

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Uso de Antioxidantes en el Combate de Punta morada en Papa**

**(*Solanum tuberosum L.*)**

**Por**

**LUIS ENRIQUE VÁZQUEZ TORRES**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio, 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Uso de Antioxidantes en el Combate de Punta morada en Papa  
(*Solanum tuberosum* L.)

Por:

**LUIS ENRIQUE VÁZQUEZ TORRES**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada

  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Asesor Principal

  
Dr. Víctor Manuel Parga Torres

Coasesor

  
MC. Modesto Colín Rico

Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012

### **DEDICATORIA**

*A DIOS por iluminarme en mi camino y cuidarme durante el toda mi vida librándome de todo peligro y por permitir alcanzar esta meta que es uno de los pasos más importantes de mi vida.*

### *A MIS PADRES*

*Aida Vázquez Torres y Enrique Leobardo Gómez Díaz (†)*

*Gracias por darme la vida y todas las cosas maravillosas que me han brindado, por ese apoyo moral como económico, por todos los consejos que indudablemente me han conducido por un buen camino y porque a pesar de todo han estado conmigo en momentos difíciles apoyándome y dándome aliento para superarlo y seguir adelante.*

### *A MIS HERMANOS*

*Lucy, Arbey, René, Héctor, Ubelia y José Emilio.*

*Por su apoyo incondicional que me brindan, por todos los momentos que hemos convivido juntos y por desearme siempre lo mejor.*

### *A MI ESPOSA E HIJO*

*Yuriana y Luis Ariel*

*Gracias ya que eres uno de los principales pilares en mi vida, por brindarme tu tiempo amor, confianza, por darme la dicha de ser padre, que es el fruto de nuestro amor por el cual Dios nos bendice y que es ahora quien alegra nuestras vidas con su tierna sonrisa de bebé.*

*AMIS CUÑADOS: Por todos sus consejos y motivaciones que me dieron para salir adelante.*

*A MIS SUEGROS: Que me han estado apoyando desde el principio en todo momento para culminar mis estudios, dándome consejos para mi superación.*

*A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Quienes fueron pieza importante para lograr esta meta dándome apoyo y ánimos para enfrentar las adversidades de la vida, y por ser quienes estuvieron conmigo acompañándome dentro de esta casa de estudios.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: por brindarme cobijo durante mi estancia y por ser la casa de estudios donde Dios permitió que realizara una de mis metas más importantes de mi vida, por eso le estaré eternamente agradecido.*

*Al Dr. Victor Manuel Zamora Villa: profesor investigador de la UAAAN por brindarme su apoyo y asesoría en cuanto a la revisión de esta tesis que indudablemente fue de gran ayuda para poder realizar este proyecto y por su gran comprensión hacia mí.*

*Al Dr. Victor Manuel Parga Torres: Investigador del INIFAP Saltillo, quien me dio las facilidades para formar parte de este proyecto y por sus sugerencias en cuanto a la revisión de este trabajo que sin duda sin él no hubiese podido realizarlo.*

*Al MC. Modesto Colín Rico: por ser parte de este proyecto que marca una etapa en mi vida y por todos los consejos y aportaciones que durante mi estancia en la universidad me brindó.*

## INDICE DE CONTENIDO

Tema	Página
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>1</b>
Hipótesis .....	4
Objetivos .....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
Superficie Sembrada .....	5
Parámetros de calidad para uso industrial .....	7
Descripción Botánica .....	9
Hojas .....	9
Tallos .....	10
Raíz .....	11
Inflorescencia y flor .....	12
Fruto y semillas .....	13
Plagas y Enfermedades .....	13
Enfermedades Fungosas .....	13
Tizón Temprano: <i>Alternaria Solani</i> .....	13
Marchitamiento o Punta seca: <i>Fusarium oxysporum</i> .....	14
Sarna Polvorienta: <i>Spongospora subterranea</i> .....	15
Verruga: <i>Synchytrium endobioticum</i> .....	15
Tizón Tardío: <i>Phytophthora infestans</i> .....	16
Oidiosis: <i>Erysiphe cichoracearum</i> .....	17
Esclerotiniosis: <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	17
Pudrición Seca y Marchitez por Fusarium: <i>Fusarium spp.</i> .....	18
Carbón: <i>Thecaphora (Angiosorus)</i> .....	19
Enfermedades Bacterianas .....	20
Marchitez Bacteriana: <i>Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum</i> .....	20

Pierna Negra y Pudrición Blanda: <i>Erwinia spp.</i> .....	21
Pudrición Anular: <i>Clavibactermichiganensis subsp. Sepedonicus</i> .....	22
Sarna Común: <i>Streptomyces scabies</i> .....	23
Enfermedades Virosas.....	24
Virus del Enrollamiento de las Hojas (PLRV).....	24
Virus Y y Virus A de la Papa (PVY y PVA) .....	24
Mosaicos: (PVX, PVS y PVM).....	25
Moteado de la Papa Andina (APMV) Virus Latente de la Papa Andina (APLV)	26
Mop-top de la Papa Virus: (PMTV) .....	27
Cafico y Aucuba: (AMV, PAMV, TRSV, PBRSV, TBRV) .....	28
Enfermedades por Micoplasmas.....	28
Punta Morada de la Papa: <i>Micoplasma stolbur</i> .....	28
Agentes de Trasmisión .....	29
Insectos vectores .....	29
<i>Macrostoteles fascifrons</i> .....	29
<i>Paratrioza cockerelli</i> .....	30
Métodos de diagnóstico. ....	30
Métodos de combate de punta morada. ....	31
Control químico.....	32
Antioxidantes .....	32
Acido ascórbico.....	33
Peroxidasa.....	34
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
Localidad .....	37
Material genético.....	37
Diseño experimental .....	37
Manejo del cultivo .....	38
Control de plagas y enfermedades .....	38
Tratamientos.....	38
Los parámetros evaluados fueron:.....	39
Ciclo 2010.....	40

Localidad .....	40
Fecha de siembra .....	40
Manejo del cultivo .....	40
Tratamientos .....	40
Los parámetros evaluados fueron:.....	41
Análisis estadístico .....	41
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
(Ciclo 2009).....	43
(Ciclo 2010).....	54
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CITAS ELECTRÓNICAS .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
2.1 Superficie sembrada de papa en México 1997 – 2007 (riego y temporal) en miles de hectáreas .....	<b>6</b>
3.1.- Tratamientos y dosis de antioxidantes evaluados bajo condiciones de campo ciclo 2009.....	<b>38</b>
3.2.- Tratamientos y dosis de antioxidantes evaluados bajo condiciones de campo ciclo 2010.....	<b>41</b>
4.1.- Cuadrados medios y significancia de las variables de producción estudiadas en el ciclo 2009. ....	<b>43</b>
4.2.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de primera categoría de papa .....	<b>44</b>
4.3.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de segunda categoría de papa.....	<b>45</b>
4.4.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de tercera categoría de papa .....	<b>46</b>
4.5.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de cuarta categoría de papa .....	<b>46</b>
4.6.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento en tejocote de la papa.....	<b>47</b>
4.7.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento comercial de la papa .....	<b>48</b>
4.8.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para el rendimiento total de la papa.....	<b>49</b>
4.9.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de gravedad específica de la papa.....	<b>49</b>
4.10.- Cuadrados medios y significancia de las variables agronómicas estudiadas en el ciclo 2009 .....	<b>50</b>
4.11.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para DIS de la papa. ....	<b>51</b>
4.12.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para DMP de la papa .....	<b>51</b>
4.13.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para ISMP de la papa .....	<b>52</b>



4.14.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para la altura de la papa .....	<b>53</b>
4.15.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para la cobertura de la papa .....	<b>53</b>
4.16.- Cuadrados medios y significancia de las variables de producción estudiadas durante el ciclo 2010 .....	<b>54</b>
4.17.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de primera Categoría de Papa. ....	<b>55</b>
4.18.- Resultados de la comparación de medias mediante tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de segunda categoría de Papa. ....	<b>56</b>
4.19.- Resultados de la comparación de medias mediante tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de tercera categoría de papa. ....	<b>57</b>
4.20.- Resultados de la comparación de medias mediante tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de cuarta categoría de papa. ....	<b>57</b>
4.21.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento en tejocote en Papa. ....	<b>58</b>
4.22.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de mono. ....	<b>58</b>
4.23.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento comercial de papa. ....	<b>59</b>
4.24.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento total de la papa. ....	<b>60</b>
4.25.- Cuadrados medios y significancia de las variables agronómicas estudiadas en el ciclo 2010 .....	<b>60</b>
4.26.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para altura de la papa. ....	<b>61</b>
4.27.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de almidón de la papa. ....	<b>62</b>
4.28.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de azúcares en la papa. ....	<b>62</b>
4.29.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para sólidos de la papa. ....	<b>63</b>

## INTRODUCCIÓN

La producción de papa es una actividad económica muy importante a nivel mundial. Es el cuarto cultivo básico, después del maíz, trigo y arroz y es el que presenta mayor cantidad de proteínas que los cultivos de cereales principales (Fernie y Willmitzer, 2001). Según López, (2009) para este año la superficie sembrada fue de 65,617.05 ha, con una producción anual de 1, 750,797.34 ton, mismas que se destinan al consumo interno. No obstante existen diversos factores que limitan su rentabilidad siendo los fitosanitarios los más importantes (Martínez *et al.*, 2007). Tal es el caso del tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*, que en 1845 causo en Irlanda la destrucción total de los campos de papa, que eran la principal fuente alimenticia de ese país, produciendo la muerte de miles de personas y la migración de muchos sobrevivientes a otros lugares de Europa y norte de América, desde esa fecha a la actualidad se han realizado estudios sobre la etiología, epidemiología y control de la enfermedad, así también para muchas otras enfermedades devastadoras que dañan la calidad y rendimiento de este cultivo (Pérez y Forbes, 2008)

El cultivo de papa es atacado por muchas enfermedades de las cuales las principales son el tizón tardío, *Phytophthora infestans*; tizón temprano, *Alternaria solani*, marchitez bacteriana, *Ralstonia solanacearum*; pierna negra, *Erwinia carotovora* spp. *atroseptica*; además virus como el enrollamiento de las hojas, el virus "Y", así como fitoplasma como el causante de la punta morada, entre otras (Báez, 1983).

El tizón tardío es la principal enfermedad del cultivo que afecta tanto en el follaje como al tubérculo; esta enfermedad ocasiona pérdidas hasta de 100%, pero incluso a niveles más bajos de infección, la cosecha resulta no apta

para el almacenamiento. Esta enfermedad también ataca al cultivo de tomate (Báez, 1983).

Los virus constituyen un gran problema fitosanitario; en México, los virus más importantes son el virus "X" de la papa (PVX), el virus "Y" de la papa (PVY) y el virus del enrollamiento de la papa (PLRV), los cuales afectan el rendimiento hasta en 100%, provocado por un alto grado de infección o por presencia de dos o más virus en la misma planta. En forma aislada ocasionan pérdidas que oscilan entre 10 a 50% de la producción total de papa (Villalobos, citado por Báez, 1983).

Sin embargo durante los últimos años, se ha considerado a la enfermedad "punta morada", causada por un fitoplasma, como el factor limitante más importante de la producción de papa en México. Esta enfermedad por mucho tiempo fue diagnosticada en todo el mundo como virosis; en algunos países se le considera como un problema nutricional, enmascarando los síntomas con la aplicación de fertilizantes foliares; también ha sido vista como daño de *Fusarium* y de nemátodos. Recientemente, investigadores de los Estados Unidos de Norteamérica la reportan como daño de una toxina transmitida por *Paratrioza cockerelli*, (Homóptera: psyllidae) que nadie ha podido aislar (Salazar, 1996). Por otro lado los productores de papa han tenido problemas con esta enfermedad desde hace mucho tiempo. La primera referencia sobre fitoplasmas en los Estados Unidos de América, data de 1915 (Younkin, citado por Martínez, 1999). Kunkel describió perfectamente la primer enfermedad de este tipo, aunque inicialmente la asoció a patógenos virales (Kunkel, citado por Martínez, 1999).

La punta morada adquirió mucha importancia en 1939 en Canadá en donde los agricultores notaban diferencia en la susceptibilidad de las variedades (Beall y Cannoon, citados por Martínez, 1999). En 1953, se registró que el 20 al 75% de la semilla fallaba en producir plantas normales debido a la condición de brote que se desarrollaba en los lotes de semilla infectada con

punta morada. Se comenzó a asociar con los síntomas de la enfermedad el desarrollo de tubérculos secundarios pequeños que no producían plántulas y las necrosis de red en los tubérculos y porciones terminales del estolón. En la transmisión estarían involucradas una o más especies de chicharritas del complejo designado como *Matrosteles divisus* (Macleod, citados por Martínez, 1999).

Almeyda *et al.* (1999) encontraron que en las plantas enfermas con punta morada se originan brotes erectos y las hojas se enrollan hacia arriba con el avance de la enfermedad. Además se produce una pigmentación color púrpura en la base de los folíolos mientras que los tallos se marchitan debido a la muerte de los floemas. Las plantas jóvenes que son afectadas pueden producir tubérculos aéreos así como un engrosamiento de los nudos del tallo. Los tubérculos producidos por las plantas infectadas pueden ser flácidos y producir brotes ahilados cuando se rompe la dormancia así como una ausencia de brotación en los mismos.

Los fitoplasmas causantes de la PMP son transmitidos por varias especies de chicharritas (Homoptera: Cicadelidae). Entre las especies citadas se encuentran *Macrosteles orientalis*, *M. fascifrons*, *M. striifrons*, *Scleroracus flavopictus*, *Orosius albicinctus*, *Alebroides dravidamus* (Maramorosch, 1998).

En Estados Unidos de América, se ha comprobado la importancia de dos especies de chicharritas (*Circulifer tenellus* y *Ceratagallia spp.*), como vectores de fitoplasmas (Munyaneza, 2005). En México, en los estados de Nuevo León y Coahuila, se detectó la presencia de fitoplasmas en chicharritas de los géneros *Empoasca* y *Aceratagallia* (Almeyda *et al.*, 2004). Otros estudios conducidos en México han permitido comprobar que el psílido de la papa *B. cockerelli* también es vector de los fitoplasmas causantes de la PMP (Garzón *et al.*, 2004).

En México se han hecho estudios para el control de la punta morada de la papa causada por fitoplasmas incorporando resistencia genética a las

variedades, utilizando insecticidas y aplicando diversas prácticas culturales (Cadena y Galindo, 1985; Cadena, 1987; Cadena, 1999), también se han implementado métodos para el diagnóstico de los fitoplasmas utilizando la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) (Almeyda *et al.*, 1999).

En la actualidad, el control de *B. cockerelli* y de chicharritas se basa principalmente en el uso de insecticidas. Los productores de papa de algunas regiones en México realizan hasta 30 aplicaciones de insecticidas durante el ciclo del cultivo, esto incrementa los costos de producción y representa un riesgo de contaminación ambiental y de daño directo al hombre.

**Palabras clave:** Ácido Ascórbico, peroxidasa, Papa, Antioxidantes, Punta morada.

### **Hipótesis**

Es posible disminuir el efecto de la enfermedad punta morada de la papa mediante el empleo de antioxidantes (peróxido de hidrogeno y ácido ascórbico)

El empleo de los antioxidantes favorece la producción de tubérculos y la calidad de los mismos.

### **Objetivos**

Evaluar las el efecto de diferentes dosis de los antioxidantes peróxido de hidrogeno y acido ascórbico en la presencia de punta morada bajo condiciones de campo.

Evaluar la calidad de los tubérculos producidos

## REVISIÓN DE LITERATURA

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más valiosos para la humanidad. En la mayoría de los países se siembra en superficies extensas, y por el volumen de producción, ocupa el cuarto lugar a nivel mundial (Grageda *et al.*, 2001), constituyendo junto con el arroz, el maíz y el trigo, los cuatro cultivos más importantes para la alimentación humana (Anónimo, 1998; Rouselle y Crosnier, 1999; Grageda *et al.*, 2001; Moctezuma, 2006). En México las principales zonas productoras se localizan en lugares con altitudes que fluctúan desde 15 msnm en entidades federativas como Baja California, Sonora y Sinaloa. En los últimos 10 años, los principales estados productores han sido: Sinaloa, Estado de México, Nuevo León, Chihuahua, Sonora y Guanajuato, quienes en conjunto aportan el 60% del total de la producción nacional (Bolaños, 2006).

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de América, específicamente, de la región sur, en donde se ubica la zona andina, que comprende los países de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile, aunque también se ha podido demostrar, que algunas especies silvestres, son originarias de México. En el caso de Perú, se considera que los incas cultivaban esta hortaliza desde hace 2,000 años, lo que habla necesariamente, de la tradición de este producto en las culturas indígenas del continente. Posteriormente, con la llegada de los españoles el cultivo se extendió, llegando a Europa en el año de 1537. 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.

Superficie Sembrada

Los principales estados productores por orden de importancia son: Sinaloa (principalmente los municipios de Guasave y los Mochis), Sonora, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato y Nuevo León.

En el periodo 1997-2007, la superficie sembrada de papa a nivel nacional prácticamente se ha mantenido en el mismo nivel. Sinaloa ocupó el primer lugar, con un promedio anual de 12 mil hectáreas en todo el lapso de análisis. Sin embargo si ha variado la participación de otros estados; hasta el año de 2002, Chihuahua ocupó el segundo lugar, pero a partir del siguiente año fue desplazado por Sonora, el cual en 2007 ocupa el segundo lugar con 11.9 mil hectáreas. Lo mismo ocurrió con el Estado de México, entidad que ocupó el segundo lugar en 1997, 1998 y 2000, pero en 2005 pasó al cuarto lugar.

Cuadro 2.1 superficie sembrada de papa en México 1997 – 2007 (riego y temporal) en miles de hectáreas

ESTADO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	PROM	%	TMAC(%) 1997- 2007
SINALOA	9.7	9.1	9.4	10.9	12.7	11.1	12.4	14.5	14.7	13.3	14.1	12.0	18.1	3.8
SONORA	3.9	3.8	5.4	6.8	6.9	7.3	8.5	10.3	11.9	9.9	12.1	7.9	11.9	11.9
CHIHUAHUA	7.8	7.0	8.3	7.5	8.7	7.6	8.3	7.6	6.6	6.4	6.3	7.5	11.2	-2.2
MEXICO	8.2	8.8	7.9	7.8	6.4	4.2	4.5	4.4	6.0	5.7	5.6	6.3	9.5	-3.7
GTO	3.2	4.4	4.6	5.4	4.8	4.3	4.1	4.4	3.7	3.0	3.2	4.1	6.2	0.2
NVO. LEON	4.2	2.7	3.9	2.9	4.0	4.4	6.3	5.2	3.3	3.5	4.1	4.0	6.1	-0.2
SUB TOTAL	37	36	39	41	43	39	44	46	46	42	45	41.8	63.0	2.1
OTROS	29	30	28	29	25	25	23	21	20	20	20	24.6	37.0	-3.4
TOTAL	65.5	66.3	67.6	69.9	68.9	63.8	67.0	67.8	66.0	61.9	65.6	66.4	100.0	0.0

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP/SAGARPA

## Parámetros de calidad para uso industrial

El consumo mundial de papa está cambiando de papas frescas a productos procesados como papas tostadas, hojuelas de papa fritas, prefritas, congeladas, y deshidratadas, es por esta razón que se ha tenido que estandarizar los productos industriales. Se han establecido especificaciones para la materia prima a utilizar (Moreno, 2000). En el caso de la papa se debe considerar muchos factores ya que la composición química puede variar sustancialmente de acuerdo a la variedad, condiciones del cultivo, calidad de la semilla, tipo de suelo, fertilización, temperatura, humedad, luz, grado de madurez, condiciones de almacenamiento (CIP, 1992; Borruey *et al.*, 2000)

En cuanto a las características de calidad determinantes para el procesamiento de la papa, es necesario hacer una distinción entre la calidad externa del tubérculo y la calidad interna. La calidad interna de la papa está definida por parámetros físico-químicos como el color de la pulpa, el contenido de materia seca, el porcentaje de azúcares reductores, la susceptibilidad al pardeamiento enzimático y a las manchas negras y la decoloración después del cocido. Todas estas características de calidad vienen determinadas por la variedad y las condiciones de crecimiento (Andrade, 1997).

El contenido de sólidos en la papa es una de las características más importantes para el procesamiento industrial, ya que en la mayoría de procesos, contenidos altos son sinónimo de alto rendimiento; para los procesos industriales que involucren deshidratación como papa prefrita o papa tostada, se requiere un valor  $>20\%$ . El contenido de sólidos totales de la papa se suele correlacionar con la gravedad específica (CIP, 1992).

Los sólidos totales están relacionados principalmente con un porcentaje de almidón alto. Debido a este contenido alto de almidón, las papas son una buena fuente de energía. Donde después del agua, el almidón es el segundo



componente más abundante en la papa, con alrededor de 60-80% de la materia seca (Talbert y Smith 1975; Freeman *et al.*, 1992). El almidón además de ser una importante fuente de energía, tiene gran influencia en factores de calidad (Severini *et al.*, 2005). Otros de los componentes con gran influencia sobre la calidad de los productos procesados de papa son los azúcares reductores (Van der Plas, 1987). Algunos autores describen contenidos de azúcares reductores en diferentes variedades de papa de 0,040%-1% en peso fresco (Rodríguez y Wrolstad 1997; Moreno 2000; Feltran *et al.*, 2004).

La presencia de azúcares reductores es de gran importancia en la fritura, ya que el contenido de estos azúcares se correlaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante el calentamiento (Pritchard y Adam, 1994; Moreno, 2000). Para una buena calidad de papas prefritas congeladas y papa tostada se recomienda contenidos de azúcares reductores =0,30% y 0,20% del peso fresco, respectivamente (Rodríguez y Wrolstad, 1997; Feltran *et al.*, 2004). No todas las variedades tienen igual calidad de fritura (Borruey *et al.*, 2000). En el caso de la papa prefrita, a nivel mundial se ha tratado de disminuir el aporte calórico debido a la absorción de aceite y una de las maneras más prácticas es el uso de materias primas de características industriales, en cuanto al contenido de sólidos totales y almidón se refiere. La calidad de estos productos está asociada al tipo de proceso que se suministra y a las características propias de cada variedad de papa. En general, la absorción de aceite se ve afectada por la gravedad específica de la materia prima, por el tamaño y forma de los trozos de papa y por el tiempo que permanece el producto en el aceite caliente (Guido y Mamani, 2001). Además, en los procesos de fritura, el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de la amilosa y de la amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura (Severini *et al.*, 2005).

Además del contenido de aceite, características como color y textura resultan de gran relevancia, siendo estos los parámetros de calidad más importantes en los productos procesados a partir de papa (Lee y Park, 2005). Las reacciones de oscurecimiento son uno de los fenómenos de mayor importancia durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. En el caso de productos fritos de papa las reacciones de oscurecimiento no enzimático determinan en gran medida el color de los productos; estas afectan la calidad de los productos y representan un área importante de investigación, debido a las implicaciones en la estabilidad de los alimentos, así como aspectos relacionados con nutrición y salud (Manzocco *et al.*, 2001). Durante tratamientos térmicos como la fritura, se forman compuestos coloreados (melanoidinas) mediante reacciones de Maillard (Lee y Park 2005; Pedrecci *et al.*, 2005). Se considera que tanto el almidón como la pectina de la pared celular son los polímeros que determinan las propiedades estructurales en la papa (Bu-Contreras y Rao, 2002).

### **Descripción Botánica**

*S. tuberosum* es una planta herbácea, tuberosa, perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (ya que pierde sus hojas y tallos aéreos en la estación fría), de tallo erecto o semi-decumbente, que puede medir hasta 1 m de altura. Pueden presentarse flores terminales y dar como resultado frutos de 1 a 3 cm de diámetro, los cuales no son comestibles, estos se emplean solamente en la siembra. las raíces que se extienden superficialmente y se desarrollan rizomas que terminan en los tubérculos conocidos como papas (Halfacre, 1984, citado por Cepeda y Gallegos, 2003).

### **Hojas**

Las hojas son compuestas, con 7 a 9 folíolos (imparipinnadas), de forma lanceolada y se disponen en forma espiralada en los tallos. Entre las hojas laterales hay hojuelas pequeñas en segundo orden (Montaldo, 1984)

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo son de tipo compuesto con varios folíolos opuestos y uno grande como terminal; las hojas son un poco vellosas y miden de 8 a 15 cm de largo por 1 a 3 cm de ancho (Cepeda y Gallegos, 2003)

## **Tallos**

Presentan tres tipos de tallos, uno aéreo, circular o angular en sección transversal, sobre el cual se disponen las hojas compuestas y dos tipos de tallos subterráneos: los rizomas y los tubérculos.

### **Tallos aéreos**

Estos tallos, que se originan a partir de yemas presentes en el tubérculo utilizado como semilla, son herbáceos, suculentos y pueden alcanzar de 0,6 a 1,0 m de longitud; además, son de color verde, aunque excepcionalmente pueden presentar un color rojo purpúreo. Pueden ser erectos o decumbentes, siendo lo normal que vayan inclinándose progresivamente hacia el suelo en la medida que avanza la madurez de la planta. En la etapa final del desarrollo de las mismas, los tallos aéreos pueden tornarse relativamente leñosos en su parte basal (Hooker, 1986)

### **Rizomas o Tallos Subterráneos**

Estos tallos rizomatosos están formados por brotes laterales más o menos largos que nacen de la base del tallo aéreo. Nacen alternadamente desde sub nudos ubicados en los tallos aéreos y presentan un crecimiento horizontal bajo la superficie del suelo. Cada rizoma, en tanto, a través de un engrosamiento en su extremo distal, genera un tubérculo (Horton, 1987)

## **Tubérculos**

El tercer tipo de tallo de la papa es subterráneo y se halla engrosado como una adaptación para funcionar como órgano de almacenamiento de nutrientes, el tubérculo.

Los rizomas presentan una zona meristemática sub-apical, de donde se originan los tubérculos mediante un engrosamiento radial. Durante la formación del tubérculo, el crecimiento longitudinal del estolón se detiene y las células parenquimáticas de la corteza, de la médula y de regiones perimedulares sufren divisiones y alargamiento. En los tubérculos maduros, existen pocos elementos conductores y no hay un cambio vascular continuo. Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos", hundimientos para resguardar las yemas vegetativas que originan los tallos, que están dispuestos de forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas. Las lenticelas son circulares y el número de las mismas varía por unidad de superficie, tamaño del tubérculo y condiciones ambientales. Los tubérculos, en definitiva, están constituidos externamente por la peridermis, las lenticelas, los nudos, las yemas y, eventualmente, por un fragmento o una cicatriz proveniente de la unión con el rizoma del cual se originaron; internamente se distingue la corteza, el parénquima de reserva, el anillo vascular y el tejido medular. Los tubérculos pueden presentar una forma alargada, redondeada u oblonga; su color, en tanto, puede ser blanco, amarillo, violeta o rojizo. (Huaman, 1986).

## **Raíz**

El sistema radical es fibroso, ramificado y extendido más bien superficialmente, pudiendo penetrar hasta 40cm de profundidad. Las plantas originadas a partir de tubérculos, por provenir de yemas y no de semillas, carecen de radícula; sus raíces, que son de carácter adventicio, se originan a

partir de yemas subterráneas (Hooker, 1986). Estas raíces se ubican en la porción de los tallos comprendida entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo; por esta razón, el tubérculo debe ser plantado a una profundidad tal que permita una adecuada formación de raíces y de rizomas (Guerrero, 1981).

### **Inflorescencia y flor**

La inflorescencia nace en el extremo terminal del tallo y el número de flores en cada una puede ir desde una hasta 30, siendo lo más usual entre 7 y 15. El número de inflorescencias por planta y el número de flores por inflorescencia están altamente influenciados por el cultivar. Las flores tienen de tres a cuatro cm de diámetro, con cinco pétalos unidos por sus bordes que le dan a la corola la forma de una estrella. Las cinco anteras se hallan unidas formando un tubo alrededor del pistilo y presentan una longitud de cinco a siete mm. El estigma y estilo son simples. La corola puede ser de color blanco o una mezcla más o menos compleja de azul, borravino y púrpura dependiendo del tipo y cantidad de antocianinas presentes. Las anteras son de color amarillo brillante, excepto en los clones andro estériles en los cuales adoptan un color amarillo claro o amarillo verdoso. Los estigmas son usualmente de color verde, a pesar que algunos clones pueden presentar estigmas pigmentados. Las flores permanecen abiertas por dos a cuatro días lo que da como resultado que cada inflorescencia presente de cinco a diez flores abiertas al mismo tiempo durante el pico de la floración. La receptividad del estigma y la duración de la producción de polen es de aproximadamente dos días. La fertilización ocurre aproximadamente 36 horas después de la polinización. Es complicado clasificar a esta especie por su modo de reproducción ya que si bien produce semillas por autofecundación (comportamiento propio de las especies autógamias), exhibe depresión endogámica (característica propia de las especies alógamas). Independientemente de lo anterior, las semillas que se producen en los frutos obtenidos por polinización libre son una mezcla de auto-polinizaciones con polinizaciones cruzadas, siendo las primeras las más numerosas. (Báez, 1983; Montaldo, 1984; Horton, 1987)

## **Fruto y semillas**

El fruto de la papa es una baya pequeña y carnosa que contiene las semillas sexuales. La baya es de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo. Posee dos lóculos con un promedio de 200 a 300 semillas. Cultivos comerciales de papa pueden ser obtenidos provenientes de la semilla sexual, pero la semilla sexual se usa generalmente con propósitos de mejoramiento, en la actualidad, los mejoradores esperan uniformizar la progenie con el fin de obtener una papa con características determinadas (Pumisacho *et al.*, 2002).

## **Plagas y Enfermedades**

El control de plagas y enfermedades, deben anteponerse los métodos biológicos, culturales, físicos y genéticos a los métodos químicos. El conocimiento de los síntomas de las enfermedades y de la biología de las plagas es fundamental para poder elegir las opciones más adecuadas para cada caso, aquí se presentan algunas de las enfermedades más comunes por las que es atacada el cultivo de la papa.

## **Enfermedades Fungosas**

### **Tizón Temprano: *Alternaria solani***

Esta se presenta en cualquier etapa de desarrollo del cultivo (Mendoza y Pinto, 1983) sin embargo, Brechley (1968) menciona que el ataque solo se da en el follaje. Ésta enfermedad también daña a las plántulas, las cual presentan una pudrición en el cuello al nivel del suelo conocida como *Damping off*. En el follaje, las lesiones se indican con pequeñas manchitas que luego se tornan ovoides circulares, o toman una coloración castaño negra a medida que se expanden. A menudo las lesiones presentan anillos concéntricos formados por tejido necrótico hundido y levantado alternativamente, las hojas se tornan amarillas y senescentes, se debilitan y pueden llegar a perderse (Agrios, 1995).

**Control.** Las siguientes prácticas culturales son una manera de evitar la enfermedad, después de la cosecha, eliminar o quemar todos los residuos de plantas infectadas, porque en ellos se conserva el inoculo (Agrios, 1995). Evitar el riego por aspersión, utilizar el riego por goteo, usar como semilla tubérculos sanos, utilizar variedades resistentes.

Aplicaciones de fungicidas como Mancozeb o Clorotalonil, que se realizan para controlar la racha controlan también al tizón temprano. En trabajos realizados en San Ramón, Perú. Se comprobó que combinando Dyrene y Mancozeb, se controla eficientemente la enfermedad (Torres y Vicencio, 1989)

### **Marchitamiento o Punta seca: *Fusarium oxysporum***

**Síntomas.** La pudrición seca es uno de los problemas más graves en el almacenamiento. Los tubérculos presentan primero lesiones oscuras, ligeramente hundidas, que luego se extienden superficialmente, dejando cavidades internas que pueden contener micelios de diferentes colores según las especies de *Fusarium*. El borde de la pudrición es claramente definido. Aparecen anillos concéntricos sobre la superficie del tubérculo y el micelio externo es evidente (Cepeda y Gallegos, 2003)

Los síntomas consisten en un amarillamiento de las hojas inferiores, moteado de las hojas superiores y marchitez subsiguiente. Los tejidos vasculares de los tallos y de los tubérculos se decoloran (Romero, 1993). Los tubérculos presentan varios tipos de decoloración; interna y externa, ya sea necrosis marrón, o manchas circulares de pudrición de color marrón. La marchitez se acentúa en climas cálidos. Algunas especies de *Fusarium* se vuelven sistémicas y se transmiten por la semilla.

**Control.** Usar semilla libre de infección; practicar un buen manejo del agua y rotación de cultivos. Tratar las semillas cortadas con productos químicos de protección.

### **Sarna Polvorienta: *Spongospora subterranea***

**Síntomas.** Usualmente no hay indicios de la enfermedad en la parte aérea de la planta. Los primeros síntomas se manifiestan con la aparición de pequeñas ampollas de color claro en la superficie del tubérculo. En una fase más avanzada estas ampollas se convierten en pústulas abiertas y oscuras con un diámetro de 2 a 10 mm o más grande, que contienen en su interior una masa polvorienta de esporas de color castaño oscuro. Las lesiones tienen formas variadas, casi siempre redondeadas y bordeadas por fragmentos de epidermis. Las raíces pueden formar agallas de hasta 15 milímetros. Cuando son muchas, reducen el vigor de la planta. El color de las agallas, cuando son de formación reciente, es similar al de una raíz normal. Posteriormente, a medida que éstas se van desintegrando, el color se oscurece rápidamente. (Rousselle *et al.*, 1999).

**Control.** Se menciona la fumigación del suelo con metam sodio como una manera de controlar la sarna. Se puede reducir la incidencia de la enfermedad sembrando en suelos bien drenados y libres del patógeno y practicando una rotación larga de cultivos con pastos. Sembrar cultivares de papa resistentes a la enfermedad, no usar estiércol proveniente de animales alimentados con tubérculos contaminados (Rousselle *et al.*, 1999).

### **Verruga: *Synchytrium endobioticum***

**Síntomas.** En los tallos, estolones y tubérculos se pueden presentar tumores de diversos tamaños, hasta de varios centímetros. Los síntomas



usualmente se manifiestan debajo de la superficie del suelo; sin embargo, en condiciones de humedad, pueden aparecer en los tallos y en el follaje. Inicialmente, los tumores son de color blanco hasta castaño o del mismo color que el tejido normal. Con la edad, los tumores ennegrecen y se pueden pudrir por causa de organismos secundarios. Las verrugas de las partes aéreas son verdes, rojizas o moradas, según la variedad (Cepeda y Gallegos, 2003).

**Control.** Usar variedades resistentes a las razas del hongo (Cepeda y Gallegos, 2003). Desinfectar el suelo mediante fumigaciones con bromuro de metilo, esto resulta efectivo pero en grandes superficies se dificulta y resulta caro (Rousselle *et al.*, 1999).

### **Tizón Tardío: *Phytophthora infestans***

**Síntomas.** Aparecen lesiones de apariencia húmeda en el follaje que, en pocos días, se vuelven necróticas de color castaño cuando están secas, o negras cuando están húmedas. Bajo condiciones de humedad intensa se hace visible una esporulación blanca parecida al mildiu, especialmente en el envés de las hojas, muchas veces se forma un borde amarillo pálido alrededor de las lesiones de la hoja. Las lesiones en los tallos son frágiles y se quiebran frecuentemente en el punto de la lesión. Bajo ciertas circunstancias puede aparecer la marchitez en los tallos lesionados. Las temperaturas entre 10 y 25°C, acompañadas con llovizna o lluvia, favorecen la enfermedad. Las esporas que la lluvia lava de las hojas y de los tallos infectados penetran en el suelo afectan los tubérculos causándoles una decoloración pardusca superficial. Posteriormente, se desarrollan organismos secundarios en los tejidos afectados y las pudriciones se extienden durante el almacenamiento (Cepeda y Gallegos, 2003).

**Control.** Es conveniente el uso de semilla libre de esta enfermedad y la destrucción de posibles fuentes de inóculo, tales como montones de desecho, se recomienda el uso de fungicidas de contacto, sistémicos y de traslocación

protectores del cultivo, también es conveniente la recolección o remoción de tubérculos afectados antes de almacenarlos y circulación adecuada de aire en el almacén (Cepeda y Gallegos, 2003).

### **Oidiosis: *Erysiphe cichoracearum***

**Síntomas.** Las infecciones viejas tienen un parecido con los síntomas del tizón tardío pues las hojas se vuelven negras, mueren y caen de la planta. Los tallos también pueden ser infectados. Al comienzo, las hojas infectadas están cubiertas con unas masas blanquecinas de esporas que superficialmente parecen ser residuos de suelo, polvo o restos de alguna aspersión. La enfermedad requiere un alto grado de humedad y raramente se desarrolla en hojas que reciben lluvia o riego por aspersión (CIP, 1996).

**Control.** Cuando la enfermedad es severa, es necesario hacer aplicaciones líquidas de productos azufrados dos veces por semana (CIP, 1996).

### **Esclerotiniosis: *Sclerotinia sclerotiorum***

**Síntomas.** Las lesiones del tallo se producen al nivel del suelo o cerca de las axilas foliares y son ligeramente hundidas, ovaladas o alargadas, extendiéndose hacia arriba por el tallo. De aspecto húmedo al principio, las lesiones acuosas se vuelven de color marrón, blancas en el centro, anilladas o localizadas. Los tallos afectados llegan a estar cubiertos por una capa de micelio blanco. La médula central se destruye y el vacío se llena con un micelio blanco que posteriormente se transforma en esclerócios duros negros, de 0.5 a 1.0 cm de largo. Los ápices suelen marchitarse y el tallo se parte o se quiebra al nivel del suelo. Los tubérculos cercanos a la superficie del suelo se arrugan, se oscurecen superficialmente y se tornan acuosos. Posteriormente, las cavidades

se llenan con un micelio blanco y esclerocios. Cuando los esclerocios germinan, forman capas miceliales o pequeños apotecios en forma truncada desde los cuales las esporas se transportan por el viento e infectan las hojas y los tallos de muchos cultivos y malezas dicotiledóneas (CIP, 1996).

**Control.** Los esclerocios son de vida larga pero pueden ser eliminados por inundación durante unas cinco semanas. La rotación con cultivos no susceptibles, incluyendo el cultivo de papa cada tercer año, junto con la remoción y destrucción de las plantas infectadas, ayuda a reducir la incidencia de esta enfermedad.

### **Pudrición Seca y Marchitez por *Fusarium*: *Fusarium spp.***

Diferentes especies de *Fusarium*, a nivel mundial, causan varias enfermedades, que son favorecidas ante temperaturas cálidas.

**Síntomas.** La pudrición seca es uno de los problemas más graves en el almacenamiento. Los tubérculos presentan primero lesiones oscuras, ligeramente hundidas, que luego se extienden superficialmente, dejando cavidades internas que pueden contener micelios de diferentes colores según las especies de *Fusarium*. El borde de la pudrición es claramente definido. Aparecen anillos concéntricos sobre la superficie del tubérculo y el micelio externo es evidente. El tubérculo se seca y endurece, bajo condiciones de humedad, se desarrolla la pudrición blanda. La infección surge en lesiones superficiales causadas durante la cosecha y por el manipuleo. La semilla cortada, inadecuadamente suberizada, puede deteriorarse en condiciones adversas de suelo. Las plantas no emergieran, o se debilitaran para luego marchitarse y morir. Los hongos que causan la marchitez por *Fusarium* provienen del suelo (Castro y Contreras, 2011).

**Control.** Al almacenar, se debe tener ventilación y alta humedad para que la piel de la papa cicatrice pronto. Se recomienda desinfectar herramientas y cajones que fueron utilizados ya sea en la cosecha como en el transporte. Limpiar y desinfectar la bodega. Evitar cortar papas grandes para aumentar la papa-semilla, ya que esto es una condición predisponente para el desarrollo del patógeno. Si esta práctica es necesaria, se recomienda propiciar la suberización del tejido expuesto después del corte o aplicar algún producto desinfectante y/o sellante y hacerlo 10 días antes de la plantación (Castro y Contreras, 2011).

### **Carbón: *Thecaphora (Angiosorus)***

El carbón de la papa está restringido a las regiones tropicales de las Américas. Allí se presenta en las tierras altas y frías y en los desiertos de costa con riego artificial, donde puede causar problemas serios. Poco se conoce acerca de su biología. Es imprescindible evitar la diseminación de la enfermedad. Por lo tanto no se deben trasladar tubérculos infectados o suelo infestado hacia áreas libres de la enfermedad. Su ocurrencia debe ser cuidadosamente registrada.

**Síntomas.** Los síntomas consisten en protuberancias que; tienen forma de tubérculos en el tallo y en los estolones, con numerosas cavidades pequeñas llenas de esporas de color marrón a negro. Los tubérculos pueden contener pequeñas pústulas superficiales inconspicuas con algunas cavidades llenas de esporas o grandes protuberancias. Plantas individuales e incluso estolones individuales pueden tener al mismo tiempo tubérculos con protuberancias y tubérculos aparentemente sanos. Después de la maduración, las protuberancias enfermas se desintegran rápidamente formando masas de esporas de color marrón. Ciertos cultivares de papa como Antarqui muestran lesiones protuberantes de 3 a 10 mm de diámetro en la superficie del tubérculo. Después de 2-3 meses de almacenamiento, estas lesiones se hunden y

subsecuentemente desarrollan tejidos hipertróficos en nuevos brotes o cerca de ellos (Torres *et al.*, 1998).

**Control.** La diseminación ocurre probablemente a través de semilla o suelo infestado o contaminado. Existen variedades resistentes o tolerantes. La rotación de cultivos es eficiente aunque, el hongo puede persistir en el campo durante muchos años. Se debe poner una cuarentena estricta para impedir la propagación de la enfermedad hacia nuevas áreas. Se puede erradicar la enfermedad con fumigaciones al suelo infestado, en complemento con el empleo de tubérculos semilla sanos provenientes de cultivares resistentes (Torres *et al.*, 1998).

## **Enfermedades Bacterianas**

### **Marchitez Bacteriana: *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum***

La marchitez bacteriana o pudrición parda es la enfermedad bacteriana más grave de la papa en las regiones cálidas del mundo. Con frecuencia restringe la producción de este cultivo.

**Síntomas.** Los síntomas iniciales de amarillamiento leve se observan primero en un solo lado de la hoja o en una rama y no en la siguiente. Los síntomas avanzados son la marchitez severa y la sequedad, que preceden a la muerte de la planta. Los haces vasculares se oscurecen y, si se hace un corte transversal al tallo, se nota la exudación de un mucílago gris-castaño, excepto en los casos leves. Esto se puede verificar mediante la observación de un fluido filamentosos de color blanco lechoso que emana de los haces vasculares al cortar y sumergir un pedazo del tallo en agua limpia. Un mucílago bacteriano grisáceo puede ser exudado por el extremo del estolón en los tubérculos, donde se adhieren partículas de suelo. Rebotes de color blanco-grisáceo exudan del anillo vascular oscurecido de los tubérculos cortados. Pueden darse, en forma aislada, síntomas aéreos o en los tubérculos. La infección latente del tubérculo

ocurre cuando se siembran semillas infectadas en lugares fríos, o cuando los tubérculos son infectados al final de la temporada. La marchitez bacteriana evoluciona rápidamente bajo altas temperaturas (CIP, 1996).

**Control.** Hasta el momento no se ha conseguido inmunidad o altos niveles de resistencia varietal. La práctica más adecuada es usar papa-semilla certificada y nunca usar papa-semilla propia o procedente de suelos infectados. La rotación de cultivos debe ser con plantas no solanáceas, dejar bajo barbecho el terreno reduce para reducir la severidad de la enfermedad (Castro y Contreras, 2011).

### **Pierna Negra y Pudrición Blanda: *Erwinia spp.***

La pierna negra en las plantas de papa y la pudrición blanda en sus tubérculos son enfermedades ampliamente diseminadas y especialmente dañinas en los climas húmedos. *Erwinia carotovora* sub sp. *carotovora* ocurre generalmente en climas calurosos *E. c.* subsp. *atroseptica* en climas fríos y *E.chrysanthemi* sólo en climas calientes (CIP, 1996).

**Síntomas.** La pierna negra puede aparecer en cualquier etapa del desarrollo de la planta cuando la humedad es excesiva. A menudo, lesiones negras y mucilaginosas van ascendiendo por el tallo desde un tubérculo-semilla con pudrición blanda. Los tubérculos nuevos se pudren a veces en el extremo del estolón. Las plantas jóvenes son generalmente enanas y erectas. Pueden darse el amarillamiento y el enrollamiento ascendente de los folíolos, seguidos a menudo por el marchitamiento y la muerte de la planta. Las bacterias de la pudrición blanda pueden infectar las lenticelas si la superficie de los tubérculos está húmeda, produciendo zonas circulares cóncavas desde donde la pudrición blanda puede expandirse rápidamente durante el transporte o el almacenamiento de los tubérculos. En el campo o durante el almacenamiento, la pudrición blanda empieza muchas veces en lesiones del tubérculo causadas por manipulación mecánica o por enfermedades o plagas. Los tejidos afectados

se vuelven húmedos, de color entre crema y castaño, y blandos y es fácil separarlos del tejido sano (CIP, 1996; Torres *et al.*, 1989).

**Control.** Evitar la siembra en suelos húmedos y no regar demasiado. Cosechar los tubérculos cuando estén maduros, manipularlos suavemente y no dejarlos expuestos al sol. Los tubérculos no deben tener rastros de humedad exterior antes de ser almacenados o transportados. Algunas variedades son más resistentes que otras (Torres *et al.*, 1989).

### **Putridión Anular: *Clavibactermichiganensis subsp. Sepedonicus***

La pudrición anular bacteriana es un problema recurrente en las regiones templadas. A veces aparece en países con clima tropical cuando se use semilla de regiones templadas y puede entonces ser confundida con la marchitez bacteriana.

**Síntomas.** Los síntomas generalmente se manifiestan hacia la mitad o final de la temporada, incluyen la aparición de la marchitez muchas veces sólo en algunos tallos de la planta. Las hojas inferiores se vuelven flácidas con un color amarillo pálido entre las nervaduras principales. Puede aparecer un enrollamiento de los bordes de las hojas, seguido inmediatamente por la muerte de la planta. En los tallos y en los tubérculos muestran anillos vasculares pardos que, al ser presionados, pueden expeler una exudación bacteriana. La mayor parte de los anillos vasculares del tubérculo adquiere un color gris, amarillento, pardo o castaño rojizo. Sin embargo, otros organismos secundarios pueden provocar la pudrición blanda. La infección de los tubérculos puede ser confundida con la marchitez bacteriana o con la pudrición blanda, excepto que no hay presencia de exudación alrededor de los ojos. La pudrición anular es principalmente una enfermedad transmitida por medio de los tubérculos-semilla.

La bacteria no sobrevive en el suelo aunque puede ser diseminada por medio de las herramientas, la maquinaria agrícola, canastas y sacos (CIP, 1996).

**Control.** Sembrar semilla libre de infección. Seguir estrictamente las prescripciones sanitarias y desinfectar cajones, equipo, herramientas y canastas, usar sacos nuevos, Plantar los tubérculos-semilla enteros y no cortados (CIP, 1996).

### **Sarna Común: *Streptomyces scabies***

La sarna es un problema común del tubérculo en todas las regiones donde se siembra papa, excepto donde los suelos son muy ácidos. El organismo causante se ha introducido en la mayoría de los suelos del cultivo de papa. Afecta la calidad pero no el rendimiento.

**Síntomas.** Se desarrollan varios tipos de lesiones, que pueden ser superficiales o reticulares, profundas o cóncavas protuberantes. Varían en tamaño y forma, pero usualmente son circulares y no miden más de 10 mm de diámetro, pueden experimentar coalescencia pero la mayor parte de la superficie de los tubérculos resulta afectada (Castro y Contreras, 2011).

**Control.** Mantener altos niveles de contenido de humedad en el suelo compatibles con un adecuado desarrollo de la papa mientras los tubérculos ensanchan y crecen. Evitar plantar tubérculos-semilla enfermos con sarna, evitar replantar cultivos de papa u otras plantas susceptibles a la sarna, tales como remolacha (betarraga), rabanito, nabo, zanahoria en los cuales la enfermedad puede tener importancia económica, se recomienda usar variedades resistentes a la sarna y mantener los niveles de pH del suelo entre 5 y 5.2 mediante fertilizantes ácidos o sulfurosos (Castro y Contreras, 2011).



## **Enfermedades Virosas**

### **Virus del Enrollamiento de las Hojas (PLRV)**

**Síntomas.** Los síntomas primarios consisten en enrollamiento de las hojas superiores, especialmente en la base de los folíolos, estas hojas tienden a crecer en forma erecta y generalmente tienen un color amarillo pálido, en muchos cultivares pueden tomar una coloración púrpura, rosada o roja. Las infecciones tardías pueden no producir síntomas, mientras que algunos cultivares pueden estar infectados sin presentar síntomas (Cepeda y Gallegos, 2003).

**Control.** El PLRV puede ser controlado mediante la selección de plantas sanas y la eliminación de plantas enfermas mediante el descarte en la propagación de semilla. Los insecticidas sistémicos reducen la diseminación por áfidos dentro del cultivo pero no previenen la infección por áfidos virulíferos provenientes de otros campos (Cepeda y Gallegos, 2003).

### **Virus Y y Virus A de la Papa (PVY y PVA)**

**Síntomas.** Los síntomas varían mucho según las variantes del virus, el cultivar y el medio ambiente. Son síntomas típicos la rugosidad, aglomeración, retorcimiento de hojas, doblez hacia abajo del margen de los folíolos, enanismo, necrosis de las nervaduras de los folíolos, manchas necróticas, necrosis de las hojas y rayado en el tallo (Cepeda y Gallegos, 2003). Los cultivares menos sensibles o aquellos infectados con la variante PVY reaccionan mostrando sólo mosaico suave o pueden estar infectados sin presentar síntomas. En muchos aspectos PVA es similar a PVY. En ciertos cultivares es generalmente menos severo que PVY. Las pérdidas en el rendimiento pueden alcanzar 40%. PVA causa el mosaico, como también rugosidad y encrespamiento. Los síntomas de PVA usualmente son más suaves que los de PVY, pero no pueden distinguirse unos síntomas de otros (CIP, 1996).

**Control.** Tanto PVY como PVA se controlan mediante la selección clonal y el descarte de plantas enfermas ("roguing") durante el proceso de propagación de la semilla, se recomienda el uso de cultivares resistentes (CIP, 1996; Castro y Contreras, 2011).

### **Mosaicos: (PVX, PVS y PVM)**

Los síntomas del mosaico en la hoja de papa pueden ser causados por diferentes virus individualmente o en combinación. Algunos de ellos son el virus X de la papa (PVX), el virus S de la papa (PVS) y el virus M de la papa (PVM), como también PVY y PV A. PVX puede disminuir el rendimiento en más del 10% , según la variante del virus y el cultivar de papa. Se transmite por medio de tubérculos infectados y por contacto-no por áfidos y usualmente causa un mosaico. La infección puede ser suave en algunos cultivares y es frecuentemente latente. Las variantes virulentas pueden causar encrespamiento y necrosis además de mosaico. Algunos cultivares son hipersensibles a ciertas variantes y reaccionan con necrosis apical (CIP, 1996).

PVS es común y puede causar síntomas suaves, tiene poco efecto en el rendimiento, es transmitido por medio de tubérculos infectados, por contacto y, en ciertas variantes, por áfidos, la infección es normalmente latente aunque algunos cultivares reaccionan con un mosaico suave o con bandas tenues en las nervaduras. Cierta número de cultivares sensibles reaccionan con un bronceado severo, manchas necróticas e, incluso, carda de hojas (Cepeda y Gallegos, 2003).

PVM es menos común que PVY, PVX o PVS y se conoce poco sobre sus efectos en el rendimiento, es perpetuado por tubérculos infectados y transmitido por contacto y por áfidos, el virus permanece latente en algunos cultivares, pero en otros causa desde un mosaico suave hasta uno severo y deformación de las

Hojas, bajo ciertas condiciones ambientales, los cultivares sensibles pueden también desarrollar necrosis en los pecíolos y en las nervaduras de las hojas (CIP, 1996).

**Control.** PVX, PVS y PVM se controlan mediante la selección clonal durante la multiplicación de semillas; el descarte es útil sólo ante el desarrollo evidente de síntomas; existen cultivares resistentes a PVX (CIP, 1996; Cepeda y Gallegos, 2003).

### **Moteado de la Papa Andina (APMV) Virus Latente de la Papa Andina (APLV)**

APMV y APLV son frecuentes en la región andina y se transmiten fácilmente por contacto y por insectos vectores (escarabajos) aunque no se conoce exactamente hasta qué punto.

**Síntomas.** APMV usualmente produce un moteado de suave a severo. Los cultivares sensibles pueden reaccionar con necrosis apical, deformación de la hoja, enanismo o emergencia retardada. APLV usualmente es latente pero muchas veces causa clorosis reticulada de las nervaduras menores o mosaicos suaves y rugosidad (Borrows *et al.*, 2005).

APLV se transmite por el escarabajo de la pulpa de la papa, *Epitrix spp.*, y APMV por el escarabajo verde de la hoja, *Diabrotica*. Ambos virus se transmiten por contacto mecánico, se desconocen los efectos de estos virus en el rendimiento pero probablemente son más severos en el caso de APMV en los cultivares sensibles (Borrows *et al.*, 2005).

**Control.** El mejor control de APLV y APMV es por la selección clonal durante la propagación de semilla y por el descarte de plantas enfermas ("roguing").

### **Mop-top de la Papa Virus: (PMTV)**

PMTV se presenta en áreas frías y húmedas que favorecen la diseminación de su hongo vector, *Spongospora subterranea*. En cultivares sensibles al virus, las pérdidas en el rendimiento pueden llegar a 100% y los tubérculos pueden no ser comerciales.

**Síntomas.** Los síntomas primarios se desarrollan en los tubérculos de algunos cultivares cuando se infectan directamente en el suelo, consisten en la formación de anillos sobre la superficie, algunas veces de color marrón y necróticos, que se extienden como arcos dentro de la pulpa del tubérculo, en el centro de este anillo necrótico del virus " mop-top" aparece una lesión por roña fuente de la infección. Los síntomas en el follaje son secundarios y son de tres tipos: marcas de un color amarillo brillante ("aucuba"), especialmente en las hojas inferiores; manchas pálidas en forma de V (sardineta) en las hojas superiores y enanismo en los tallos ("mop-top"); las marcas de color amarillo brillante consisten en puntos, anillos y formas en V, características estas últimas que ayudan a diagnosticar el virus. A veces, sólo algunos de los tallos de una planta son infectados, de tal manera que una planta atacada por el virus también tiene tallos de aspecto normal; sólo los cultivares sensibles desarrollan " mop-top " y síntomas secundarios severos en los tubérculos; estos últimos consisten en deformaciones, grietas profundas, rajaduras finas en la superficie, y manchas o anillos de color marrón en el extremo del estolón. La supervivencia del virus en el suelo y su diseminación a nuevas áreas se dan principalmente por medio de esporas del hongo vector, que permanecen en el suelo o en los

tubérculos- semilla; la transmisión por medio de tubérculos infectados es irregular (CIP, 1996).

**Control.** El tratamiento del suelo infectado con calomel, azufre u óxido de zinc puede inhibir la infección de un cultivo sano, el descarte de plantas enfermas es útil en cultivares con síntomas fuertes (CIP, 1996).

### **Cafico y Aucuba: (AMV, PAMV, TRSV, PBRV, TBRV)**

**Síntomas.** Varios virus diferentes pueden causar síntomas similares. Estos virus son mosaico de la alfalfa (AMV), mosaico "aucuba" de la papa (PAMV), mancha anular del tabaco (TRSV), mancha negra de la papa (PBRV) y mancha anillada del tomate (TBRV); los síntomas consisten en marcas amarillas brillantes en las hojas en forma de manchas, manchones, jaspeado y amarillamiento alrededor de las nervaduras; en algunos casos los folíolos se vuelven completamente amarillos. Puede ocurrir una disminución en el rendimiento y algunos de estos virus pueden afectar severamente la calidad del tubérculo, causando necrosis o manchas, o ambas cosas a la vez (CIP, 1996).

**Control.** Descartar plantas enfermas durante la producción de semilla y mediante la aplicación de productos químicos para matar el vector del virus en referencia: áfidos en AMV y PAMV y nematodos en TRSV y TBRV (CIP, 1996; Castro y Contreras, 2011).

### **Enfermedades por Micoplasmas**

#### **Punta Morada de la Papa: *Micoplasma stolbur***

**Síntomas.** La punta morada de la papa es un micoplasma importante en el cultivo de la papa; en las plantas afectadas por micoplasmas, los folíolos superiores se enrollan y muestran pigmentación purpura o amarilla, se forman tubérculos aéreos y ocasionalmente hay proliferación de yemas axilares. Por lo general, las plantas se quedan enanas y pueden llegar a morir prematuramente.

Bajo condiciones de campo, la parte inferior del tallo frecuentemente desarrolla necrosis cortical, deshilachamiento del tejido y a menudo decoloración vascular (Hooker, 1990)

Las plantas muchas veces son achaparradas, muestran carencia de vigor y clorosis general debido a que utilizan pocos nutrientes del tubérculo madre, este permanece firme hasta la cosecha; se producen tubérculos pequeños, estos se encuentran alrededor del tallo principal (Nagaich y Giri, 1973)

### **Agentes de Trasmisión**

Existen reportes que mencionan que la transmisión por tubérculo semilla es baja, por orden del 1 a 2% (Cadena, citado por Martínez, 1999); durante 1958 se encontró que todos los tipos de tubérculos originados de plantas con punta morada, resultan con rendimientos significativamente menores, que se debe a una emergencia retardada y menos vigor de las plantas (Robinson y Campbell, citados por Martínez, 1999).

Según Doi, citado por Osuna (1999), los fitoplasmas son organismos muy sensibles a la luz ultravioleta, a la desecación, y son inmóviles, por lo que necesariamente tienden a ser transmitidos por algún vector o dentro de las estructuras del hospedero; así mismo, los procariontes patógenos como los fitoplasmas se encuentran solo en el tejido vascular de las plantas infectadas, por lo que se necesitan métodos especializados de transmisión, tales como los injertos y los insectos que se alimentan del floema.

### **Insectos vectores**

#### ***Macrosteles fascifrons.***

La chicharrita de seis manchas está presente en la mayor parte de Norteamérica, se alimenta de más de 100 especies de plantas y es más frecuente encontrarla sobre cereales de grano pequeño; se distingue de otras

especies por sus características 6 manchas en la punta de la cabeza (Martínez, 1999).

### ***Paratrioza cockerelli.***

Es un insecto que pertenece a la familia Psillidae (Homoptera), por ello se le conoce también con el nombre de psílido; este hexápodo fue descubierto en 1909 por un investigador estadounidense de apellido Cockerell en el Estado de Colorado, Estados Unidos de America y como reconocimiento, el Dr. Sulc lo bautizó científicamente como *Trioza cockerelli*, aunque más tarde se le cambió el género a *Paratrioza cockerelli*. Entre los años 20 y 30 del siglo pasado se le conoció como el psílido de la papa o del tomate, ya que este insecto produce una toxina que originaba amarillamientos en ambos cultivos, y fue esto lo que lanzó a la fama al mencionado insecto. El origen de éste, según investigadores del vecino país del norte, se lo adjudican al Oeste de Norteamérica (Garzón, 2002).

### **Métodos de diagnóstico.**

Un diagnóstico eficaz de las enfermedades realizado a tiempo, permite establecer estrategias de control o erradicación al detectar focos de infección. Sin embargo no es el caso de estas enfermedades, cuyo diagnóstico está basado principalmente en la observación de sintomatología; esto es ineficiente debido a la fácil diseminación del patógeno por insectos o en tubérculos asintomático (Martínez, 1999). Este método es tardío y no confiable debido a que los síndromes “punta morada” y “Brote de hilo” de la papa pueden confundirse con otras enfermedades infecciosas y algunas deficiencias nutricionales; por consecuencia, el diagnóstico basado en sintomatología requiere la confirmación de la presencia del fitoplasma en el floema de la planta enferma, por lo que la identificación de los fitoplasmas y su clasificación en

grupos se basa en características biológicas, como especificidad de transmisión por insectos vectores, rango de hospedantes y tipo de síntomas, por lo que a estos organismos sólo se le conoce por los síntomas que inducen en el hospedante (Lee *et al.*, citados por Martínez, 1999).

La detección específica y sensible de algunos fitoplasmas en insectos hospedantes también se ha logrado por medio de hibridación molecular utilizando como sondas fragmentos de DNA de fitoplasmas clonados al azar (Lee *et al.*, Chen, 1995; Gundersen *et al.*, citados por Martínez, 1999).

No fue sino hasta la introducción de la técnica llamada Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR), que se ha incrementado la sensibilidad y especificidad en la detección de fitoplasmas, tanto en plantas como en insectos hospedantes, superando los bajos límites de sensibilidad observados con la hibridación molecular cuando la concentración de los fitoplasmas es baja en las muestras procesadas (Lee *et al.*, citados por Martínez, 1999).

### **Métodos de combate de punta morada.**

El control de las enfermedades causadas por fitoplasmas depende exclusivamente del uso de semilla libre de estas enfermedades. Para esto, la producción de semilla debe realizarse en zonas que se sabe que están libres del vector y debe eliminarse toda planta que muestre algunos de los síntomas descritos. En tubérculos en brotación, deben eliminarse aquellos que muestren principalmente proliferación de brotes y brotes ahilados (Salazar, 1996).

El control de vectores no es una medida práctica, dado que todavía no está comprobado al cien por ciento que esta enfermedad es transmitida por estas chicharritas, y cual Género en especial. Quizás sólo pueda emplearse en condiciones donde el vector permanece o forma colonias en el cultivo. Este podría ser el caso de *R. solani* en las zonas productoras de semilla en Perú. En



cultivos dedicados al cultivo comercial no hay ninguna ventaja en el control de fitoplasmas. Solamente pudiese ser ventajoso eliminar plantas con síntomas en cultivos para procesamiento industrial, ya que algunos fitoplasmas aparentemente causan pérdidas de la calidad de los tubérculos.

### **Control químico.**

La aplicación al suelo de insecticidas granulados ha demostrado ser efectiva para disminuir la incidencia de la enfermedad, tal es el caso de Thimet (O,O, dietil, Setil, tiometil fosforoditioato) que resultó en una reducción de hasta 32% de la incidencia de la enfermedad en campo, (Holymann, citado por Martínez, 1999). También Aldicarb aplicado al suelo demostró reducir la incidencia en un 40% (Cadena, citado por Martínez, 1999) y más reciente el Imidacropid.

### **Antioxidantes**

El sistema de defensa antioxidante está constituido por un grupo de sustancias que al estar presentes en concentraciones bajas con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen significativamente la oxidación de este. Como Sustrato oxidable se pueden considerar casi todas las moléculas orgánicas o inorgánicas que se encuentran en las células vivas, como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y las moléculas de ADN. Los antioxidantes impiden que otras moléculas se unan al oxígeno, al reaccionar-interactúan más rápido con los radicales libres del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno que con el resto de las moléculas presentes, en un determinado microambiente –membrana plasmática, citosol, núcleo o líquido extracelular. La acción del antioxidante es de sacrificio de su propia integridad molecular para evitar alteraciones de moléculas-lípidos, proteínas, ADN, etc.- funcionalmente vitales o más importantes. Su acción la realizan tanto en medios hidrofílicos como hidrofóbicos.

## Ácido ascórbico

El ácido ascórbico o vitamina C, es una vitamina hidrosoluble presente en frutas y vegetales tales como los cítricos y las verduras frescas. El ácido ascórbico es un antioxidante y captador de radicales libres y es considerado en este sentido más eficaz que la vitamina E o el beta-caroteno. El ácido ascórbico es esencial para mantener la integridad del organismo, en especial para la reparación de los tejidos y la formación de colágeno, dado que el hombre no puede sintetizar el ácido ascórbico, la carencia del mismo ocasiona una enfermedad carencial, el escorbuto.

En plantas el ácido ascórbico o ascorbato (AA) está presente en: cloroplastos, citosol, vacuolas y espacio apoplástico. En las células de las hojas, el 90% del AA está localizado en el citoplasma, pero a diferencia de otros antioxidantes una proporción importante es exportada hacia el apoplasto, donde está presente en concentraciones milimolares. El AA es quizá, el antioxidante no enzimático más importante en las plantas, que participa en la defensa contra el estrés oxidativo tanto biótico como abiótico, por su función en la degradación del  $H_2O_2$  vía el ciclo del glutatión- ascorbato (Foyer et al., 1983; Foyer y Lelandais, 1993; Foyer y Noctor, 2000; Smirnoff, 2000).

El AA también participa en muchos procesos fisiológicos tales como: fotosíntesis, cofactor enzimático, homeostasis del sistema redox (Smirnoff y Wheeler, 2000) y como precursor en las rutas de síntesis de moléculas del metabolismo primario y secundario (Noctor y Foyer, 1998). El AA también está involucrado en el crecimiento, desarrollo y modulación del ciclo celular y/o división celular así como en la elongación celular (Kato y Esaka, 1999).

Se ha propuesto que el AA del apoplasto es la primera defensa contra el daño potencial de oxidantes externos como el ozono,  $SO_2$  y  $NO_2$  (Barnes et al., 2002). En el apoplasto el AA es oxidado a monodehidroascorbato (MDHA) por la enzima ascorbato oxidasa (AO), el MDHA es un radical altamente inestable

que rápidamente se convierte en dehidroascorbato (DHA) y AA, el DHA es entonces transportado al citosol a través de la membrana plasmática por acarreadores específicos, los cuales de preferencia translocan la forma oxidada por un intercambio de la forma reducida, esto asegura un flujo continuo de poder reductor en la pared celular (Horemans et al., 2000). No es clara la función biológica de la AO, sin embargo, se cree que participa en la elongación celular por su localización extracelular y su alta actividad en tejidos en expansión (Kato y Esaka, 1999). Estudios recientes en plantas de tabaco que sobre expresan AO, mostraron tener una elongación más rápida que la forma silvestre (Kato y Esaka, 2000). Se piensa que algunos mecanismos por los cuales el AO controla el crecimiento celular están relacionados con el MDHA generado por AA y AO en el apoplasto el cual estimula el crecimiento celular a través del incremento del volumen de la vacuola (Hidalgo et al., 1989) y la absorción de iones causada por la despolarización de la membrana plasmática, además, al DHA se le considera responsable del alargamiento celular por permitir el reacomodo de la pared celular. Así el AA ha sido propuesto como el antioxidante más importante en el apoplasto de hojas y tallos, y su oxidación vía AO puede ser importante en facilitar la expansión celular (Pignocchi *et al.*, 2003 y 2006). Además, existen evidencias de que el AA modula grupos de genes involucrados en la respuesta de defensa en *Arabidopsis* (Pignocchi et al., 2003).

## **Peroxidasa**

En las plantas, las peroxidasas se encuentran principalmente en: citoplasma, pared celular, retículo endoplásmico, aparato de Golgi, cloroplastos y vacuolas, su distribución está asociada a diferentes funciones fisiológicas (Sgherri *et al.*, 2001), tales como: abscisión de flores y hojas, senescencia, dominancia apical, dormancia, desarrollo de frutos, germinación y desarrollo, respuesta de resistencia a patógenos, y tolerancia al frío (Mehlhorn *et al.*, 1996).

Las peroxidasas convierten al  $\text{H}_2\text{O}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  con la ayuda de un sustrato específico ( $\text{RH}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{R} + 2\text{H}_2\text{O}$ ) el cual se utiliza para clasificarlas. Las principales peroxidasas dependiendo del sustrato que utilizan como donador de electrones son: la glutatión peroxidasa (GPX), ascorbato peroxidasa (APX) y la guaiacol peroxidasa (Mehlhorn *et al.*, 1996).

La glutatión peroxidasa: contiene selenio y es primordial para remover el  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el citosol y mitocondrias de mamíferos. En las plantas la actividad de la glutatión peroxidasa ha sido encontrada sólo en pocos casos (Willekens *et al.*, 1995; Foyer *et al.*, 1997).

La guaiacol peroxidasa: forma una gran familia de peroxidasas que tienen poca especificidad de sustrato; éstas son conocidas por funcionar en diferentes reacciones peroxidativas en la célula, remueven al  $\text{H}_2\text{O}_2$  y se encuentran en vacuolas, apoplasto, citosol y pared celular (Asada, 1992; Shigeoka *et al.*, 2002). La reducción de  $\text{H}_2\text{O}_2$  por estas peroxidasas es a través de una serie de donadores de hidrógeno entre ellos los compuestos fenólicos, sin embargo, la función específica de estas isoenzimas y su regulación diferencial permanecen aún desconocidas (Mehlhorn *et al.*, 1996).

La ascorbato peroxidasa: utiliza ascorbato (ácido ascórbico, AA) como donador específico de electrones para reducir al  $\text{H}_2\text{O}_2$ . En esta reacción el AA es oxidado a monodehydroascorbato (MDHA), este es espontáneamente transformado a AA y dehydroascorbato (DHA) El MDHA es también reducido directamente a AA por la acción de la MDHA reductasa (dependiente de la NAD(P)H). La DHA reductasa utiliza al glutatión (GSH) para reducir al DHA a AA. Así, el APX en combinación con el ciclo glutatión-ascorbato (Halliwell-Asada) previene la acumulación de altos niveles tóxicos de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en organismos fotosintéticos.

La actividad de APX generalmente se incrementa con la actividad de otros antioxidantes enzimáticos como la CAT, SOD y la glutatión reductasa en respuesta a varios factores de estrés, esto sugiere que los componentes para desintoxicar las ERO forman un sistema que está co-regulado. Se ha encontrado que el incremento de la actividad enzimática de las peroxidasas y otras enzimas está asociado a la aclimatación a frío en plántulas de maíz (Prasad *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1995), en algodón (Payton *et al.*, 2001) y en radículas de plántulas de pepino (Kang y Saltveit, 2002); y en papa la actividad enzimática de la APX es inducida por baja temperatura, durante el almacenamiento de los tubérculos (Kawakami *et al.*, 2002) y la dormancia de la papa (Beltran *et al.*, 2000).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en dos ciclos de cultivo durante los años 2009 y 2010.

Así para el 2009 se describe en seguida lo correspondiente al capítulo tal como:

### Localidad

Se estableció, en el Campo Experimental Saltillo ubicado en el Ejido Emiliano Zapata, municipio de Arteaga, Coahuila que se localiza a 25° 14' LN y 100° 35' LO, a una altitud de 2200 msnm. El clima es templado subhúmedo con precipitaciones todo el año.

### Material genético

Se utilizó la variedad Vivaldi bajo condiciones de riego. La fecha de siembra fue el 27 de mayo, en el ciclo primavera-verano 2009. La semilla utilizada fue de segunda categoría (35-45 mm).

### Diseño experimental

El diseño utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 15 m de largo y la útil los dos surcos centrales de 10 m. la distancia de plantación fue de 0.30m entre planta y 0.92m entre surcos. Se monitorearon, semanalmente a través del ciclo los vectores paratiroza, pulgones y chicharritas, mediante trampas amarillas.

## Manejo del cultivo

El manejo fue de acuerdo a las recomendaciones del Campo Experimental Saltillo (Parga *et al.*, 2005).

## Control de plagas y enfermedades

Los fungicidas y bactericidas para la prevención de enfermedades del suelo se aplicó insecticida sistémico preventivo al momento de la siembra y posteriormente a los 15 días de emergencia se realizaron dos aplicaciones de insecticidas hasta el desvare (no se realizaron aplicaciones en las parcelas del testigo sin aplicación) y las aplicaciones de fungicidas, se realizaron a través del ciclo para el control del tizón tardío.

## Tratamientos.

Se utilizó ácido ascórbico y peróxido de hidrogeno (peroxidasa) a dos dosis, un tratamiento con aplicación de insecticida y uno más sin aplicación de insecticidas o antioxidantes. Las aplicaciones de los antioxidantes fueron dos veces por semana a partir de la emergencia y hasta la muerte de la planta. Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes (Cuadro 3.1):

Cuadro 3.1.- Tratamientos y dosis de antioxidantes evaluados bajo condiciones de campo ciclo 2009.

Tratamiento	Producto	Dosis
P1D1 (1)	Ácido ascórbico	3gr
P1D2 (2)	Ácido ascórbico	6gr
P2D1 (3)	Peroxidasa	170 $\mu$
P2D2 (4)	Peroxidasa	340 $\mu$
(5)	Con aplicaciones de insecticidas	Dos veces por Semana.
(6)	Sin aplicaciones de insecticidas	

Los parámetros evaluados fueron:

Días a inicio de síntomas (DIS). Días de la emergencia a la aparición de los primeros síntomas (decoloración o enrollamiento de las hojas).

Días a muerte de planta (DMP). Días transcurridos desde la emergencia a muerte de la planta.

Días de inicio de síntomas a marchitez de planta (ISM). Son los días al observar los primeros síntomas (decoloración o enrollamiento de las hojas) a la muerte de la planta.

Altura (ALT) Es la altura final ha desvare o muerte de la planta expresada en cm.

Cobertura (COB) cm. Es el diámetro de la planta a los 60 días después de emergencia o muerte de la planta.

Producción total, comercial y por categorías (t/ha). Primera (mayor de 360 gr), segunda (141 a 230 gr), tercera (71 a 140 gr), cuarta (40 a 70 gr), tejocote (menos de 30 gr), mono (papa deforme).

Gravedad específica (G.ES). Se estimó mediante la fórmula:  $\frac{\text{Peso de la muestra de tubérculos en el aire}}{\text{Peso de la muestra de tubérculos en el agua} - \text{Peso de la muestra de tubérculos en el aire}}$ , propuesta por Gould y Plimpton (1985).



## Ciclo 2010

Posterior a la determinación del efecto de los antioxidantes se procedió a establecer los mejores tratamientos en una superficie mayor para tratar de validar la información obtenida.

## Localidad

La parcela de validación se estableció bajo condiciones de riego con un productor cooperante en el valle de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León ubicado en las coordenadas 24°50' latitud norte y 100°04' longitud oeste, a una altura de 1655 msnm, con un clima templado con lluvias de verano y una temperatura promedio de 19C° . Se utilizó la variedad Fiana. La parcela de validación fue de una hectárea.

## Fecha de siembra

La fecha de siembra fue el 28 de mayo, en el ciclo primavera-verano 2010. La semilla utilizada fue de tercera categoría (28-35 mm), a una distancia de 0.15 entre planta y 0.92 m entre surcos.

Se monitorearon, semanalmente a través del ciclo los vectores paratiroza, pulgones y chicharritas, mediante trampas amarillas.

## Manejo del cultivo

El manejo del cultivo y aplicación de insumos (intervalo y dosis de agroquímicos), fue a criterio del productor.

## Tratamientos

Las aplicaciones de los antioxidantes fueron semanalmente a partir de los 15 días después de la emergencia hasta la madurez fisiológica (105 días después de la emergencia). Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes (Cuadro 3.2):

Cuadro 3.2.- Tratamientos y dosis de antioxidantes evaluados bajo condiciones de campo ciclo 2010.

Tratamiento	Producto	Dosis/ha
1	Ácido ascórbico	150 gr
2	Peroxidasa	8.5 ml
3	Peroxidasa	17.0 ml
4	Testigo sin aplicación de antioxidantes.	

Los parámetros evaluados fueron:

Altura (ALT). Es la media de altura de 30 plantas por parcela a los 80 días después de emergencia (en cm).

Producción total, comercial y por categorías (t/ha). Primera (mayor de 360 gr), segunda (141 a 230 gr), tercera (71 a 140 gr), cuarta (40 a 70 gr), tejocote (menos de 30 gr), mono (papa deforme). Para la estimación del rendimiento se realizaron tres sub muestreos (dos surcos de 10m de largo) aleatorios por parcela.

### **Análisis estadístico**

Con los datos obtenidos, se efectuaron análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas, utilizándose un diseño de bloques al azar bajo el paquete estadístico (SAS) ver 9.0 con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Observación del i – ésimo genotipo en la j – ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto de j - ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental.

$i = 1 \dots \dots g$  (genotipos).

$j = 1 \dots \dots r$  (repeticiones).

Se realizaron pruebas de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey al nivel de probabilidad 0.05, la cual se rige por la siguiente fórmula:

$$T_o = q\alpha S_x$$

$$T_o = q\alpha \sqrt{\frac{S^2}{r}}$$

Donde :

$q\alpha$  = valor tabular

$\bar{S}_x$  = error estandar

$S^2$  = cuadrado medio del error

R = Numero de repeticiones

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### (Ciclo 2009)

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados de los análisis de varianza de las variables de producción evaluadas: Gravedad específica (G.ES), Primera Categoría (PRIM), Segunda Categoría (SEG), Tercera Categoría (TER), Cuarta Categoría (CUA), Tejocote (TEJO), Comercial (COM), Total (TOTAL), en la cual se presentaron diferencias altamente significativas para: PRIM, SEG, TER, CUA, COM y TOTAL, y no se encontraron diferencias para G. ES y TEJO, otros trabajos con este cultivo han presentado diferencias únicamente en tercera categoría, la diferencia se presentó entre las repeticiones y entre tratamientos como son el caso de Rodríguez *et al.* (2004); con respecto a las repeticiones no se encontraron diferencias entre ninguna de las variables.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia de las variables de producción estudiadas en el ciclo 2009.

FV	GL	G. ES	PRIM	SEG	TER	CUA	TEJO	COM	TOTAL
REP	2	0.007	0.549	2.055	1.578	0.346	0.036	1.843	3.059
TRAT	5	0.011	6.308**	23.722**	18.172**	14.241**	0.038	93.760**	95.105**
ee	10	0.008	0.300	1.688	0.800	0.795	0.113	2.358	5.279

\*= significancia al 95% de probabilidad. \*\*= significancia al 99% de probabilidad.

Enseguida se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para las diferentes variables agronómicas estudiadas en el ciclo 2009.

**Rendimiento de Primera Categoría (PRIM)** En la prueba de medias para los tratamientos, se formaron 3 grupos de significancia, quedando en el primer grupo de significancia el tratamiento con peroxidasa 340 $\mu$  y peroxidasa 170  $\mu$  y en el último grupo los tratamientos Ac. Ascórbico 3 gr, Ac. Ascórbico 6 gr y el tratamiento sin insecticida, como muestra el Cuadro 4.2, en comparación

con Martínez (1994) existe una gran diferencia al obtener un promedio de 15.10 ton/ha, la diferencia se le atribuye a factores como la variedad utilizada, el tratamiento que se le dio al cultivo, ya que Martínez utilizó productos químicos como Humiplex 50g, efectivo para mayor asimilación de nutrientes y raizal 400 que es un bioestimulante para la planta, además de fertilizantes e insecticidas dándole así las condiciones necesarias para un buen desarrollo del cultivo, entre otras cosas. Actualmente y debido a lo complejo de la punta morada de la papa los rendimientos totales oscilan entre 9.238 ton/ha según resultados de Parga (2009) por lo que los resultados aquí obtenidos pueden considerarse aceptables tratándose de rendimientos de una sola categoría.

Cuadro 4.2.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de primera categoría de papa

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Peroxidasa 340 $\mu$	3.516	A
Peroxidasa 170 $\mu$	2.083	A
Con insect	1.426	B
Ac. Ascórbico 3 gr	0.000	C
Ac. Ascórbico 6 gr	0.000	C
Sin insec	0.000	C

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Segunda Categoría (SEG):** al realizar la prueba de media, se formaron tres grupos de significancia, quedando en el primer grupo los tratamientos con insecticida, Peroxidasa 170 $\mu$  y Peroxidasa 340 $\mu$  y en el último grupo el tratamiento sin insecticida (Cuadro 4.3) estos resultados coinciden con Martínez (1994) quien obtuvo rendimientos similares a estos a pesar de que existe una gran diferencia entre los productos que se utilizaron, aunque para este caso el tratamiento que mejor resultado mostró fue el que se le aplicó insecticida, esto nos indica que probablemente hubo incidencia de insectos vectores de enfermedades y se le atribuye a ellos el bajo rendimiento de el resto de los tratamientos.

Cuadro 4.3.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de segunda categoría de papa

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Con insect	8.650	A
Peroxidasa 170 $\mu$	7.033	A
Peroxidasa 340 $\mu$	6.883	A
Ac. Ascórbico 6 gr	3.817	B
Ac. Ascórbico 3 gr	3.777	B
Sin insec	1.017	C

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Tercera Categoría (TER):** la prueba de medias reportó 2 grupos de significancia dentro de las cuales el tratamiento con Ac. Ascórbico 3 gr, se encuentra en primer lugar del primer grupo, y únicamente el tratamiento sin insecticida se ubica en el segundo grupo de significancia, tal como muestra el Cuadro 4.4 esto difiere con Romero *et al.* (2012) quienes reportaron rendimientos para esta categoría de 16 ton/ ha, en la cual evaluaron dosis de fungicidas para contrarrestar enfermedades como tizón tardío. Los resultados aquí obtenidos sugieren que el uso de antioxidantes como el ácido ascórbico, que en concentración de 3gr fue altamente efectivo para el rendimiento de tercera categoría; aunque el resto de los tratamientos también muestran datos favorables, a excepción del tratamiento sin insecticida el cual corrobora que el nulo control de insectos, posibles vectores de enfermedades fue la principal limitante de producción; aunque la diferencia de variedades utilizadas por Romero y las que aquí se usaron además de la diferencia de localidades pueden ser factor de las diferencias en cuanto a rendimiento.

Cuadro 4.4.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de tercera categoría de papa

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Ac. Ascórbico 3 gr	10.000	A
Peroxidasa 170 $\mu$	8.783	A
Peroxidasa 340 $\mu$	7.933	A
Ac. Ascórbico 6 gr	7.833	A
Con insect	7.550	A
Sin insec	2.800	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Cuarta Categoría (CUA):** en la comparación de medias se formaron tres grupos de significancia, encontrando únicamente en el primer grupo al tratamiento con, Ac. Ascórbico 3 gr y en el último grupo de significancia solamente el tratamiento con insecticida, tal como muestra el Cuadro 4.5, de igual manera que la categoría anterior el tratamiento donde se usó ácido ascórbico 3gr sigue siendo el que da mejores resultados encontrándose por encima de los demás tratamientos, esto es bueno en el sentido de obtener un buen rendimiento con el uso del ácido ascórbico, para obtener rendimientos altos en esta categoría, que si bien no es comercial, puede ser utilizada como semilla. Génova (1982) reporta rendimientos en esta categoría de 170 kg/ ha utilizando diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados y diferentes láminas de riego, esta puede ser uno de los factores de la gran diferencia entre los resultados.

Cuadro 4.5.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de cuarta categoría de papa

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Ac. Ascórbico 3 gr	7.950	A
Peroxidasa 340 $\mu$	4.450	B
Ac. Ascórbico 6 gr	4.200	B
Sin insec	3.933	B
Peroxidasa 170 $\mu$	3.866	B
Con insect	1.126	C

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento en Tejocote (TEJO):** al realizar la prueba de medias, solamente se formó un grupo de significancia, quedando en primer lugar el tratamiento donde se usó Ac. Ascórbico 6 gr y en el último lugar se encuentra el tratamiento con Ac. Ascórbico 3 gr; aunque estadísticamente son iguales al resto de los tratamientos, (Cuadro 4.6). El ácido ascórbico sigue ubicándose en los primeros lugares en resultados solo que en mayor concentración, los rendimientos presentados son datos alentadores para una categoría baja como lo es esta, puesto que las categorías comercializables son los que más interesan.

Cuadro 4.6.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento en tejocote de la papa

Tratamiento	Media(ton/ha)	Grupo de sig.
Ac. Ascórbico 6 gr	0.983	A
Sin insect	0.816	A
Con insect	0.800	A
Peroxidasa 170 $\mu$	0.783	A
Peroxidasa 340 $\mu$	0.783	A
Ac. Ascórbico 3 gr	0.630	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento Comercial (COM):** al realizar la prueba de medias se mostraron cuatro grupos de significancia donde en el primer grupo se encuentra los tratamientos con Peroxidasa 340 $\mu$ , Peroxidasa 170 $\mu$  y el tratamiento con insecticida, y en el último grupo de significancia únicamente se encuentra el tratamiento sin insecticida, tal como se aprecia en el Cuadro 4.7, estos resultados son superiores a los reportados por Domínguez (2011), quien reporta un rendimiento de 15 ton/ ha, lo cual demuestra la eficiencia de los productos utilizados en este trabajo, aunque la diferencia de variedades, productos utilizados, localidades y densidad de población influye de gran manera en los resultados de ambos trabajos, teniendo mayor densidad de plantas el trabajo realizado por Domínguez (2011), quizá en las mismas condiciones los resultados fuesen similares. Es interesante señalar que para



esta categoría, la primera y la segunda los tratamientos con mayor efecto fueron los que utilizaron peroxidasa en 340 $\mu$  y 170 $\mu$  respectivamente, por lo que sugieren que su efecto es de gran efectividad para estas categorías comercializables.

Cuadro 4.7.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento comercial de la papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Peroxidasa 340 $\mu$	18.333	A
Peroxidasa 170 $\mu$	17.900	A
Con insect	17.625	A
Ac. Ascórbico 3 gr	13.775	B
Ac. Ascórbico 6 gr	11.650	C
Sin insect	3.817	D

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento Total:** para esta variable se formaron tres grupos de significancia en la cual los tratamientos con Peroxidasa 340 $\mu$  y peroxidasa 170 $\mu$  se ubicaron en el primer grupo, y el tratamiento sin insecticida se encuentra en el último grupo de significancia tal como lo muestra el Cuadro 4.8, al igual que la categoría comercial el total del rendimiento produjo los mejores resultados utilizando la peroxidasa, pero en una concentración de 340 $\mu$ , lo cual es conveniente ya que los mejores rendimientos se dieron en las mejores categorías que es donde se desean. Otros reportes con este antioxidante han mostrado que en plantas positivas a fitoplasmas aumenta la calidad, el rendimiento, contenido de almidón y lignina en los tubérculos sin presentar síntomas tóxicos (Romero y López, 2009), por lo que se confirma su potencial para inducir la tolerancia a enfermedades.

Domínguez (2011) muestra rendimientos totales de 29.66 ton/ha lo cual supera los rendimientos aquí mostrados, esto quizá se deba a la mayor densidad de plantas principalmente, aunque también interviene el manejo que se le dio y la variedad utilizada, en cuanto el tratamiento sin insecticida produjo el menor rendimiento esto pudo haber sido por un mayor ataque de plagas y / o enfermedades.

Cuadro 4.8.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para el rendimiento total de la papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de sig.
Peroxidasa 340μ	23.567	A
Peroxidasa 170μ	22.550	A
Ac. Ascórbico 3 gr	22.355	A
Con insect	19.550	A
Ac. Ascórbico 6 gr	16.833	B
Sin insect	8.567	C

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Gravedad específica (G.ES):** al realizar la prueba de medias para los tratamientos se formó un solo grupo de significancia donde el tratamiento sin insecticida apareció en primer lugar, aunque estadísticamente igual al resto de los tratamientos, como se puede apreciar en el Cuadro 4.9. La gravedad específica es importante debido que se relaciona con la calidad de los tubérculos y está muy relacionada con la cantidad de materia seca como almidón y azúcares entre otros y estos a su vez dependen de la capacidad que tiene la planta de fotosintetizar, así que cuanto mayor capacidad tenga la planta de fotosintetizar y mandar azúcares al tubérculo para formar almidón mayor será el potencial de peso específico (<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp>). Estudios previos han reportado valores de 1.0775 para este cultivo (Davenport, 2000)

Cuadro 4.9.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de gravedad específica de la papa.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de sig.
Sin insec.	0.833	A
Ac. Ascórbico 6 gr	0.750	A
Ac. Ascórbico 3 gr	0.750	A
Con insec.	0.683	A
Peroxidasa 340μ	0.683	A
Peroxidasa 170μ	0.683	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

En el Cuadro 4.10 se muestran las variables agronómicas evaluadas en el ciclo 2009; días a inicio de síntomas (DIS), días a muerte de la planta (DMP), días de inicio de síntomas a muerte de la planta (ISMP), altura (ALT), cobertura (COB). Encontrando diferencias significativa para altura (ALT), y diferencias altamente significativas para días a inicio de síntomas (DIS), días de inicio de síntomas a muerte de la planta (ISMP) y cobertura (COB), sugiriendo la diversidad de respuestas de los tratamientos a dichas variables. Entre repeticiones no se reportaron diferencias.

Cuadro 4.10.- Cuadrados medios y significancia de las variables agronómicas estudiadas en el ciclo 2009

FV	GL	IDS	MP	ISM	ALTURA	COBERTURA
REP	2	0.889	0.222	1.555	31.715	23.908
TRAT	5	193.389**	357.922**	57.022	155.522*	79.136**
ee	10	0.889	23.155	21.822	31.323	10.998

\*= significancia al 95% de probabilidad. \*\*= significancia al 99% de probabilidad.

**Días a inicio de síntomas (DIS):** al comparar las medias obtenidas en esta variable se formaron dos grupos de significancia, donde todos los tratamientos superan a la no aplicación de insecticida, por lo que se ubicó en el último grupo de significancia el tratamiento sin insecticida como muestra el Cuadro 4.11, resaltando el hecho de que todos los tratamientos tuvieron una media de 40 días para que iniciaran los síntomas de la punta morada, a excepción del tratamiento sin insecticida que desde los 20 días a partir de que emergió mostró síntomas, quizá por un mayor ataque de insectos vectores de dicha enfermedad, aunque también la sintomatología en planta y tubérculo, puede ser causada por los virus y fitoplasmas (Bokx, 1980; citado por Parga, 2009 ), así como por la bacteria *Xilella fastidiosa* . Esta última también reportada como inductora de los síntomas característicos del síndrome de la punta morada (Secor *et al.*, 2006). Razón por la cual, los productores tienden a realizar una serie indiscriminada de aplicaciones químicas para su control. (Parga, 2009).

Cuadro 4.11.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para DIS de la papa.

Tratamiento	Media (días )	Grupo de sig.
Con insect	40.000	A
Ac. Ascórbico 3 gr	40.000	A
Ac. Ascórbico 6 gr	40.000	A
Peroxidasa 170 $\mu$	40.000	A
Peroxidasa 340 $\mu$	40.000	A
Sin insec	20.333	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Días a muerte de la planta (DMP):** en esta variable se formaron dos grupos de significancia, donde nuevamente solo el tratamiento sin insecticida se ubicó en el segundo grupo de significancia, (Cuadro 4.12); aquí los tratamientos tratados con antioxidantes fueron los que mejor resultados mostraron, superando incluso al tratamiento con aplicaciones de insecticidas lo cual sugiere un lento desarrollo de la enfermedad o la presencia de características poco atractivas para vectores (Parga, 2009).

Cuadro 4.12.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para DMP de la papa

Tratamiento	Media (días)	Grupo de sig.
Peroxidasa 170 $\mu$	86.333	A
Peroxidasa 340 $\mu$	84.667	A
Ac. Ascórbico 6 gr	80.333	A
Ac. Ascórbico 3 gr	80.333	A
Con insect	75.667	A
Sin insect	56.333	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Días Inicio de Síntomas a Marchitez de la Planta (ISMP):** en esta característica se formó un solo grupo de significancia donde en primer lugar se encuentra el tratamiento con Peroxidasa 170 $\mu$  y en el último el tratamiento con

insecticida, aunque estadísticamente no hay significancia (Cuadro 4.13); los tratamientos con peroxidasa parecen ser los que proporcionan un intervalo más holgado en cuanto a supervivencia a partir que iniciaron los síntomas, esto probablemente se refleje en mayor tiempo para mandar fotosintatos al tubérculo para un buen desarrollo y con ello buen rendimiento.

Cuadro 4.13.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para ISMP de la papa

Tratamiento	Media (días)	Grupo de sig.
Peroxidasa 170 $\mu$	46.333	A
Peroxidasa 340 $\mu$	44.667	A
Ac. Ascórbico 6 gr	40.333	A
Ac. Ascórbico 3 gr	40.333	A
Sin insect	36.000	A
Con insect	35.667	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Altura (ALT):** la comparación de medias mostró dos grupos de significancia, con el tratamiento sin insecticida ubicado en el segundo grupo de significancia y con menor promedio que los demás (Cuadro 4.14), el ácido ascórbico pudiera, bajo otras circunstancias, favorecer el crecimiento de la papa, periodo de gran importancia ya que durante el periodo de crecimiento se produce un crecimiento simultaneo de la vegetación y de los tubérculos, habiendo una interrelación entre ambos procesos; un crecimiento temprano de la vegetación ocasiona poco desarrollo en la vegetación y viceversa (Arce, 2002) aunque para este caso el crecimiento vegetativo fue el óptimo tratándose de una variedad de crecimiento determinado.

Cuadro 4.14.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para la altura de la papa

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de sig.
Ac. Ascórbico 6 gr	54.200	A
Ac. Ascórbico 3 gr	52.933	A
Peroxidasa 340 $\mu$	51.333	A
Peroxidasa 170 $\mu$	49.200	A
Con insect	42.133	A
Sin insect	35.733	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Cobertura (COB):** se reportaron 2 grupos de significancia y dentro del primer grupo se ubicaron la mayoría de los tratamientos y en el segundo grupo de significancia se encuentra únicamente el tratamiento sin insecticida (Cuadro 4.15). En lo que respecta a lo vegetativo como lo es la cobertura total la aplicación de algún antioxidante o insecticida es necesario para estimular o proteger su desarrollo; esto es importante ya que la producción de materia seca es un resultado de la eficiencia del follaje en la intercepción de la radiación solar, entre mas cobertura en follaje más fotosintetiza la planta aunque puede ser influenciada por la arquitectura de la planta, la respiración, manejo del cultivo entre otras (Gardner *et al*, 1985). El índice de área foliar óptimo es aquel que soporta la máxima tasa de materia seca, y esto se logra cuando el cultivo intercepta toda la radiación fotosintéticamente activa disponible (Clavijo, 1989)

Cuadro 4.15.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para la cobertura de la papa

Tratamiento	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupo de sig.
Peroxidasa 170 $\mu$	45.817	A
Ac. Ascórbico 6 gr	45.700	A
Peroxidasa 340 $\mu$	45.433	A
Con insect	43.733	A
Ac. Ascórbico 3 gr	43.500	A
Sin insect	32.500	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

### (Ciclo 2010)

En el cuadro 4.16 se presentan los resultados de los análisis de varianza realizadas para las variables de producción evaluadas durante el ciclo de validación 2010; Primera (PRIM), segunda (SEG), Tercera (TER), Cuarta (CUA), Tejocote (TEJ), MONO (MONO), Comercial (COM) y Total (TOTAL). Presentando diferencias significativas únicamente para lo que viene siendo papa deforme (MONO), otros trabajos como el realizado por (Guillen, 2011) con extractos de algas marinas muestran diferencias en segunda, tercera categoría y para el total del rendimiento. En cuanto a las repeticiones no se encontraron ninguna diferencia significativa.

Cuadro 4.16.- Cuadrados medios y significancia de las variables de producción estudiadas durante el ciclo 2010

FV	GL	PRIM	SEG	TER	CUA
REP	2	1557958.35	2255945.436	286604.93	5771288.26
TRAT	3	6062859.46	3072969.191	21571778.21	2669777.38
ee	6	5052555.57	4990397.53	5767223.90	2399840.48

  

TEJ	MONO	COM	TOTAL
273911.4203	26227.436	6837424.87	2262784.03
185057.5202	889386.536*	12943655.54	24887894.69
278600.479	141337.933	21235098.3	27155204.1

\*= significancia al 95% de probabilidad.

**Rendimiento de Primera Categoría (PRIM):** En este ciclo la prueba de medias solamente formó un grupo de significancia, quedando en primer lugar el tratamiento 1 con Ácido ascórbico 150 gr y en el segundo grupo el tratamiento 2 con Peroxidasa 8.5 ml como aparece en el Cuadro 4.17. La mayor producción la presentan los tratamientos de ácido ascórbico 150 gr/ha y la peroxidasa 17 ml/ha en comparación del ciclo anterior la diferencia en rendimiento es notable ya que se elevó al doble en todos los tratamientos, esto quizá se deba al cambio en las concentraciones de los antioxidantes, donde claramente se ve

que esta concentración está funcionando mejor que la del ciclo anterior, aunque estos resultados también se pueden deber a las aplicaciones de agroquímicos la cual fue tomada a criterio del productor y quizá se tuvo un mayor control y con eso una menor incidencia de enfermedades y esto conlleva a un mayor rendimiento. Estos rendimientos son superados por un promedio de 4 ton/ ha según datos reportados por Guillén (2011) aunque esta diferencia puede deberse a que manejo 4 categorías y aquí se manejaron 6.

Cuadro 4.17.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de primera categoría de Papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Acido ascórbico 150 gr	6.016	A
Peroxidasa 17.0 ml	5.246	A
Testigo sin aplic de ant	3.375	A
Peroxidasa 8.5 ml	3.100	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Segunda Categoría (SEG):** La comparación de medias mostró un solo grupo de significancia en el cual el tratamiento 4 sin aplicaciones de antioxidantes ocupa el último lugar aunque estadísticamente todos los tratamientos son iguales (Cuadro 4.18) aunque el testigo fue superado por los demás tratamientos, reiterando lo dicho anteriormente, las concentraciones influyeron notablemente respecto al ciclo anterior, aunque el cambio de variedad influye en gran manera esto alienta a seguir con este tipo de investigaciones ya que los resultados obtenidos en este ciclo son muy positivos, tomando en cuenta que las enfermedades en especial la punta morada puede afectar desde un 30 a 100% de la producción en las zonas de Coahuila y Nuevo León (Sánchez, 2010).



Cuadro 4.18.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de segunda categoría de Papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 17.0 ml	7.326	A
Peroxidasa 8.5 ml	6.201	A
Acido ascórbico 150 gr	5.535	A
Testigo sin aplic de ant	4.971	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Tercera Categoría (TER):** las comparaciones de medias de igual manera se formó un solo grupo de significancia siendo el tratamiento 3 con Peroxidasa 17.0 ml el de menor resultado, aunque sigue siendo igual estadísticamente al resto de los tratamientos (Cuadro 4.19) de manera independiente esta categoría fue la que más rendimiento presento con el tratamiento con peroxidasa 8.5 ml, el testigo también figuró dentro de los más rendidores esto pudo deberse a que el productor tuvo un buen monitoreo de insectos y con ello las aplicaciones fueron en tiempo y debidamente y/o la incidencia de vectores fue baja permitiendo un buen desarrollo trayendo con esto una buena producción de tubérculos, esto favorece a los productores debido que esta categoría entra dentro de la comercial, sucediendo lo contrario al ciclo anterior donde el ácido ascórbico dió mejores resultados. Esto concuerda con los resultados de Guillén (2011) quien también obtuvo un promedio de 13 ton/ ha para esta categoría, resaltando que consideró un rango mayor en cuanto al tamaño de esta categoría, que da a pensar que en condiciones iguales quizá hubiese sido mejor los antioxidantes.

Cuadro 4.19.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de tercera categoría de papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	13.605	A
Testigo sin aplic de ant	9.602	A
Acido ascórbico 150 gr	7.955	A
Peroxidasa 17.0 ml	7.889	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Cuarta Categoría (CUA):** La comparación de medias solamente mostro un grupo de significancia, en el cual el tratamiento 2 que contiene Peroxidasa 8.5 ml está en primer lugar y el tratamiento 1 con Ácido ascórbico 150 gr en el último lugar del grupo de significancia, pero estadísticamente siguen siendo iguales, así como muestra el Cuadro 4.20, en cuanto a papa chica los resultados son similares al ciclo 2009 a diferencia que en el ciclo anterior el ácido ascórbico figuró en las categorías primera y segunda que son las más comerciales, que en ésta donde se desean los mejores rendimientos, a menos que sea destinado para semilla.

Cuadro 4.20.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de cuarta categoría de papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	7.221	A
Testigo sin aplic de ant	7.104	A
Peroxidasa 17.0 ml	6.763	A
Acido ascórbico 150 gr	5.183	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento en Tejocote (TEJO):** con la prueba de medias solamente se formó un grupo de significancia y nuevamente ubicándose en último sitio el tratamiento 3 que contiene peroxidasa 17ml, como se aprecia en el Cuadro 4.21. Esta categoría que es la más pequeña, sus bajos rendimientos son favorables debido a que no hay un mercado para este tipo de papa. A pesar de tener una densidad de siembra mucho mayor que la anterior es de esperarse una alto rendimiento en categorías pequeñas (Arce, 2002) lo cual aquí no pasó

ya que los resultados son similares al ciclo 2009 mostrando así una mejoría notable en cuanto efectividad de los productos.

Cuadro 4.21.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de tejocote en Papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Acido ascórbico 150 gr	1.008	A
Peroxidasa 8.5 ml	0.811	A
Testigo sin aplic de ant	0.667	A
Peroxidasa 17.0 ml	0.418	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento de Papa Deforme (MONO):** La prueba de medias formó dos grupos de significancia, en la cual el tratamiento 2 con peroxidasa 8.5 ml se encuentra en primer grupo de significancia y el tratamiento 1 acido ascórbico en último lugar del segundo grupo (Cuadro 4.22) reiterando nuevamente, que la peroxidasa causó más efecto en esta categoría donde se encuentran los tubérculos mal formados, donde más que rendimiento vendría representando perdidas, ya que la perdida también se define como la reducción medible en cantidad, calidad o en ambos atributos del rendimiento (Madden *et al.*, 1981)

Cuadro 4.22.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento de mono.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	1.596	A
Testigo sin aplic de ant	1.138	B
Peroxidasa 17.0 ml	0.614	B
Acido ascórbico 150 gr	0.379	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento (COM):** la comparación de medias formo un solo grupo de significancia donde el tratamiento 2 con Peroxidasa 8.5 ml se encuentra en primer lugar y el tratamiento 4 sin aplicación de antioxidantes esta en el último lugar, aunque todos los tratamientos son iguales estadísticamente, como se observa en el Cuadro 4.23, esta categoría está constituida por las tres primeras, y como se ha venido observando la peroxidasa 8.5 ml y 17.0 han dado mejor resultado, cabe destacar que la 2° y 3° categorías resaltan con el 27% y 59% respectivamente del total de la producción comercial, dándole solamente un 13,55% a la primera categoría donde la media más alta figuró el tratamiento con ácido ascórbico, que solamente dio buenos resultados para tubérculos grandes, lo contrario a la peroxidasa que funcionó mejor en tubérculos pequeños, aunque todos superaron al testigo. Estos rendimientos superan al ciclo anterior por 4 ton/ha que transformados en dinero viene siendo una gran ganancia para los productores.

Cuadro 4.23.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para rendimiento comercial de papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	22.907	A
Peroxidasa 17.0 ml	20.461	A
Acido ascórbico 150 gr	19.507	A
Testigo sin aplic de ant	17.949	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Rendimiento Total (TOTAL):** la comparación de medias solamente mostró un grupo de significancia donde el tratamiento 1 con Ácido ascórbico 150 gr se ubicó en último lugar, aunque estadísticamente todos los tratamientos son iguales (Cuadro 4.24) para la suma de todas las categorías anteriores el rendimiento total es bueno superando a los reportados por Domínguez (2011) quien obtuvo un promedio de 29 ton/ha. En los datos que aquí se muestran la mayor parte de la producción los produjo las categorías más pequeñas a partir de la tercera categoría en adelante fue donde actuó

mejor la peroxidasa, por lo contrario el ácido ascórbico sus mejores resultados lo mostró en la primera categoría principalmente, aunque también destacó en la tercera. Cabe mencionar que todos los tratamientos superaron los resultados del ciclo anterior por un promedio de 9 toneladas, esto pudo haberse debido a los cambios en las concentraciones de los productos que se mencionan actuaron de mejor forma.

Cuadro 4.24.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05% de probabilidad para rendimiento total de la papa.

Tratamiento	Media (ton/ha)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	32.535	A
Peroxidasa 17.0 ml	28.257	A
Testigo sin aplic de ant	26.858	A
Acido ascórbico 150 gr	26.078	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

En el Cuadro 4.25 se muestran los análisis de varianza realizados en el ciclo 2010 para las siguientes variables: altura (ALT), Almidón (ALM), Azúcar (AZU) y Sólidos (SOL) mostrando diferencias significativas entre tratamientos para Sólidos (SOL) y altamente significativas para Altura (ALT). Para las repeticiones las diferencias altamente significativas se presentaron de igual manera en Altura (ALT).

Cuadro 4.25.- Cuadrados medios y significancia de las variables agronómicas estudiadas en el ciclo 2010

FV	GL	ALTURA	ALMIDON	AZUCAR	SOLIDOS
REP	2	5.676 **	0.0396	7.012	4.007
TRAT	3	29.531 **	0.254	7.955	9.379 *
ee	6	0.190	0.434	7.001	1.305

\*, \*\* significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente

**Altura (ALT):** La comparación de medias se formaron cuatro grupos de significancia, donde en el primer grupo de significancia se encuentra el tratamiento 3 con Peroxidasa 17.0 ml y en el último grupo está el tratamiento 4 Testigo sin aplicación de antioxidantes (Cuadro 4.26). Para este ciclo la altura también superó al ciclo 2009 por una muy notoria diferencia, tratándose de una variable que está muy relacionada con el rendimiento no dudaría en decir que es una de las causas por las cuales se incremento notablemente el rendimiento en este ciclo este aumento de crecimiento quizá se debió a la incidencia de enfermedades que posiblemente se presentaron de forma más tardía dándole tiempo al cultivo para un mejor desarrollo. Esto se ajusta con los datos presentados por Guillén (2011) con una altura de planta de 68cm quien también obtuvo excelentes rendimientos.

Cuadro 4.26.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para altura de la papa.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de significancia
Peroxidasa 17.0 ml	65.833	A
Peroxidasa 8.5 ml	61.833	B
Ácido ascórbico 150 gr	60.000	C
Testigo sin aplic de ant	58.600	D

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Almidón (ALM):** La prueba de medias solamente se formo un grupo de significancia donde el tratamiento 2 con Peroxidasa 8.5 ml está en primer lugar y el tratamiento 4 testigo sin aplicaciones de antioxidantes en el último lugar pero estadísticamente los cuatro tratamientos son iguales (Cuadro 4.27). El almidón además de ser una importante fuente de energía, tiene gran influencia en factores de calidad (Severini *et al.*, 2005) ya que se relaciona de gran manera con los sólidos totales, para uso industrial los promedios que se piden son de 15% (Senser *et al.*, 2004).

Cuadro 4.27.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de almidón de la papa.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de significancia
Peroxidasa 8.5 ml	1.8500	A
Peroxidasa 17.0 ml	1.5433	A
Ácido ascórbico 150 gr	1.5400	A
Testigo sin aplic de ant	1.1400	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Azucres (AZU):** Al realizar la prueba de medias solamente se formó un grupo de significancia, en la cual el tratamiento 3 que contiene Peroxidasa 17.0 ml está en primer lugar y el tratamiento 1 con Acido ascórbico 150 gr se encuentra en el último lugar aunque estadísticamente son iguales como se aprecia en el Cuadro 4.28. El contenido de azucres es de gran importancia para las frituras ya que la cantidad de estas se relaciona con el grado de oscurecimiento de la fritura, que se desarrolla con el calentamiento (Moreno, 2000). El valor apropiado para azucres debe ser menor a 30% o igual a 20% del peso fresco (Feltran et al., 2004)

Cuadro 4.28.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para porcentaje de azucres en la papa.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de significancia
Peroxidasa 17.0 ml	14.483	A
Testigo sin aplic de ant	13.053	A
Peroxidasa 8.5 ml	11.943	A
Ácido ascórbico 150 gr	10.653	A

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico

**Sólidos (SOL):** Al realizar la prueba de medias se formaron 2 grupos de significancia donde el tratamiento 3 con Peroxidasa 17.0 ml es el mejor del primer grupo, y el tratamiento 2 con Peroxidasa 8.5 ml se encuentra en el último grupo de significancia (Cuadro 4.29). El contenido de sólidos es una de las características más importantes para su procesamiento industrial que en la mayoría de los procesos contenidos altos de sólidos es sinónimo de altos

rendimientos, los valores mínimos para la industria son mayores de 20%, esta se relaciona de manera directa con la gravedad específica.

Cuadro 4.29.- Resultados de la comparación de medias mediante Tukey al 0.05 de probabilidad para % sólidos de la papa.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de significancia
Peroxidasa 17.0 ml	25.320	A
Testigo sin aplic de ant	24.807	A
Ácido ascórbico 150 gr	23.106	A
Peroxidasa 8.5 ml	21.423	B

Literales iguales pertenecen al mismo grupo estadístico



## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que los antioxidantes tienen efectos favorables en el cultivo de papa, y es posible reducir el efecto de la punta morada, esto se reflejó principalmente en los rendimientos, siendo la peroxidasa la que mejor efecto tuvo en el ciclo 2009 como también para el ciclo de validación donde los resultados mejoraron en comparación con el ciclo anterior resaltando los tratamientos con peroxidasa a las dosis de 8.5 y 17 ml tanto para rendimientos y tolerancia a enfermedades. El ácido ascórbico 150 gr /ha y peroxidasa 17 ml/ha produjeron la mayor cantidad de tubérculos de primera y segunda categoría y la peroxidasa 17ml/ incrementó el contenido de sólidos en los tubérculos.

La aplicación de estos productos tuvo efectos positivos en la reducción de enfermedades, reflejándose en aumento de producción, características agronómicas y calidad del los tubérculos. Además de usar variedades tolerantes se recomienda su utilización como complemento en la reducción del uso de agroquímicos en la prevención y control de enfermedades.

## LITERATURA CITADA

Agrios, N.G., 1985, Fitopatología, Limusa, México, DF

Almeyda L., I. H.; Sánchez S., J. A. y Garzón T., J. A. 2004. Detección molecular de fitoplasmas en papa. *In: XXI Semana Internacional del Parasitólogo. Memorias del simposio punta morada de la papa. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 4–13.*

Almeyda, LIH; Rubio, O; Cárdena, H.M.A; Díaz, M; Zavala. T. E; Rocha, PMA; Diaz. A. 1999. Implementación de técnicas moleculares para la detección del agente causal de la punta morada de la papa en plantas e insectos vectores. Proyecto de investigación, laboratorio de patología molecular- Monterey, INIFAP, p. 19

Anderson. M.D; Prasad. T. K and Stewart. C. R. 1995. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. *Plant Physiology*. 109:1247-1257.

Andrade. H.B. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. *Revista INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-Ecuador) 9:21-23.*

Anónimo 1998. La papa en México, un cultivo con potencialidad. En: *Revista Claridades Agropecuarias*. Ed. Abriendo surcos, México. Pp. 3 – 15.

Arce. F.A 2002. *El Cultivo de la Patata 2º Edición*, Mundiprensa, México. P.72

- Asada K. 1992. Ascorbate peroxidasa: a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. *Physiologia Plantarum*. 85:235-241
- Báez. P. M 1983. La papa *Solanum tuberosum*. Monografía de Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, p. 1-5
- Barnes J.D, Zheng Y and Lyons T.M. 2002. Plant resistance to ozone: the role of ascorbato. In K Omasa, H Saji, S Youssefian, N Kondo, eds, *Air Pollution and Plant Biotechnology*. Springer-Verlag, Tokyo, pp 235-254.
- Beltran. J. A, Dejaeghere F, Abd Alla Kotb M and Du Jardin. P. 2000. Expression and activity of antioxidant enzymes during potato tuber dormancy. *Potato Research*.43: 383-393
- Bolaños C. J. 2006. El Cultivo de Papa. En *Revista de Riego, Protección y Nutrición de Hortalizas y Frutas*. México. P.12 – 14.
- Borrows. M. E; Zitter. 2005. Problemas de virus en papa. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Departamento de Patología Vegetal, Universidad de Cornell.
- Borruey. A., Cotrina. F., Mula. J; Vega. C. 2000. Calidad industrial y culinaria de las variedades de patata, pp. 1-15. In: Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria–Gastéis, España.
- Brenchley. G. H. 1968. Aerial photography for the study of plant diseases. *Annual Review of Phytopathology*. 6: 1-22.
- BU-Contreras. R; Rao. M.A. 2002. Dynamic rheological behaviour of heated potatoes. *Food Science and Technology International* 8:3-10.

- Cadena. H. M. A y Galindo. A. J. 1984. Reducción de la incidencia de la punta morada de la papa por medio de fechas de siembra, genotipo de planta y aplicación de insecticidas. *Revista Mexicana de Fitopatología*.3:100-104.
- Cadena. H. M. A. 1987. Efectos de genotipos de planta, aplicaciones de antibióticos e insecticidas en el control de la punta morada de la papa. *Agricultura Técnica en México*.13: 3- 13
- Cadena. H. M. A. 1999. Punta morada de la papa en México: efectos del espaciamiento de la planta y la aplicación de insecticidas. *Revista Mexicana de Fitopatología*.17: 91-95
- Castro. U. I; Contreras. M. A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el Cultivo de papa. Imprenta, Austral, Valdivia, Chile.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1996. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa/ Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1992. Annual report 1992. Program 6- postharvest management, marketing. Lima, Perú. p. 125-150.
- Cepeda. S. M; Gallegos. M. G. 2003. La Papa el fruto de la tierra. Trillas. México.
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista COMALFI*.15: 12-16.

- Davenport. J. 2000. El potasio y la gravedad específica de la papa. informaciones agronómicas. Instituto de la potasa y el fosforo – INPOFOSA.S, Oficina para Latinoamérica. Quito – Ecuador.
- Domínguez. D. E. 2011. Evaluación de densidades de siembra y niveles de fertilización química en la producción de semilla en tres genotipos de papa (*Solanum tuberosum* spp.). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito. Ecuador.
- Feltran. J. C; Borges. L. L; Lopes. V. R. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. *Scientia Agricola* 61:598-603.
- Fernie. A. R y Willmitzer. L. 2001. Disparadores moleculares y bioquímicas de Desarrollo de la papa. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. Argentina. 127: 1459-1465
- Foyer. C. H and Noctor G. 2000. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *The New phytologist*. 146:359-388
- Foyer. C. H y Lelandais. M. 1993. Las funciones de ascorbato en la regulación de la fotosíntesis. En las respuestas fotosintéticas a medio ambiente. *Sociedad Americana de Fisiología de la plantas*. p. 88-101.
- Foyer. C. H, López. D. H; Dat JF and Scott IM. 1997. Hydrogen peroxide and glutathione-associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signalling. *Physiologia Plantarum*. 100:241-254.
- Foyer. C. H; Rowell J and Walter. D. 1983. Medición del contenido de ascorbato de protoplastos de hojas de espinaca y cloroplastos durante la iluminación. *Plant Physiology*. 257:239-244

- Freeman. M; Jarvis. M.C; Duncan. H.J. 1992. The textural analysis of cooked potato. 3. Simple methods for determining texture. Potato Research 35:103-109.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. Fisiología de plantas de cultivo. Universidad Estatal de Iowa. P. 325.
- Garzón T. J. A; Bujanos M. R; Velarde F. S; Marín J. A; Parga T. V. M; Aviles G. M. C; Almeyda L. I. H; Sánchez S. A. J; Martínez C. J. L. y Garzón C. J. A. 2004. Bactericera (Paratrioza) cockerelli Sulc. vector de fitoplasmas en México. In: Flores O. A.; Gallegos M. G. y García M. O. (eds.). Memorias del simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 64–83.
- Garzón. T. A. 2002. El papel de la *Paratrioza cockerelli*, en la transmisión de fitoplasmas en tomate. Fundación Produce, Artículo del campo experimental Valle de Culiacán del UNFPA.
- Génova. J. L. 1982. Respuesta del cultivo de papa a niveles de humedad del suelo en dos etapas fenológicas y al nitrógeno aplicado. Departamento de suelos y recursos hídricos. Ministerio de asuntos agrarios de la provincia de Buenos Aires.
- Gould. W. A. and Plimpton. S. 1985. Quality evaluation of processing. Ohio Agricultural Research and Development. pp. 1-24. (Bulletin # 1172).
- Grageda. G. J; Cervantes. M. T; Ortega. M. P. F; Sabori. P. R; Chávez. C. M; Maldonado. C. A. 2001. Manual para la producción de cultivos agrícolas y forrajeros de la sierra de Sonora. Hermosillo. p. 90–100.

- Guerrero. G. A. 1981. Cultivos herbáceos extensivos, 2º edición, Mundiprensa, Madrid.
- Guido. A., Mamani. P. 2001. Características de la cadena agrolimentaria de la papa y su industrialización en Bolivia. Documento de Trabajo-Proyecto papa Andina. Cochabamba, Bolivia 86 p.
- Guillen. C. R. A. 2011. Evaluación de Algaenzims<sup>MR</sup>, Algaroot<sup>MR</sup>, Turboenzims<sup>MR</sup>, Quitaflor y mayor en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Norteña. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México
- Hidalgo. A ; González. R. J. A and Navas. P. 1989. El ascorbato de radicales libres aumenta la vacuolización en los meristemos de raíz de cebolla. En torno a la célula de la planta. *Plant Cell Environment*. 12:455-460
- Hooker. 1986. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Ciclos de de los Cultivos Agrícolas, SARH, México.
- Hooker. J. W 1990. Compendium of Potato Disease, 4º Ed. American Phytopathological Society, Minesota. EUA.
- Horemans. N. Foyer C. H and Asard H. 2000. Transport and action of ascorbato at the plant plasma membrane. *Trends in Plant Science*.5:263-267
- Horton. D. 1987. Production, Marketing, and Programs for Developing Countries. Westriew Press (Boulder). IT Publications (London).p 93-109.
- Huamán. Z. 1986. Botánica sistemática y la morfología de la papa. boletín de información técnica numero 6. Centro Internacional de la Papa. Lima. Perú.

- Kang H. M and Saltveit M. E. 2002. Reduced chilling tolerance in elongating cucumber seedling radicles is related to their reduced antioxidant enzyme and DPPH-radical scavenging activity. *Physiologia Plantarum*.115:244-250
- Kato N and Esaka M. 1999. Changes in ascorbate oxidase gene expression and ascorbate levels in cell division and cell elongation in tobacco cells. *Physiologia Plantarum*. 105:321-329
- Kato. N and Esaka. M. 2000. Expansion of transgenic tobacco protoplasts expressing pumpkin ascorbate oxidase is more rapid than that of wild-type protoplasts. *Planta*.210:1018-1022
- Kawakami. S; Matsumoto. Y; Matsunaga. A; Mayama. S and Mizuno. M. 2002. Molecular cloning of ascorbate peroxidase in potato tubers and its response during storage at low temperature. *Plant Science*. 163:829-836.
- Lee. M.K., Park. I. 2005. Inhibition of potato polyphenol oxidase by Maillard reaction products. *Food Chemistry* 91:57-61.
- López .D. M. F 2009. Efectividad biológica de insecticidas contra el Silidio de la papa (*Bactericera cockerelli* Sulc) en Metepec, Edo. De México y transmisión de bacterias no cultivadas asociadas a enfermedades en papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco. Edo. De México
- Madden L V; Pennypacker. C. E; Antle, C. H. 1981. A loss model for crops. *Phytopathology*. 71: 685-689



- Manzocco. L; Calligaris. S; Mastrocola. D; Nicoli M.C; Lerici. C.R. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology* 11:340-346.
- Maramorosch, K. 1998. Situación actual del marchitamiento por punta morada de la papa. *Inter. J. Trop. Plant Dis.* 16:61–72.
- Martínez. S. J. P; Leyva. L. N. E; Aviña. P. K; Ochoa. S. J. C. 2007. La punta morada de papa en México. *Claridades Agropecuarias.* P. 27
- Martínez-Soriano J.P., 1999; La punta morada de la papa IX Congreso Nacional de Productores de papa, Memorias, León Guanajuato, México.
- Mehlhorn H, Lelandais M, Korth HG and Foyer C.H. 1996. Ascorbate is the natural substrate for plant peroxidases. *FEBS Letters.* 378:203-206
- Mendoza. Z. C y Pinto. B 1983. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. UACH. México. P. 311
- Moctezuma, G. R. 2006. Relevancia de la papa en México. En: *Revista productores de hortalizas.* México. p. 16.
- Montaldo. A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica.
- Moreno J. D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. *Boletín de la papa* 2:1-7.
- Munyanza, J. E. 2005. Purple top disease and beet leafhopper transmitted virescence agent (BLTVA) phytoplasma in potatoes of the Pacific Northwest of the United States. In: Haverkort, A. J. and Struik, P. C.

(eds.). Potato in progress, science meets practice. Proceedings of the Potato Congress. Emmeloord, The Netherlands. p. 211–220.

Nagaich. B. B y Giri. B. K. 1973. Purple Top Roll Disease of Potato. American Potato Journal. 50: 79-85

Noctor. G and Foyer C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 49:249-279

Osuna. E. M. A. 1999. Determinación de la incidencia y severidad de punta morada en tres localidades en el Municipio de Galeana N.L., Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. p. 9-21

Parga, T. V. M., Garcia, G. S. J., Villavicencio, G. E. E., Sánchez, S. J. A., Contreras, de la R. F. J., Arellano, G. M. A., Covarrubias, R. J. M., Rubio, C. O. A. y Fernández E. J. 2005. Tecnología para producir papa en Coahuila y Nuevo León. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 5. Coahuila, México. P.164.

Parga. T. V. M 2009. Evaluación, selección y caracterización de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L), tolerantes al síndrome de la punta morada, Tesis Doctorado Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. Coahuila. México. p.71 - 72.

Payton P, Webb R, Kornyejev D, Allen R and Holaday AS. 2001. Protecting cotton photosynthesis during moderate chilling at high light intensity by increasing chloroplastic antioxidant enzyme activity. Journal of Experimental Botany. 52:2345-2354

- Pedrecci. F; Moyano. P; Kaack. K; Granby. K. 2005. Colour changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International* 38:1-9.
- Pérez. W; Forbes. G. 2008. Manual Técnico, el tizón tardío de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). P .9
- Pignocchi. C and Foyer C.H. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. *Current Opinion in Plant Biology*.6:379-389
- Prasad TK, Anderson MD, Martin BA and Stewart CR. 1994. Acclimation, hydrogen peroxide, and abscisic acid protect mitochondria against irreversible chilling injury in maize seedlings. *Plant Physiology*. 105:619-627
- Pritchard. M.K; Adam. L.R. 1994. Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet, Burbank and Shepody potatoes. *American Journal of Potato Research*. 71:59-66.
- Pumisacho. M, Stephen. S. 2000. El Cultivo de la Papa en Ecuador. Editorial. Abya Yala. P. 33
- Rodríguez. L; Corchuelo. G y Núñez. C. E. 2004. Densidad de población y su efecto sobre el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa). *Agronomía colombiana*, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. 22:23-31
- Rodríguez. L; Wrolstad. R. 1997. Influence of potato composition on chip colour quality. *American Potato Journal* 74:87-106.

- Romero. C. S. 1993. Hongos Fitopatogenos. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Romero. M. G; Lozoya. S. H; Mora. A. G; Fernández. P. S y Niklaus. J. 2012. Rendimiento de Papa en Función de Epidemia por Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary). Revista Fitotecnia Mexicana. 35: 69-78
- Romero. R. M.T; López. H. A. 2009. Efectos de alivio de peróxido de hidrógeno, ascorbato y deshidroascorbato en *Solanum tuberosum* infectado por fitoplasmas. American Journal of Potato Research. 86: 218-226.
- Rousselle. P; Robert. Y; Crosnier. J. C; Coordinadores. 1999. La Patata, Producción, Mejora, Plagas y Utilización. Mundiprensa. México.
- Salazar. L. F. 1996. Los virus de la papa y su control. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima. Perú. P. 226
- Sánchez R. S. 2010. Respuesta Antioxidante al tratamiento con Ácido Salicílico en Plantas de Papa Infeccionadas con Fitoplasma. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México.
- Secor, G., J. Munyaneza e I. Ming-Lee. 2006. Una nueva enfermedad tipo punta morada causando pérdidas en el cultivo de la papa en Norte América. Memorias del XXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Toluca, México. P. 7.
- Senser. F.; Scherz H.; Kirchhoff E. 2004. Lebensmitteltabelle für die Praxis: Kartoffel. In: Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (eds.)

Der kleine Souci Fachmann Kraut. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart. P.491

Servicio de información agroalimentaria y pesquera SIAP/ SAGARPA. Fecha de consulta 02/ junio/ 2012. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/papa/descripción.pdf>.

Severini. C; Baiano. A; Pillit; Carbone B; Derossi. A. 2005. Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes. *Journal of Food Engineering*.68: 289-296

Sgherri C, Milone MT, Clijsters H and Navari-Izzo F. 2001. Antioxidative enzymes in two wheat cultivars, differently sensitive to drought and subjected to subsymptomatic copper doses. *Journal of Plant Physiology*.158:1439-1447

Shigeoka. S;Ishikawa.T; Tamoi. M; Miyagawa. Y; Takeda.T; Yabuta Y and Yoshimura. K. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes.*Journal of Experimental Botany*. 53: 1305-1319.

Smirnoff N and Wheeler GL. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Plant Sciences*.19:267-290

Smirnoff. N. 2000. Ascorbic acid: metabolism and function of a multifaceted molecule. *Current Opinion in Plant Biology*.3:229-235

Talbur. W. F., Smith O. 1975. *Potato processing*. 3 ed. Westport: The Avi Publishing Company.

Torres, H. y J. Vicencio. 1989. Control químico del "tizón temprano" (*Alternaria solani*) de la Papa en San Ramón, Perú. En: XIV Reunión de la

Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP): Rescømenes y Programa. Mar del Plata (Argentina) 5-11 de Marzo 1989. p. 43.

Torres. H; Kalazich.B. J; Sepulveda. P; Lopez. H; Rojas. S 1998. El carbón de la papa una enfermedad cuarentenaria en Chile, Boletín Técnico N° 247, Centro Internacional de la Papa (CIP). Departamento de Producción vegetal del Centro Regional de Investigación Remehue

Van der Plas. L. 1987. Potato tuber storage: Biochemical and physiological changes, pp. 113-124. In Y.P.S. Bajaj (ed). Biotechnology in Agriculture and Forestry 3:Potato. Springer-Verlag, Berlin.

Willekens. H; Inzé D; Van-Montagu. M; and van-Camp. W. 1995. Catalases in Plants.Mol Breeding. 1:207-228.

### **CITAS ELECTRÓNICAS**

<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp>