fueron cuantiosas en zonas productoras de Canadá y Estados Unidos de Norte América, ya que los tubérculos utilizados como semilla produjeron el síntoma de Brote de Hilo, causando que las plantas que lograron desarrollar no produjeran tubérculos adecuadamente (Cadena-Hinojosa, 1993).

En México la enfermedad punta morada de la papa fue mencionada por primera vez por Niederhauser y Cervantes en 1956 y observada en el valle de Toluca, en las cercanías del Nevado de Toluca, en Guanajuato, Michoacán y en los estados de Puebla y Tlaxcala (Cadena y Galindo, 1985).

En la región de Coahuila-Nuevo León, Guigon (1994), describe una enfermedad con síntomas típicos de punta morada, pero no la menciona como tal, solo describe que algunas plantas de etiología desconocida presentaban síntomas como tubérculos aéreos y brotes axilares anormales, así como una

coloración en los bordes de las hojas rosa-púrpura y el desarrollo de tubérculos en las yemas axilares de las plantas.

En otro estudio realizado por García-Quijano (1996), señaló que en las áreas paperas de Coahuila y Nuevo León, Jalisco y otras del país, comenzó a manifestarse una enfermedad de etiología desconocida ocasionando amarillamientos, enrollamiento de folíolos color morado, necrosis vascular en tallos y tubérculos, además de otros síntomas que coincide con lo descrito por Guigon (1994), ocasionando pérdidas que llegan hasta el 80% (Rubio-Cobarrubias *et al.*,2002), lo que en la actualidad dicha enfermedad es causada por un complejo de agentes y conocida como síndrome de punta morada de la papa.

### **Sintomatología**

La planta puede manifestar síntomas de punta morada, desde los 20 días después de la emergencia, dependiendo de las condiciones de nutrición, humedad, temperatura, alcanzando la mayor expresión de estos, durante la etapa de floración, aproximadamente a los 55 después de emergencia. En general varios autores que han estudiado este síndrome hacen mención que los síntomas provocados por esta enfermedad pueden variar dependiendo del órgano de la planta que es atacado, etapa fenológica del cultivo y de las condiciones climáticas en que se establece el cultivo; además la planta enferma toma al final una apariencia de marchitez con un tono amarillento a morado

apagado y muere prematuramente (Cadena-Hinojosa, 1974; Cadena y Galindo, 1985; Flores *et al.*, 2004).

## **Hojas**

En campo, es común observar que los primeros síntomas son tonalidad amarilla de las hojas de la parte aérea de la planta, sin que haya presencia de insectos, esto se da al principio en las orillas de los lotes; posteriormente los síntomas aparecen en los brotes terminales y en punta de folíolos con pequeñas áreas con pigmentación morada, y las hojas se enrollan en forma de taco o cuchara y toman un color morado de donde adquiere el nombre la enfermedad.

## **Tallos**

Al mismo tiempo que van apareciendo los síntomas en las hojas y a medida que van avanzando la enfermedad, la planta detiene su desarrollo produciendo en tallos, una brotación anormal de yemas axilares, también se observa un engrosamiento de tallos y acortamiento de entrenudos, así mismo en la parte basal de los tallos hay necrosis vascular (Cadena y Galindo, 1985).

## **Tubérculos**

Durante la etapa de desvare, los tubérculos suelen estar sanos y sin propiciar ningún síntoma de punta morada, pero al paso del tiempo aquellos tubérculos de lotes que presento alta incidencia de punta morada, pueden mostrar síntomas como un anillo vascular y necrosis reticular. Los tubérculos

procedentes de plantas enfermas no brotan, y si lo hacen producen una brotación anormal que puede ser brotes finos y débiles (Cadena y Galindo, 1985); aunque en la realidad, en campo se observa que tubérculos que tienen el manchado producen una brotación anormal que puede ser brotes finos y débiles pero también tiene brotes normales.

Aunque se ha demostrado que los síntomas descritos previamente pueden ser causados por fitoplasmas y también por el efecto de la toxina del psílido de la papa (Maramorosch; Arslan; Asscherman *et al.*, citados por Almeyda *et al.*, 2004), no hay que descartar la posibilidad que puede ser causado por algún efecto abiótico, como algún parámetro climático o bien la deficiencia o exceso de algún elemento mineral, pudiendo causar un desorden fisiológico en el tejido.

En este sentido, al presentarse alteraciones de las condiciones ambientales óptimas requeridas por la planta, los procesos fisiológicos funcionan en forma inadecuada, lo cual ocasiona normalmente fallas generales en los mecanismos de defensa (Levitt, 1980; Schoeneweiss, 1983), y en ocasiones el responsable directo en el desarrollo de las enfermedades es generalmente el microclima del cultivo (Kranz, 1988).

Por lo que en problemas de enfermedades se debe tomar en cuenta disciplinas como la ecología y la agrometeorología, ya que son de suma importancia como apoyos a la fitopatología (Kranz, 1988).

En estudios recientes del clima se ha identificado que la temperatura se encuentra relacionada con problemas de incidencia y presencia de anomalías en las plantas por factores atmosféricos ocasionando daños de manera directa a la agricultura (Tizcareño, 1998); lo que conlleva que en estudios de enfermedades de plantas se debe tomar en cuenta factores de clima en relación con el ciclo de vida de las enfermedades (Foister, 1946; Bourke, 1970). Por lo anterior, en ocasiones es necesario cuantificar la enfermedad, patógeno o condiciones ambientales y analizar estas epidemias en tiempo y espacio.

### **Cuantificación de enfermedades**

Las formas más comunes de cuantificar una enfermedad es evaluando la incidencia y severidad (Zadoks and Schein, 1979; Seem, 1984; Campbell and Madden, 1990).

La incidencia es el porcentaje o proporción de plantas enfermas dentro de una unidad de muestreo (población), es una medida cuantitativa, rápida y sencilla que es generalmente más precisa y reproducible que otras mediciones cuantitativas (Zadoks and Schein, 1979; Seem, 1984).

Severidad es la cantidad de enfermedad que afecta las entidades (área foliar) dentro de una unidad de muestreo (población de plantas). La medida de severidad es más sencilla cuando se expresa como proporción o porcentaje de la unidad de muestreo usando unidades de mediciones directas o estimaciones indirectas como claves o escalas (Zadoks y Schein, 1979; Seem, 1984).

Las escalas están expresadas en números, son descripciones verbales y numéricas de rangos de severidad; en si la función de la escala es simplificar las cosas.

La necesidad de cuantificar las enfermedades ha sido reconocida como requisito para realizar estudios regionales, epidemiológicos y para la estimación de perdidas (Gaunt, 1987; Kranz, 1988).

La medición de la enfermedad es usada para cuantificar el desarrollo de las epidemias en el tiempo y espacio, para el análisis de los factores que afectan el desarrollo de una enfermedad, para medir la resistencia en plantas y la eficiencia (poco tiempo) de pesticidas, como base para la predicción de enfermedades y rendimiento y para la definición de umbral para programas de manejo (Gaunt, 1987).

### **Cuantificación del patógeno**

La cuantificación del patógeno nos sirve para evaluar tratamientos, para hacer pruebas de inoculación con propósito de diagnóstico o resistencia. También sirve para hacer estudios epidemiológicos como son: para determinar dinámica de poblaciones (para ver su variación con respecto al tiempo), para determinar la capacidad de dispersión del patógeno o para determinar la relación del patógeno-ambiente-enfermedad, con la finalidad de hacer sistemas de predicción y un mejor manejo de la enfermedad.

## **Cuantificación de las condiciones ambientales**

Es muy importante cuantificar las condiciones ambientales ya que nos sirve para establecer la relación: a) Condiciones ambientales-patógeno o vector-enfermedad-hospedero y con esto hacer un mejor criterio para el manejo de la enfermedad, así mismo es información básica para desarrollar sistemas de predicción, modelos de simulación o establecer criterios de aplicación de algún producto químico. b) Para establecer la relación: Condiciones ambientales- desarrollo del hospedero para generar información de predicción o estimación de pérdidas. c) Para establecer estrategias de control diferentes a la aplicación de pesticidas, por ejemplo fechas de siembra (en base a las condiciones ambientales menos favorables al patógeno) o para definir frecuencia y tipo de riego (este afecta directamente a la variable humedad). Este criterio esta relacionado con la humedad relativa y el suelo.

Al cuantificar el medio ambiente debemos tener claro nuestro objetivo y debemos tener conocimiento básico de la biología del patosistema en estudio. Esto nos va ayudar a definir donde cuantificar, con que frecuencia cuantificar y cuando cuantificar el clima.

## **Análisis de epidemias**

Una epidemia puede definirse como un cambio en la enfermedad con el tiempo y espacio cuya descripción fundamental se muestra a través de la curva de progreso, la cual expresa la interacción del patógeno, hospedero y ambiente

a través del tiempo (Campbell y Madden, 1990; Chaube and Singh, 1991; Kranz, 1974; Madden, 1980).

El progreso de la enfermedad en el tiempo es probablemente el primer paso para describir una epidemia, ya que el control de enfermedades comúnmente se dirige a la prevención de un incremento en la enfermedad (Vander Plank, 1963).

Es por ello que la curva del progreso de la enfermedad es considerada como una representación gráfica de una epidemia que posee ciertas características definibles (Campbell, *et al.*, 1980) y ofrece una oportunidad para analizarla, compararla y comprenderla (Campbell and Madden, 1990; Chaube and Singh, 1991), llegando a proporcionar información valiosa concerniente a las relaciones entre los componentes de un sistema epidémico (Campbell *et al.*, 1980).

Para analizar el progreso de las enfermedades en el tiempo se han utilizados diferentes modelos matemáticos, de tal manera que las epidemias pueden ser clasificados de acuerdo al modelo que asegure el mejor ajuste de la curva a los valores de enfermedad observados (Kranz, 1974; Madden, 1980; Campbell and Madden, 1990; Chaube and Singh, 1991).

Una herramienta útil en el análisis de las epidemias es la comparación cuantitativa mediante la linearización de sus curvas de progreso, o que permite

comparar diferentes características de la epidemia como el inicio, la tasa de crecimiento, la existencia y duración de una asintota y el máximo nivel de enfermedad (Kranz, 1974; Cambell *et al.*, 1980).

## **Factores Abióticos y su Relación con el Síndrome de la Punta Morada de la Papa**

**Vidal Hernández-García, Abiel Sánchez-Arizpe, Gustavo Alberto Frías-Treviño,** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto. de Parasitología Agrícola, Apdo. Postal 342, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México CP 25315; y **Emilio Padrón-Corral,** Universidad Autónoma de Coahuila, Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas, Unidad Campo Redondo, Saltillo, Coahuila, México CP 25100. Correspondencia: vidalhg@gmail.com

**Resumen.** Se estudió la relación entre parámetros meteorológicos y nutricionales con la incidencia y severidad del Síndrome Punta Morada de la Papa (SPMP) en condiciones de campo e invernadero. La incidencia del SPMP fue de 70-90% en lotes cultivados con temperaturas máximas de 27-34°C, mientras que con temperaturas máximas de 24-26°C la incidencia fue de 50-70%. La relación entre la temperatura/humedad relativa con el progreso de la enfermedad fue significativa con una  $r^2$  de 0.87/0.88 respectivamente. No se encontró una relación significativa entre precipitación pluvial y el SPMP. La relación entre la concentración de K-P-N con el incremento de la enfermedad fue significativa con una  $r^2$  de 0.88, 0.82 y 0.75 respectivamente. En invernadero la incidencia/severidad fue mayor a temperaturas máximas promedio menores de 28°C en comparación a temperaturas máximas promedio mayores de 32°C, y existió deficiencias de N-Mg-Mn-Fe. De acuerdo con los resultados de ésta investigación, las condiciones abióticas menos favorables para el desarrollo del SPMP son las temperaturas máximas promedio menores de 24°C. En cuanto a la nutrición, el K-P-N son los elementos que influyen más en la severidad de la enfermedad. Los niveles promedio de K-P-N en el tejido de la planta por abajo de 6.45, 0.234 y 3.25% respectivamente, están asociados con menores incidencias del SPMP.

**Palabras clave:** Epidemiología, Parámetros meteorológicos, Nutrición.

## CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- ❖ La temperatura y humedad relativa tienen una relación directa con la expresión de síntomas de punta morada en zonas paperas de Coahuila y Nuevo León.
- ❖ La temperatura mínima promedio y la temperatura promedio no mostró una relación con la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa.
- ❖ La precipitación pluvial acumulada no mostró relación con la incidencia y severidad del síndrome de punta morada de la papa.
- ❖ Al comparar el índice de la enfermedad con parámetros meteorológicos, se demuestra que además de factores bióticos, los abióticos están involucrados en el complejo que causa este síndrome.
- ❖ El desarrollo temporal del SPMP fue diferente en cada lote de estudio y fue mejor explicado con el modelo epidemiológico: logístico por ser una enfermedad tipo policíclica.
- ❖ El incremento de la temperatura máxima promedio mayor de 32° C en invernadero provoca que exista poca expresión de síntomas de esta enfermedad.
- ❖ La deficiencia de N, P, K en condiciones de campo mostró una relación con la sintomatología de punta morada de la papa.

## LITERATURA CITADA:

- Agrios, G.N., 1996. Fitopatología. 2da. Edición. Uthea Noriega. México, D.F. 838 p.
- Almeyda, L. I., J. A. Sánchez y J. A. Garzón. 2004. Detección molecular de fitoplasmas en papa. Memorias del Simposio punta morada de la papa. XXI Semana Internacional del Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 4-14.
- Alonso, A.F. 1996. El cultivo de la papata. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 272 p.
- Báez, M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.). Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 116 p.
- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. (Soil Science Bulletin No.2). University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 132 p.
- Benoit, G.R. and Grant, W.J. 1980. Plant water deficit on Arootstook County potato yields over 30 years. Amer. Pot. J. 57:585-594.
- Beukema, H.P. and D.E. Van Der Zaag. 1990. Introduction to Potato Production. International Agricultural Center. Wageningen, Netherlands. 207 p.
- Bidwell, R.G.S. 1993. Fisiología vegetal, 1a. Edición en Español. A.G.T. Editores. México, D.F. pp. 272-288.
- Bourke, P.M.A. 1970. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. Annual Review of Phytopathology 8:345-370.
- Cadena-Hinojosa, M. A. 1974. Estudio sobre la "Punta Morada de la Papa" en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 70 p.
- Cadena, H. M y A. J. Galindo. 1985. Reducción de la incidencia de la "Punta morada de la papa" por medio de fechas de siembra, genotipo de la planta y aplicaciones de insecticidas. Revista Mexicana de Fitopatología. 3:100-104.
- Cadena, H, M. A. 1993. La punta morada de la papa en México: I. Incidencia y Búsqueda de Resistencia. Agrociencia 4(2): 247-256.

- Cadena, H. M. 1996. La punta morada de la papa en México: Efecto de cubiertas flotantes, genotipos y productos químicos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 14 (1): 20-24.
- Campbell, C.L., Madden L.P. and Pennypacker, S.P. 1980. Structural characterization of bean root rot epidemics. *Phytopathology*. 70:152-155.
- Campbell, C.L. and Madden L.V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons Inc. 532 p.
- Colhoun, J. 1979. Predisposition by the environmental. In: "Plant Disease" (J.G. Horsfall and E.B. Cowling, Eds.), Academic Press, New York, Vol. 4, 75-96.
- Cutter, E.Z. 1978. Structure and development of the potato Plant. In: Harris, P.M. (Ed9). *The Potato Crop. The scientific basis for improvement*. Chapman and Hall. London. pp. 70-151.
- Chaube, H.S. and Singh, U.S. 1991. *Plant Disease Management: Principles and practices*. CRC Press Inc. 319 p.
- Foister, C.E. 1946. The relation of weather to fungus disease of plants. *Bot. Rev.* 12: 548-591.
- Flores, O. A., I. A. Alemán y M. I. Notario. 2004. Alternativas para el manejo de la punta morada de la papa. En memorias del Simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 40-44.
- García, G., Ma. de la Paz. 1998. Severidad del tizón tardío en relación con el contenido nutrimental de la papa en Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. p. 28.
- García, G.S.J. (INIFAP), Olivares S.E. (FAUANL) y Cortés, B.J. de J. (UAAAN). 2002. Establecimiento de Normas DRIS y Diagnostico Nutrimental para el Cultivo de la Papa en Coahuila y Nuevo León. (CD Versión 1.3 del Programa de Índices DRIS para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León). México.
- García-Quijano, J.R. 1996. Etiología y transmisión del obscurecimiento del tubérculo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) para industria. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado. de México. 65 p.

- Gaunt, R.E. 1987. Measurement of disease and pathogens. In: Teng, P.S. (Ed). Crop Loss Assessment and Pest Management. APS Press. St Paul, Minnesota. pp. 6-18.
- Guigon, L.C. 1994. Epidemiología de las enfermedades de la papa causadas por Hongos Fitopatógenos del suelo en el Sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 103 p.
- Hawkes, J.G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.
- Horsfall, J.G. 1979. Iatrogenic disease: mechanism of action. In plant diseases. Eds. Horsfall, J.G.; Cowling, E.B. New York, Academic Press. pp. 343-355.
- Horton, D. 1987. Potatoes. Production, marketing and programs for developing countries. Westview Press. 243 p.
- Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. In: "Plant disease: An advanced treatise" (J.G. Horsfall and E.B. Cowling. Eds.). Vol. 5:386-406.
- Kranz, J. 1974. Comparison of epidemics. Annual Review of Phytopathology. 12:355-374.
- Kranz, J. 1988. The methodology of comparative epidemiology. In: Experimental techniques in plant disease epidemiology. Springer, Berlín. pp. 279-289.
- Levesque C. and Rahe, J. 1992. Herbicide interactions with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. Annual Review of Phytopathology 30:579-602.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Physiological Ecology. T.T. Kozlowski. Ed. New York, Academic Press. 607 p.
- López, T. M. 1994. Horticultura. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 21-25.
- Luján, L. C. 1996. La historia de la papa. Boletín de la Papa, Volumen 1, Número 2. 26 p.
- Madden, L.V. 1980. Quantification of disease Progression. Protection Ecology. 2:159-176.
- Malik, J.N., Dwelle, R.B., Thornton, M.K., and Pavek, J.J. 1992. Dry matter accumulation in potato clones under seasonal high temperature conditions in Pakistan. American Potato Journal. 69:667-676.

- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA. 889 p.
- Medal J.A. and Summer M.E. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. Journal of Plant Nutrition. 2(5).
- Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield. In: Harris, P.M. (Ed). The Potato. The scientific basis for improvement. Chapman and may. London. pp. 153-194.
- Narro, F.E. 1986. Reunión sobre Investigación y Análisis de la Problemática de Papa, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Narro, F.E. 1995. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Memorias del Congreso Nacional de Productores de Papa IICA. pp. 32-33.
- Ortega, D.A. 1995. Nutrición y Fitopatología. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. Placido Cuadros S.A. Granada, España. pp. 53-71.
- Rangel, C.V. 1995. Control de malezas para retardar el arribo de mosquita blanca en el cultivo de papa. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 50 p.
- Rocha, R.R. 1985. Guía para cultivar papa en el Bajío. SARH. INIA (CIAB) CAEB. Celaya, Guanajuato, México. 14 p.
- Russell, G., Jarvis, P., Monteith, J., 1989. Absortion of radiation by canopies and growth. In Plant canopies: their growth, form and function. Russell, G., Marshall, B., Jarvis, P., New York, Ed. Cambridge University. pp. 21-39.
- Rousselle, P., Robert, Y., y Crosnier, J.C.1999. La patata. Ediciones Mundi Prensa. México. 30 p.
- Rubio, C., O.A. 1990. Aplicación del método DRIS en el diagnostico nutrimental del cultivo de papa en la región de Navidad, Nuevo León. Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera. México.
- Rubio-Cobarrubias, O.A., Almeida-León. H., Díaz, H.C., Garzón-Tiznado, A., Rocha, R.R., y Cadena, H.M. 2002. Importancia y distribución de la punta morada de la papa en México. Memorias del Taller Internacional de Trabajo sobre la Punta Morada de la Papa y *Paratrysoza cockerelli*. INIFAP y CONPAPA. Toluca, Edo. de México. pp. 1-11.

- SAGARPA, 2002. Avances de siembras y cosechas. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (siap), con información de las delegaciones de la sagarpa en los estados. (siacap). [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).
- SAGARPA, 2005. Avances de siembras y cosechas. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (siap), con información de las delegaciones de la sagarpa en los estados. (siacap). [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).
- Santiago, C.V. 2004. Epidemiología de la punta morada de la papa en la región sur de Coahuila y Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Seem, R.C. 1984. Disease Incidence and severity relationships. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22:133-150.
- SEP. 1982. Manual de la producción agropecuaria: papas. Área de producción vegetal. Editorial Trilla. México, D.F.
- Sinclair, W.A., Griffiths, H.M., Davis, R.E. 1996. Ahs yellows and lilac witches'-broom: Phytoplasmal disease of concern in forestry and Horticulture. *Plant Disease* 80 (5): 468-475.
- Schoeneweiss, D. 1983. Drought predisposition to *Cytospora* canker in blue spruce. *Plant Diseases*. St. Paul, Minnesota, APS Press. 256 p.
- Stone, N.D., Loulson, R.N., Frisbie, R.E. and Loh., D.K. 1986. Expert system in entomology: Three approaches to problem solving. *Bul. Entomol. Soc. Amer.* 32:161-166.
- Tizcareño, M. 1998. El fenómeno de Niño y su condición actual. INIFAP CENID-CENAPROS. Memorias del Congreso Nacional de la Papa. Toluca Edo. de México.
- Valadez, L.A. 1997. Producción de Hortalizas. Sexta reimpresión. Editorial Limusa. México, D.F. 278 p.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant diseases: Epidemics and control*. Academic Press. New York. 349 p.
- Zadoks, J.C. and R.D. Shein. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford Univ. Press. New York. 427 p.

# APÉNDICE

## INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

<b>Cuadro:</b>	<b>Pág.</b>
1. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo del cultivo de papa en el lote San Antonio las Alazanas, Arteaga, Coahuila, México. 2005.-----	63
2. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila, México. 2005.-----	63
3. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote San Rafael 1, Galeana, Nuevo León, México. 2005.-----	63
4. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote San Rafael 2, Galeana, Nuevo León, México. 2005.-----	64
5. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote El Cristal, Galeana, Nuevo León, México. 2005.-----	64
6. Incidencia del SPMP en plantas de papa en porcentajes reales y sus transformaciones para ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.-----	64
7. Análisis de varianza en arreglo factorial de AxBxC, en diseño completamente al azar para la variable incidencia en invernadero. UAAAN. 2005.-----	65
8. Severidad de plantas de papa en niveles de escala y valores asignados de la transformación por medio de una prueba no paramétrica de rangos para ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.-----	65
9. Análisis de varianza con valores transformados por medio de una prueba no paramétrica para la variable severidad en invernadero. UAAAN. 2005.-----	66
10. Resultados de análisis de tejido vegetal realizado al cultivo de papa en cinco lotes de la región de Coahuila y Nuevo León. UAAAN. 2005.-----	66
11. Resultados de análisis de tejidos vegetal de papa realizado a diferentes tratamientos en ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.-----	67

Cuadro 1. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo del cultivo de papa en el lote San Antonio las Alazanas, Arteaga, Coahuila, México. 2005.

**Fecha de siembra: 22-26 de marzo del 2005: Variedad: Gigant**

Muestrros durante las etapas fenológicas	Fecha de muestreo	No. de plantas enfermas	Días después de la emergencia	Incidencia	Severidad (Escala)
1.- Surco verde	20/04/05	2	20	2.22	1
2.- Surco cerrado	10/05/05	11	40	12.22	2
3.- Floración	04/06/05	21	64	23.33	2
4.- Madurez	24/06/05	57	84	63.33	3
5.- Cosecha	09/07/05	67	99	74.44	4

Cuadro 2. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila, México. 2005.

**Fecha de siembra: 01 de abril del 2005: Variedad: Gigant**

Muestrros durante las etapas fenológicas	Fecha de muestreo	No. de plantas enfermas	Días después de la emergencia	Incidencia	Severidad (Escala)
1.- Surco verde	29/04/05	1	20	1.11	1
2.- Surco cerrado	19/05/05	15	40	16.66	1
3.- Floración	11/06/05	20	63	22.22	2
4.- Madurez	04/07/05	34	86	37.77	2
5.- Cosecha	19/07/05	52	101	57.77	3

Cuadro 3. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote San Rafael 1, Galeana, Nuevo León, México. 2005.

**Fecha de siembra: 11 de abril del 2005: Variedad: Gigant**

Muestrros durante las etapas fenológicas	Fecha de muestreo	No. de plantas enfermas	Días después de la emergencia	Incidencia	Severidad (Escala)
1.- Surco verde	10/05/05	3	20	3.33	1
2.- Surco cerrado	04/06/05	8	45	8.88	2
3.- Floración	24/06/05	18	65	20.00	2
4.- Madurez	19/07/05	68	90	75.55	3
5.- Cosecha	03/08/05	78	105	86.66	5

Cuadro 4. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote San Rafael 2, Galeana, Nuevo León, México. 2005

**Fecha de siembra: 17 de marzo 2005: Variedad: Gigant**

Muestreos durante las etapas fenológicas	Fecha de muestreo	No. de plantas enfermas	Días después de la emergencia	Incidencia	Severidad (Escala)
1.- Surco verde	20/04/05	2	20	2.22	1
2.- Surco cerrado	10/05/05	8	40	8.88	1
3.- Floración	04/06/05	41	65	45.55	2
4.- Madurez	24/06/05	68	85	75.55	4
5.- Cosecha	09/07/05	74	100	82.22	4

Cuadro 5. Incidencia y severidad del SPMP que se presento durante el ciclo de cultivo de papa en el lote El Cristal, Galeana, Nuevo León, México. 2005.

**Fecha de siembra: 29 de marzo al 01 de abril del 2005: Variedad: Gigant**

Muestreos durante las etapas fenológicas	Fecha de muestreo	No. de plantas enfermas	Días después de la emergencia	Incidencia	Severidad (Escala)
1.- Surco verde	29/04/05	4	20	4.44	1
2.- Surco cerrado	19/05/05	15	40	16.66	1
3.- Floración	11/06/05	31	63	34.44	2
4.- Madurez	04/07/05	57	86	63.33	3
5.- Cosecha	19/07/05	62	101	68.88	3

Cuadro 6. Incidencia del SPMP en plantas de papa en porcentajes reales y sus transformaciones para ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES							
	R1	Transf.	R2	Transf.	R3	Transf.	R4	Transf.
<b>*TMP &lt; 28 °C</b>								
T1 Semilla enf. c/cub.	6.25	15.56	6.25	15.56	12.5	21.56	25	30.66
T2 Semilla enf. s/cub.	12.5	21.56	6.25	15.56	18.75	26.35	25	30.66
T3 Semilla sana c/cub.	6.25	15.56	0	5.74	6.25	15.56	6.25	15.56
T4 Semilla sana s/cub.	18.75	26.35	6.25	15.56	6.25	15.56	6.25	15.56
<b>*TMP &gt; 32°C</b>								
T1 Semilla enf. c/cub.	12.5	21.56	0	5.74	6.25	15.56	0	5.74
T2 Semilla enf. s/cub.	0	5.74	6.25	15.56	6.25	15.56	12.5	21.56
T3 Semilla sana c/cub.	0	5.74	0	5.74	6.25	15.56	0	5.74
T4 Semilla sana s/cub.	6.25	15.56	6.25	15.56	0	5.74	0	5.74

\*TMP: Temperatura máxima promedio

Cuadro 7. Análisis de varianza en arreglo factorial de AxBxC (con dos factores), en diseño completamente al azar para la variable incidencia en invernadero. UAAAN. 2005.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
T < 28° C y T > 32° C	1	453.911133	453.911133	11.8613	0.002 **
SEM. ENF. Y SANA	1	218.721191	218.721191	5.7155	0.024 *
C/CUB. Y S/CUB.	1	81.411621	81.411621	2.1274	0.154 NS
A X B	1	12.978027	12.978027	0.3391	0.572
A X C	1	4.319336	4.319336	0.1129	0.739
B X C	1	3.011719	3.011719	0.0787	0.778
A X B X C	1	3.014160	3.014160	0.0788	0.778
ERROR	24	918.434082	38.268085		
TOTAL	31	1695.801270			

C.V. = 40.7887%

Cuadro 8. Severidad de plantas de papa en niveles de escala y valores asignados de la transformación por medio de una prueba no paramétrica de rangos para ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.

TRATS.	REPETICIONES							
	R1	Transf.	R2	Transf.	R3	Transf.	R4	Transf.
<b>&lt; 28° C</b>								
T1 Semilla enf. c/cub.	1	14.5	2	9	3	3.5	3	3.4
T2 Semilla enf. s/cub.	2	9	2	9	3	3.5	4	1
T3 Semilla sana c/cub.	2	9	1	14.5	2	9	1	14.5
T4 Semilla sana s/cub.	1	14.5	2	9	2	9	3	3.5
<b>&gt; 32° C</b>								
T1 Semilla enf. c/cub.	1	14	3	1.5	2	7	2	7
T2 Semilla enf. s/cub.	2	7	2	7	2	7	3	1.5
T3 Semilla sana c/cub.	1	14	1	14	2	7	1	14
T4 Semilla sana s/cub.	1	14	2	7	2	7	2	7

Cuadro 9. Análisis de varianza con valores transformados por medio de una prueba no paramétrica para la variable severidad en invernadero. UAAAN. 2005.

Temperaturas	FV	GL	CM	Vh	
TMP < 28 °C	PL (Sa y En)	1	56.25	2.48	NS
	PL (Cc y Sc)	1	22.56	1.0	NS
	Interacción	1	0.562	0.02	NS
	Tratamientos	3	79.37	3.5	NS
	Total	15	22.66		
	FV	GL	CM	Vh	$\chi^2_{(0.1)} = 2.71$
TMP > 32 °C	PL (Sa y En)	1	64	2.82	*
	PL (Cc y Sc)	1	27.5625	1.215	NS
	Interacción	1	3.0625	0.135	NS
	Tratamientos	3	94.625	4.17	NS
	Total	15	22.66		

Vh: F calculada

Cuadro 10. Resultados de análisis de tejido vegetal realizado al cultivo de papa en cinco lotes de la región de Coahuila y Nuevo León. UAAAN. 2005.

Lotes	Etapa fenológica	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%
		Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	Mg	K	N	P
SAA	SC	8	81	1139	445	5.45	0.33	7.28	3.29	0.296
	Floración	9	34	1760	224	6.71	0.72	8.39	3.56	0.169
	Madurez	6	80	414	377	3.99	0.70	6.75	2.01	0.288
SR1	SC	9	94	269	491	6.78	0.64	5.54	4.03	0.247
	Floración	4	79	267	456	5.94	0.89	4.77	2.88	0.151
	Madurez	10	100	348	338	4.02	1.12	7.15	3.05	0.151
SR2	SC	3	82	378	276	5.20	0.58	5.24	3.42	0.277
	Floración	7	145	367	104	6.99	0.75	6.74	3.96	0.255
	Madurez	2	87	411	195	8.22	0.67	5.69	2.95	0.173
EZ	SC	3	48	395	356	8.68	0.80	5.46	3.15	0.284
	Floración	4	106	825	441	8.69	0.86	9.95	3.56	0.339
	Madurez	0	144	410	267	5.24	0.50	5.57	2.88	0.255
EC	SC	12	57	687	96	3.95	1.07	5.33	2.75	0.20
	Floración	11	20	303	140	4.38	0.57	4.45	2.88	0.187
	Madurez	15	114	626	684	5.24	0.92	8.57	4.43	0.252

Cuadro 11. Resultados de análisis de tejidos vegetal de papa realizado a diferentes tratamientos en ambas temperaturas utilizadas en invernadero. UAAAN. 2005.

Temps.	Trats.	Etapa Fenológ.	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%
			Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	Mg	K	N	P
<b>TMP &lt; 28° C</b>	T1 Semilla enferma c/cubierta	SV	14	73	83	436	4.29	0.291	6.02	3.15	0.294
		SC	7	36	100	83	5.08	0.341	4.44	3.22	0.34
		Madurez	6	37	148	91	5.44	0.260	3.46	2.41	3.98
	T3 Semilla sana c/cub.	SV	10	67	396	135	4.84	0.358	5.50	2.95	0.319
		SC	7	47	117	137	5.07	0.368	6.23	2.55	0.254
		Madurez	8	55	196	214	5.26	0.349	5.54	4.23	0.218
<b>TMP &gt; 32° C</b>	T1 Semilla enferma c/cubierta	SV	8	71	215	117	6.80	0.362	6.58	3.22	0.376
		SC	5	60	170	349	7.17	0.283	5.11	2.68	0.236
		Madurez	6	99	220	649	6.19	0.278	5.73	2.68	0.363
	T3 Semilla sana c/cub.	SV	11	84	362	119	7.17	0.380	5.80	2.62	0.342
		SC	9	77	417	120	6.74	0.372	4.23	2.28	0.344
		Madurez	3	24	192	69	5.94	0.337	7.29	1.74	0.304