

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN MÉXICO Y EL  
ESTUDIO DE LA COSTRA NEGRA (*Rhizoctonia solani* Kühn).

Por:

**MELITÓN ALVAREZ MARTÍNEZ**

**MONOGRAFÍA**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2002

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) EN MÉXICO Y EL  
ESTUDIO DE LA COSTRA NEGRA (Rhizoctonia solani Kühn).

Por:

**MELITÓN ALVAREZ MARTÍNEZ**

**MONOGRAFÍA**

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**A P R O B A D A:**

---

ING. M. C. CARLOS I. SUÁREZ FLORES  
PRESIDENTE DEL H. JURADO EXAMINADOR

---

ING. M. C. REYNALDO ALONSO VELASCO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 2002.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) EN MÉXICO Y EL  
ESTUDIO DE LA COSTRA NEGRA (Rhizoctonia solani Kühn).

**Por:**

**MELITÓN ALVAREZ MARTÍNEZ**

**M O N O G R A F Í A**

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**A P R O B A D A:**

---

ING. M. C. CARLOS I. SUÁREZ FLORES  
PRESIDENTE DEL H. JURADO EXAMINADOR

---

ING. JOSÉ A. DE LA CRUZ BRETÓN  
SINODAL

---

ING. M. C. ADOLFO ORTEGÓN PÉREZ  
SINODAL

---

DR. JESÚS ORTEGÓN PÉREZ  
SINODAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 2002.

## DEDICATORIA

**CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO Y ADMIRACIÓN A MIS PADRES:**

Sr. Teodoro Alvarez Martínez (q.e.p.d.)

Sra. Romana Martínez Castillo.

Por haberme dado la vida, por cuidarme y darme siempre lo necesario en mis primeros años de vida. Por apoyarme durante todas mis etapas de estudiante.

**A MI MADRE**, a esa gran señora que ha sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quien la ilusión más grande de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho.

**A USTED MAMI**, por su invaluable apoyo moral y económico, por sus rezos, por sus consejos. A usted a quien nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

Por esto y más, Gracias.

**A MIS HERMANOS:**

Gregorio

Francisca

Magdaleno

María Félix

Margarita

Hipólito

José Candelario

Gregoria

María Victoria

María del Carmen.

Por los momentos que juntos hemos compartido y por brindarme siempre su apoyo para seguir adelante, y porque siempre confiaron en mí, Gracias...

**Los quiero mucho.**

### **A MIS SOBRINOS Y SOBRINAS.**

### **A MIS CUÑADOS Y CUÑADAS.**

### **A MIS TÍOS Y TÍAS.**

A la Señorita **Adriana Martínez Vázquez**, por ser como es, por darme todo su apoyo moral, por comprenderme y ayudarme a superar los momentos difíciles que he vivido, y por que siempre ocupará un lugar en mi corazón...

**Gracias Addy.**

A la Señorita **Sandra Miriam De León García**, por brindarme tu amistad, cariño y comprensión en los momentos en que más lo he necesitado.

A ti, porque siempre me has dado consejos, consejos que siempre me han ayudado a superarme; a ti que siempre me has demostrado ser una persona muy trabajadora, emprendedora y dedicada, y más que nada por que siempre tuviste tiempo para atenderme en mis súplicas, a ti por darme la oportunidad de conocerte y compartir contigo algo muy hermoso para mí.

**Sandy**, por esto y más, muchísimas gracias...

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS SER SUPREMO**, Por haberme permitido la existencia en esta vida tan maravillosa y llena de cosas bellas, por guiarme por buen camino y porque todos mis logros se los debo a él.

AL ING. M. C. CARLOS I. SUÁREZ FLORES, Asesor principal de este trabajo, por su entusiasmo y su decidido apoyo para la realización de esta monografía.

AL ING. JOSÉ A. DE LA CRUZ BRETÓN, Por su gran apoyo brindado en la asesoría para la elaboración de este trabajo.

AL ING. M. C. ADOLFO ORTEGÓN PÉREZ, Por sus valiosos comentarios y observaciones, enfocadas a este trabajo.

AL DR. JESÚS ORTEGÓN PÉREZ, Por su apoyo y disponibilidad en la asesoría de este trabajo.

A LA LIC. NORMA E. SÁNCHEZ GARCÍA, Por brindarme toda su confianza y por apoyarme muchísimo en la revisión ortográfica.

A LA LIC. SANDRA LÓPEZ BETANCOURT, Por ayudarme y dedicarme parte de su tiempo para la realización del presente escrito

A LA FAMILIA BACÓPULOS MEJIA, Por su ayuda y apoyo incondicional durante y al final de mi carrera. Cuyo ejemplo seguiré siempre.

A LA FAMILIA VALDES LUNA, Por su gran ayuda y apoyo incondicional durante y al final de mi carrera, quienes siempre se preocuparon por mi de una manera desinteresada.

## A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA VIDA UNIVERSITARIA:

Juan Pineda, Juan A. Avalos, Isaias, Julio A., Adriana, Gloria, Enrique, Manuel Martínez, José Luis (Chivis), Modesto, Javier, Toño (Banano), Noé, Luis Ovalle, Cerda, Abuelo, Rodolfo, Canché Canché, Moisés León de Luna, Nachito, Octavio (La fresca).

AL ING. BLAS Y ALEJANDRA, Por la confianza que me brindaron, por ayudarme en todo de una forma desinteresada y porque con ellos siempre me sentí como en familia. Especialmente al Ing. Blas Rodríguez Quilantán, por todos sus consejos y enseñanzas, por todo lo que he aprendido con él y más que nada por que siempre tuve su respaldo.

A ELIZA, Por su ayuda y apoyo incondicional y porque en ella siempre encontré una confianza verdadera y, porque gracias a sus consejos logré superar muchos problemas.

Con sinceridad a Gabriel Moreno Ramírez, Benito Morales Cruz, Ing. Alvaro Reyes Pérez e Ing. Jesús González, que me dieron su apoyo y me respaldaron cuando llegue a esta Institución a iniciar esta meta que hoy he culminado.

A todos aquellos cuates y amigos con los que he compartido y disfrutado de grandes momentos: Benito, Gabriel, Fidel, Blas, Gabino, Chuy González, Chuy Cavazos, Alvaro, Pepe, Tonny, Oscar, Hector y Cesar.

A mi "Alma Mater, Por su gran labor en beneficio del Agro Mexicano y, por haberme dado la oportunidad de ingresar a sus aulas a terminar mi sueño anhelado, el llegar a ser profesionista.

**----- G R A C I A S -----**

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
HISTORIA Y ORIGEN GEOGRÁFICO.....	3
PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE PAPA EN MÉXICO.....	6
PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE PAPA.....	7
SUPERFICIE MUNDIAL COSECHADA DE PAPA.....	7
RENDIMIENTOS MUNDIALES DE PAPA.....	8
PARTICIPACIÓN EN LAS EXPORTACIONES DE PAPA (1993 – 1997).....	8
PARTICIPACIÓN EN LAS IMPORTACIONES DE PAPA (1993 – 1997).....	9
PRINCIPALES PAÍSES QUE CULTIVAN PAPA EN AMÉRICA LATINA.....	9
III. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	10
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	10
MORFOLOGÍA.....	11
Raíces.....	11
Tallos.....	12
Estolones.....	13
Tubérculos.....	13
Hojas.....	14
Flores.....	15
Frutos.....	16
CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS.....	17
Temperatura.....	17
Luz.....	18
Agua.....	18

Suelo.....	19
pH (Acidez del suelo).....	20
Altitud.....	20
Latitud.....	20
TIPOS DE PAPAS CULTIVADAS.....	21
VALOR NUTRIMENTAL DE LA PAPA.....	23
CICLO DE DESARROLLO.....	24
VARIEDADES DE PAPA.....	24
ETAPAS FENOLÓGICAS.....	26
PRÁCTICAS CULTURALES.....	28
Selección y preparación del terreno.....	28
Barbecho.....	29
Rastreo.....	29
Nivelación del terreno.....	29
SIEMBRA.....	30
Semillas.....	30
Importancia de la siembra correcta.....	31
Época de siembra y cosecha.....	32
Densidad de siembra.....	33
Profundidad de siembra.....	35
Métodos de siembra.....	36
MANEJO DEL CULTIVO.....	38
Aporque.....	38
Riego.....	39
Fertilización.....	40
Nutrientes.....	41
Deficiencias Nutricionales.....	42
Momento de Aplicación de los nutrientes.....	44
Control de malezas.....	45
Control de plagas y enfermedades.....	46

Principales plagas.....	48
Enfermedades producidas por bacterias.....	49
Enfermedades producidas por hongos.....	49
Enfermedades causadas por virus.....	50
Problemas producidos por causas medioambientales.....	50
Corte del follaje.....	50
COSECHA.....	51
Clasificación y Selección.....	52
ALMACENAMIENTO.....	52
IV. DESCRIPCIÓN DE LA COSTRA NEGRA DE LA PAPA	
(R. solani Kühn).....	55
GENERALIDADES.....	55
UBICACIÓN TAXONÓMICA.....	56
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	56
Estado sexual de <i>R. solani</i> .....	57
Grupos de Anastomosis de <i>R. solani</i> .....	57
IMPORTANCIA.....	58
DISTRIBUCIÓN.....	59
INFECCIÓN.....	59
SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD.....	60
CONDICIONES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DEL HONGO.....	62
PATOGENECIDAD DEL HONGO.....	63
CICLO BIOLÓGICO DEL HONGO.....	63
MEDIDAS DE CONTROL.....	66
Control genético.....	66
Control Cultural.....	67
Control Biológico.....	68
Control químico.....	69
V. BIBLIOGRAFÍA.....	74
VI. APÉNDICE.....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

Número		Pág.
1	Principales estados productores de papa en México.....	6
2	Principales países productores de papa (millones de toneladas)	7
3	Superficie mundial cosechada de papa (millones de hectáreas).	7
4	Rendimientos mundiales de papa (toneladas/hectárea).....	8
5	Participación en las exportaciones de papa (1993 – 1997).....	8
6	Participación en las importaciones de papa (1993 – 1997).....	9
7	Principales países que cultivan papa en América Latina.....	9
8	Época de siembra y cosecha.....	32
9	Densidad de siembra.....	34
10	Profundidad de siembra.....	36
11	Época de aplicación del fertilizante en el cultivo de la papa (SARH, 1986).....	40
12	Principales mezclas de fungicidas para el control de <i>R. solani</i> en el Cañón de Emiliano y el Cañón de San Antonio, Municipio de Arteaga Coahuila.....	71
13	Principales mezclas de fungicidas para el control de <i>R. solani</i> , En Navidad, Municipio de Galeana, Nuevo León.....	72

## I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de la región andina de América del sur, y actualmente se le cultiva en las regiones templadas, tropicales, y subtropicales del mundo en donde ha superado a otras especies cultivadas, tanto en la producción total de proteínas por unidad de área y tiempo, como en rango de adaptación, superando a especies de cereales y leguminosas. Lo anterior, es debido a que la papa se cultiva en altitudes que van desde los 0 a 4000 msnm, en donde especies de las familias anteriormente mencionadas no se pueden adaptar (Van Der Zaag y Horton, 1982).

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los principales alimentos en la dieta humana, debido al alto contenido de almidones, los cuales son altamente asimilables (18%), proteínas de alto valor nutritivo (2%), vitamina C y aminoácidos esenciales como lisina, así como de un 75 a un 80% de agua.

Los elevados rendimientos por unidad de superficie y su ciclo vegetativo relativamente corto, hacen que este cultivo sea más atractivo para los productores, así como también que forme parte importante en nuestra dieta alimenticia.

Este cultivo ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en cuanto a producción e importancia alimenticia, siendo superado únicamente por los básicos (maíz, arroz y trigo); sin embargo, el déficit que se nos presenta a nivel mundial en la alimentación nos obliga a incrementar tanto superficie de cultivo como su rendimiento por hectárea (SARH, 1994).

Dietéticamente, la papa es buena y la proteína es de excelente calidad; a pesar de su riqueza en carbohidratos, la papa contiene sólo una pequeña

cantidad de proteínas, nada de grasas y un bajo contenido de materia seca, por lo que solas no constituyen un alimento balanceado. Además de su valor como alimento para el hombre, las papas se utilizan como una fuente de carbohidratos para la producción de alcoholes y otros productos industriales como fécula, especialmente en Europa; también se utilizan como forraje para la alimentación de ganado vacuno, equino y porcino.

En la República Mexicana existen diversas zonas que se han dedicado a la producción de papa, entre las que se pueden mencionar: Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua, Guanajuato, Nuevo León, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Sinaloa, Sonora, Estado de México, Veracruz, Querétaro y Zacatecas.

La producción de este cultivo bajo el régimen de riego, se localiza principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Guanajuato, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Baja California Norte, Querétaro y Zacatecas; aunque también existen en condiciones de temporal y en pequeñas superficies en los estados anteriormente mencionados. Bajo este último régimen, la papa se cultiva principalmente en el Estado de México.

Actualmente, en México, se siembran alrededor de 65 mil hectáreas, de las que se obtiene una producción aproximada de 1 millón 290 mil toneladas, las cuales nos permiten satisfacer las demandas del consumo interno (Claridades Agropecuarias, 1998).

En nuestro país, a pesar de su alto valor alimenticio y de que se produce prácticamente todo el año y en más de 20 estados de la República, se reporta un consumo *per capita* de 16 kg por año, aproximadamente.

## II. ANTECEDENTES

### HISTORIA Y ORIGEN GEOGRÁFICO

La papa (*Solanum tuberosum* L.), cultivada o silvestre es una planta originaria de la región fría y montañosa de los Andes de América del sur, dicha zona está comprendida por: Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia; su existencia data de los años 2500 a 5000 a. C.; y mucho más tarde se extendió al Sur de Chile, Centroamérica, México y a los estados de Virginia, Carolina del Norte y otros en Estados Unidos. Esta planta es domesticada e introducida a la alimentación humana en Perú, entre los siglos IV y IX de nuestra era, por culturas pre-incáicas, las culturas Mochica, Chavín, Tiahuanaco, Aymaras y Quechuas. La cultura Tiahuanaco a orillas del Lago Titicaca en lo que en la actualidad es la frontera entre Perú y Bolivia; la cultura de los Aymaras establecida como a 30 Km al norte del Lago Titicaca; los Quechuas en Cuzco y los Mochica y Chavín también se encontraban en territorio peruano.

Cuando los conquistadores españoles llegaron a la región andina en la tercera década del siglo XVI, la mayoría de los pueblos indígenas ya cultivaban la papa, principalmente los Incas.

Los nombres nativos de la papa también indican un cultivo antiguo y ampliamente extendido ya que varían completamente en los principales idiomas indios que se hablaron en las zonas donde se cultivaba la papa. Así, en el lenguaje Chibcha se usaron los nombres “iouza”, “iomui”, etc. En Quechua, el idioma del imperio inca, el nombre corriente fue “papa” que fue sustituyendo a los nombres de las tribus conquistadas (“ajsu”, “impari”, etc.); en Bolivia, los indios Aymaras usaron las palabras “amka” y “choque”, mientras que en Chile, los Auracanos le dieron el nombre de “poñi”.

Los españoles adoptaron el nombre de “papa” a la patata, a lo largo de sus colonias del oeste de América. En Europa la palabra “papa” no se adoptó nunca, excepto en el sur de la Península Ibérica y en las Islas Canarias.

La papa es considerada como una de las más grandes adquisiciones que el Viejo Mundo hizo con el descubrimiento del Nuevo Mundo. Los españoles llegaron a la Costa de Ecuador en 1527 al mando de Francisco Pizarro y posteriormente, en 1537, uno de sus segundos, Alonso Ojeda, con 400 hombres a su mando, escalaron la Cordillera Central a orillas del Río Magdalena, donde después de penetrar unos 600 km aproximadamente encontraron por primera vez la planta de papa a orillas del Río Magdalena.

Se cita la fecha de 1570 como la de la primera entrada de la papa en Europa continental a través del puerto de Sevilla y se cree que fue cultivada en algún lugar de la zona sevillana durante algunos años. Desde Sevilla se fue extendiendo a otros países como Italia e Inglaterra pero como curiosidad botánica, no como alimento. En Irlanda la introdujo el tratante de esclavos Hawkins hacia 1565 y Walter Raleigh’s la llevó a Inglaterra procedente de Virginia en 1586.

Seguidamente, se extendió, debido a las guerras y al hambre, a través de Europa, para finalmente llegar al resto del mundo. Como hecho curioso, se puede decir que las dos primeras introducciones en Norteamérica se realizaron, no a partir de Sudamérica, sino de Europa, la primera en Virginia en 1621 vía las Islas Bermudas y la segunda en New Hampshire en 1719, probablemente transportada por emigrantes escoceses e irlandeses.

En el siglo XVIII, su cultivo se extendió por toda Europa y partes de Asia y al principio del siglo XIX la consumían en la mayoría de los países civilizados. En esta época ya existían varios centenares de variedades seleccionadas obtenidas de las papas silvestres.

En México era un cultivo casi olvidado, éste se inició hace aproximadamente unos 250 años, cultivándose en las partes altas de la sierra de la zona central del país (Rojas, 1976); hasta 1946 empezó a tener mayor importancia con la llegada de John S. Niederhauser de la fundación Rockefeller; fue él quien observando las buenas condiciones climáticas para este cultivo en los valles altos de la Meseta Central, como de los pequeños valles en la sierra se interesó por impulsar a este cultivo.

Para esas fechas, John S. Niederhauser formó un pequeño grupo de jóvenes mexicanos investigadores, que al principio se dedicaron a experimentar con nuevas prácticas culturales.

Los primeros lugares donde se cultivó en forma extensiva en México fueron: los valles altos de la Meseta Central, la región de León, Gto., Distrito Guerrero en el estado de Chihuahua y en Navidad, Nuevo León.

## PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE PAPA EN MÉXICO

De acuerdo con el Sector Alimentario de México (2000), los datos estadísticos de superficie cosechada, producción y rendimiento promedio por hectárea, de los principales estados productores en el año de 1999, se muestran en el cuadro 1, y son los siguientes:

**Cuadro 1.- Principales Estados productores de Papa en México:**

ENTIDAD FEDERATIVA	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCION (ton)	RENDIMIENTO PROM. (ton/ha)
Sinaloa	9 376	226 823	24.2
Chihuahua	8 279	155 043	18.7
Estado de México	7 913	165 902	20.97
Sonora	5 380	138 603	25.77
Michoacán	5 301	153 434	28.94
Puebla	5 216	70 667	13.55
Guanajuato	4 554	120 485	26.46
Veracruz	4 495	41 533	9.24
Nuevo León	3 940	126 650	32.14
Jalisco	2 701	80 410	29.77
Tlaxcala	2 264	33 195	14.66
Chiapas	1 494	15 703	10.51
Zacatecas	1 221	45 198	37.01
Coahuila	1 197	43 730	36.53

**FUENTE:** SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria.

**CUADRO 2.- PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE PAPA (millones de toneladas).**

<b>País</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997*</b>	<b>1998**</b>
Rusia	33.83	39.90	38.53	40.00	37.42
Polonia	23.06	24.89	27.22	27.22	25.25
E. U. A.	21.19	20.12	22.62	21.50	21.31
India	17.39	17.94	18.50	18.50	17.94
Ucrania	16.10	14.73	18.41	19.00	16.40
Otros	159.15	167.70	180.73	176.28	169.22
Mundial	270.72	285.28	306.01	302.50	287.34

**Fuente:** ASERCA con datos de la FAO.

\* Datos preliminares.

\*\* Datos proyectados.

**CUADRO 3.- SUPERFICIE MUNDIAL COSECHADA DE PAPA (millones de hectáreas).**

<b>País</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997*</b>	<b>1998**</b>
Rusia	3.34	3.41	3.27	3.30	3.10
Polonia	1.70	1.52	1.34	1.34	1.25
E. U. A.	0.56	0.56	0.58	0.55	0.55
India	1.05	1.09	1.12	1.12	1.09
Ucrania	1.53	1.53	1.55	1.60	1.39
Otros	9.87	10.32	10.60	10.31	9.93
Mundial	18.05	18.43	18.00	18.22	17.31

**FUENTE:** ASERCA con datos de la FAO.

\* Datos preliminares.

\*\* Datos proyectados.

**CUADRO 4.- RENDIMIENTOS MUNDIALES DE PAPA (toneladas/hectárea).**

<b>País</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997*</b>	<b>1998**</b>
Rusia	10.13	11.70	11.78	12.12	12.06
Polonia	13.56	16.38	20.31	20.31	20.10
E. U. A.	37.84	35.93	39.00	39.09	38.75
India	16.56	16.46	16.52	16.52	16.51
Ucrania	10.52	9.63	11.88	11.88	11.78
Otros	16.12	16.25	17.05	17.10	17.04
Mundial	15.00	15.48	16.58	16.60	16.60

**FUENTE:** ASERCA con datos de la FAO.

\*Datos preliminares

\*\* Datos proyectados.

**CUADRO 5.- PARTICIPACIÓN EN LAS EXPORTACIONES DE PAPA (1993 – 1997)**

<b>País</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Holanda	25.21
Alemania	10.41
Bélgica y Luxemburgo	11.51
Francia	9.04
Otros	43.84

**FUENTE:** ASERCA con datos de la FAO.

**CUADRO 6.- PARTICIPACIÓN EN LAS IMPORTACIONES DE PAPA (1993 – 1997).**

<b>País</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Holanda	17.01
Alemania	11.80
España	6.04
Francia	5.08
Otros	60.08

**FUENTE:** ASERCA con datos de la FAO.

**CUADRO 7.- PRINCIPALES PAÍSES QUE CULTIVAN PAPA EN AMÉRICA LATINA:**

<b>País</b>	<b>Hectáreas cultivadas</b>	<b>Rendimiento Promedio (ton/ha)</b>
Perú	280 000	6.7
Brasil	185 000	9.0
Argentina	111 000	12.1
Colombia	90 000	10.6
Bolivia	136 000	5.7
Chile	72 000	10.3
México	63 000	20.0
Ecuador	40 000	11.2

Además de otros países como: Venezuela, Uruguay, Cuba, Guatemala, República Dominicana, Costa Rica, Jamaica y Panamá (García, 1997).

### III. GENERALIDADES DEL CULTIVO

#### CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA:

El cultivo de papa que tiene mayor importancia económica, industrial y alimenticia a nivel mundial es *Solanum tuberosum* L., dicho nombre científico fue usado por primera vez por el botánico suizo Gaspar Bahin en 1959 (Ramos, 1991). Actualmente, la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

REINO	Plantae
SUBREINO	Embryophyta
DIVISIÓN	Espermatophyta
TIPO	Angiospermae
CLASE	Dicotiledoneae
SUBCLASE	Gamopétala
ORDEN	Tubiflora
FAMILIA	Solanaceae
GÉNERO	<i>Solanum</i>
SUBGÉNERO	Pachystemomum
SECCIÓN	Tuberarium
SUBSECCIÓN	Hyperbasarthrum
ESPECIE	<i>tuberosum</i>

NOMBRE CIENTÍFICO: *Solanum tuberosum* L.

NOMBRES COMUNES: Papa, Patata.

## **MORFOLOGÍA:**

La planta de la papa es una dicotiledónea herbácea anual, que pertenece a la familia de las Solanáceas. Alcanza una altura entre 40 y 80 cm, presenta un ciclo vegetativo que varía de 90 a 180 días, la floración se presenta a los 92 días y tiene un rango de duración de 30 días (INIA,1982); está considerada como planta C3 o ciclo de Calvin - Benson.

Así mismo, la papa presenta dos tipos de reproducción: sexual y asexual.

- a) Sexual: La cual se lleva a cabo a través de semilla botánica, que se utiliza básicamente para realizar mejoramiento genético en este cultivo.
- b) Asexual: La cual se realiza por partes vegetativas (tubérculos), que se utiliza para la producción y reproducción a escala comercial; es por esto que es potencialmente una planta perenne.

Las características de cada uno de los órganos vegetativos de que está constituida la planta de papa son las siguientes:

### **Raíces**

Las plantas que se originan de la reproducción sexual de la planta (semilla botánica) presentan una raíz principal delgada, la cual se va modificando en un tipo fibroso. Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos poseen un sistema radicular del tipo fibroso con raíces laterales que nacen en grupos de tres a partir de los nudos de los tallos que se encuentran por debajo de la superficie (subterráneos) y en los estolones (Hooker,1980).

En suelos arcillosos las raíces profundizan menos que en suelos arenosos. La planta de papa normalmente enraíza bastante cerca de la

superficie, no profundiza más de 40 a 50 cm, aunque en ocasiones se han encontrado raíces en suelos que son muy homogéneos y relativamente sueltos, a una profundidad de hasta 1 metro.

Los sistemas radiculares de las plantas adultas en ocasiones alcanzan una longitud de 15 a 60 cm, sin embargo, llegan a alcanzar longitudes de 0.90 a 1.20 metros, tanto vertical como horizontalmente, se localizan en los primeros 40 cm del suelo y la mayor densidad de raíces se ubica entre 7.5 cm a 10 cm de profundidad (Edmond, 1981).

## **Tallos**

Los tallos que presenta la papa son del tipo herbáceo, erecto y pubescente; el color varía de verde a púrpura dependiendo de la variedad y condiciones climáticas que se presenten; los brotes al nacer son erectos y conforme maduran presentan cierta inclinación (Báez, 1983 y Edmond, 1981).

Se dice que la planta de papa presenta dos tipos de tallos, que son los siguientes:

1. **Tallos aéreos.**- Estos tallos normalmente son angulosos, erguidos, ramificados, de color verde a púrpura dependiendo de la variedad cultivada, pueden ser semierectos y/o rastreros y el corte de la sección transversal es hueco y triangular. La parte más baja del tallo es redonda y sólida. Los tallos generalmente son herbáceos, aunque en las etapas más avanzadas del desarrollo del cultivo, la parte inferior puede ser relativamente leñosa.
2. **Tallos subterráneos.**- Estos tallos están compuestos por rizomas (llamados también estolones) y por tubérculos (parte comestible). Los estolones son tallos modificados, tienen una longitud aproximada de un lápiz; crecen lateralmente a una distancia de 2.5 a 10 cm, en su extremidad dan origen a

los tubérculos. Los tubérculos pueden ser redondos u ovoides y de tamaño grande, regular y chico (Colemans, 1983; Guerrero, 1981).

### **Estolones**

Los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal (Huaman, 1986).

### **Tubérculos**

El tubérculo es un tallo modificado, de forma alargada, globosa u ovoide, con un eje corto, con entrenudos dilatados, con ojos dispuestos en forma helicoidal y hojas pobremente desarrolladas, donde se localizan las yemas vegetativas y los meristemas.

Se puede considerar al tubérculo como una parte del tallo que se ha adaptado para almacenar reservas y para la reproducción. A veces se desarrollan tubérculos aéreos en la inserción de las hojas en el tallo; esto ocurre cuando la parte aérea continúa produciendo reservas y ha sido bloqueado el transporte de productos de asimilación a los tubérculos; éste puede ser causado por daños mecánicos o por el ataque de un hongo en la parte más baja del tallo (Alonso, 1996).

Internamente, un tubérculo de papa está formado por células agrandadas de tipo parénquima, que contienen grandes cantidades de almidón. Tiene la

misma estructura interna que cualquier tallo con médula, áreas vasculares y corteza (Hurtmann, 1999).

El primer indicador de la formación y desarrollo del tubérculo es una ampliación radial, que es un engrosamiento del segundo entrenudo del estolón, dicha expansión se realiza por la división celular de la corteza y en la zona del perímetro medular, para que el proceso de expansión continúe debe haber producción de entrenudos desde el brote apical.

## **Hojas**

Las hojas primarias son simples y pubescentes (Cronquist, 1977); las hojas de las plantas maduras son pinnadas - compuestas, alternas, pubescentes, ásperas, pecioladas, formadas por dos folíolos opuestos y uno grande como terminal, que pueden ser asimétricas y/o simétricas; en las axilas que forman las hojas con el tallo se originan yemas vegetativas (Thurnton, citado por Pérez, 1985 y SEP, 1987).

Después de desarrollar de seis a nueve hojas, pueden aparecer botones florales en todas o alguna de las ramas apicales.

Las hojas están provistas de pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran en las demás partes aéreas de la planta.

La forma de la hoja puede verse modificada de una manera muy sustancial por la temperatura y el número de horas luz que se presenten en el medio ambiente.

## Flores

El tipo de flores que presenta este cultivo, son de tamaño regular, hermafroditas, pentámeras y actinomorfas, de diversos colores según la variedad, presentan un pedúnculo largo y nacen en racimos en el extremo apical de la planta; la inflorescencia es del tipo cima.

Presenta un gineceo compuesto por estilo y estigma simple, ovario súpero, bilocular; el androceo formado por cinco estambres con anteras largas de color amarillo y unidos a un cono; la corola es completa, conformada por cinco pétalos de color amarillo, blanco, rosa, lila, morado, o combinaciones de los colores anteriores (veteadas); el perianto consta de un cáliz de cinco sépalos de color verde. El número de flores es muy variable va a depender mucho de la variedad de la que se trate.

Su fórmula floral es la que se indica a continuación:

**\* O K (5) - C (5) Y - A (5) G (2) I**

La fórmula anterior nos indica lo siguiente:

- \* Flor con simetría radical
- O** Hermafrodita
- K (5)** Cáliz compuesto por 5 sépalos unidos
- C (5)** Corola compuesta por 5 pétalos unidos
- A (5)** Androceo formado por 5 estambres
- G (2)** Gineceo formado por un ovario supero, con estigma bífido (dividido en dos en dos partes)
- I** Corola y estambres unidos.

## Frutos

El fruto proviene de la fertilización sexual de la planta, es una baya carnosa, redonda u ovoide, de color verde en estado inmadura y amarilla o púrpura en estado de madurez, con un tamaño de diámetro que suele variar entre 1.25 a 2.5 cm; consta de dos cavidades o lóculos en los que se encuentran las semillas, éstas son muy pequeñas y aplanadas; el número de semillas de cada fruto es muy variable y puede ir desde ninguna hasta más de trescientas.

Raramente se ha cultivado la papa a partir de semilla verdadera, excepto cuando se usan con fines genéticos de obtención de nuevas variedades y de investigación.

La germinación de la semilla verdadera de papa es epigea, debido a que los cotiledones emergen del suelo por alargamiento del hipocotilo. La radícula aparece en la zona micropilar de la semilla y enseguida se forman raíces laterales. Las primeras hojas son ovaladas y con pelos.

Cuando la plantita tiene únicamente unos pocos centímetros de altura, aparecen los estolones en las axilas de los cotiledones y después de introducirse en el suelo forman pequeños tubérculos. El sistema radicular es fibroso y está muy ramificado (Alonso, 1996).

## **CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS**

Es una planta semiresistente al frío, pero que no tolera heladas (Valadez, 1998). El desarrollo y crecimiento de este cultivo, va a depender en gran parte del tipo de clima, el cual debe ser un clima seco estepario con lluvias en verano, con una precipitación promedio anual de 300 a 500 mm y una temperatura media anual de 18°C (Narro, 1986; SARH, 1983).

### **Temperatura**

La papa es un cultivo que prospera mejor bajo condiciones de temperatura ambiental fresca. Después de la siembra la temperatura apropiada es de 20°C; para que la planta se desarrolle adecuadamente, necesita mayor temperatura, aunque no debe de pasar de 30°C. Cuando se presente la etapa vegetativa de desarrollo de tubérculos es importante que la temperatura se encuentre entre los 16 y 20°C. En regiones cuyo clima es muy caliente, es esencial que las noches sean frescas, para ayudar a la inducción de la tuberización de los tallos (SEP, 1982).

Según Valadez (1998), las temperaturas óptimas medio ambientales para obtener los máximos rendimientos son de 15.5 a 18.5°C. La temperatura óptima del suelo para la emergencia de las plántulas es de 22°C; las temperaturas altas retardan la emergencia. Se ha reportado que con temperaturas de 16°C por la noche y mayores de 18°C por el día se arrojan los rendimientos más altos y la cantidad de almidón más elevada; cabe mencionar que esta relación de temperaturas va a depender de cada variedad.

La temperatura óptima que es favorable para este cultivo, oscila entre los 7.2 a los 18.3°C, pero puede prosperar a los 2°C; dependiendo del cultivar, se requiere de 7 a 13°C para una buena brotación del tubérculo y para la floración

y maduración se deberá tener una temperatura de 14°C preferentemente (SARH, 1983).

## **Luz**

Este cultivo es muy sensible al fotoperíodo, ya que un aumento o disminución de horas luz puede ocasionar una retardación, aceleración o detención total de las etapas fenológicas del cultivo; por lo tanto, se requiere de un fotoperíodo de 16 horas luz, con una intensidad lumínica de 30 000 a 50 000 lux.

Según Guerrero (1981), el llenado de los tubérculos depende en gran parte de la variedad, temperatura y fotoperíodo. En días cortos se producen más sustancias de tuberización que en los días largos, en los cuales aumenta un crecimiento vegetativo de la planta.

Se ha comprobado que el fotoperíodo y la temperatura afectan la formación del tubérculo; en días largos la formación de tubérculos ocurre si la temperatura nocturna es inferior a 20°C, siendo la óptima de 12°C (Yamaguchi, 1983).

## **Agua**

Parssons (1982) menciona que la papa necesita de una continua provisión de agua, durante la etapa de crecimiento vegetativo, la demanda evapotranspirativa del cultivo es de aproximadamente 500 mm. Durante la primera etapa de su desarrollo, hasta la cosecha, el consumo de agua es elevado. La falta de agua disminuye la producción y deforma el tubérculo. Una precipitación pluvial muy elevada y una humedad relativamente alta, tienden a provocar un rápido desarrollo de enfermedades.

Un adecuado suministro de agua al cultivo de papa favorece la absorción de nutrimentos, mantiene una temperatura estable en la planta y proporciona la turgencia para realizar todos los procesos en el desarrollo y específicamente en el llenado del tubérculo.

Un exceso en el suministro de agua incrementa los tiempos de riego, gasto de energía, lixiviación de fertilizantes nitrogenados e incidencia de enfermedades como *Phytophthora infestans* y *Rhizoctonia solani*; en cambio un déficit en el llenado del tubérculo provoca un tejido rajeteado y piel rugosa, tubérculos malformados, conocidos como papa “mono” y tuberización a partir de los nuevos tubérculos que se conocen como segundos crecimientos (Covarrubias, *et al.*, 1994).

## **Suelo**

Edmon (1981) menciona que generalmente la papa se cultiva en suelos migajón arenoso y orgánicos fértiles; en suelos minerales la adición de material orgánico descompuesto es benéfica. La materia orgánica mejora la estructura y la aireación, haciendo al suelo más favorable para el desarrollo de tubérculos.

La papa se desarrolla bien en suelos francos arenosos, con buen contenido de materia orgánica y óptimo drenaje.

El suelo debe ser de textura media, abonado y fertilizado. Los suelos arcillosos no se deben de utilizar en la siembra del cultivo, pues provocan grandes deformaciones en los tubérculos por su compactación (Montes, 1979)

### **pH (Acidez del suelo)**

El pH o acidez del suelo óptimo para esta solanácea es de 5.5 a 7; la cantidad de sales debe ser de 2 por ciento para que el suelo no forme costras (Christiansen, 1980).

En lo que se refiere al pH, la papa está clasificada como altamente tolerante a la acidez, teniendo valores de pH de 6.5 a 5.5. Es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 64 000 a 2 560 ppm (10 a 4 mmho) (Maas, 1984).

### **Altitud**

El cultivo de la papa prefiere altitudes que oscilan entre los 1 500 y 2 000 msnm, pero debido a la gran existencia de variedades con que se cuenta, se le puede cultivar a muy diversas altitudes (Charles, 1989).

### **Latitud**

Esta planta en su lugar de origen, se desarrolló desde latitudes de 3° norte, hasta 22° sur, pero después de su propagación por el mundo, se ha adaptado a regiones templadas, como son los países europeos hasta 60° norte (Gómez, 1982).

## TIPOS DE PAPAS CULTIVADAS

Las papas cultivadas, constituidas por un número de especies o híbridos, pertenecen a la familia Solanaceae, sección Tuberarium, la cual comprende aproximadamente 150 especies tuberíferas.

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

Las papas diploides cultivadas ( $2n = 24$  cromosomas) corresponden a dos especies principales, *S. stenotomum* con tubérculos que requieren periodo de latencia y *S. phureja* que no tiene periodo de latencia definido. *S. stenotomum* es considerada como tipo ancestral, habiendo dado origen a *andigena* por duplicación cromosómica.

Los triploides cultivados ( $2n = 36$  cromosomas) de la especie *S. x chaucha* son posiblemente híbridos generados en forma natural, por cruzamientos entre *andigena* y *stenotomum* o *phureja*.

Otra especie triploide, *S. x juzepczukii*, es altamente tolerante a las heladas y puede haberse originado por hibridación natural entre la especie silvestre no tuberifera *S. acaule* ( $2n = 48$ ) y diploide *S. stenotomum*.

Un pentaploide, *S. x curtilobum* ( $2n = 60$  cromosomas) que se cree haberse originado por hibridación natural de *S. acaule* y *S. andigena*, es cultivado en las partes altas de los Andes, debido a su tolerancia a las heladas.

El hexaploide *S. demissum* ( $2n = 72$  cromosomas), ha sido usado como progenitor para obtener variedades resistentes al tizón tardío.

La perpetuación de muchas características genéticas diversas es atribuible a la propagación asexual por medio de tubérculos. La variabilidad existente dentro de los diferentes grupos de papa se cree que ha sido originada por: **1)** hibridación entre los diversos tipos; **2)** duplicación por cromosomas; **3)** mutación genética; **4)** mutación somática y perpetuación en la forma de quimeras. Se asume que las líneas clonales vegetativamente, como son las variedades aceptadas en la actualidad, son genéticamente estables, pero son capaces de variaciones en su descendencia y cambios a través de mutaciones somáticas (Hooker, 1980).

## VALOR NUTRIMENTAL DE LA PAPA:

Según Peirce (1987), las concentraciones de compuestos orgánicos y minerales de la papa son los siguientes:

CONSTITUYENTE	CANTIDAD
Agua	80 %
Energía	76.0 cal.
Proteína	2.1 gr
Grasa	0.1 gr
Carbohidratos	17.1 gr
Vitamina C	20.0 mg
Tiamina	0.1 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	1.50 mg
Calcio	7.0 mg
Fósforo	53.0 mg
Fierro	0.6 mg
Sodio	3.0 mg
Potasio	407.0 mg
Fibra	0.4 gr

La principal característica de la papa es su alta concentración de carbohidratos (en forma de almidones), así como un gran contenido de proteínas en comparación con el chile y el tomate. En lo que se refiere a su contenido de minerales y vitaminas, es similar a los mencionados anteriormente.

## **CICLO DE DESARROLLO**

Doorenbos y Kassan (1992) citados por Peña en 1998, mencionan que respecto a la duración de su ciclo de desarrollo, las variedades de papa pueden agruparse en tempranas que comprenden un ciclo de 90 a 120 días, intermedias de 120 a 150 días y tardías de 150 a 180 días. Las variedades tempranas producidas en climas templados requieren de una duración del día de 15 a 17 horas de fotoperíodo, mientras que las variedades tardías producen buenos rendimientos tanto en condiciones de días largos como en días con fotoperíodo corto.

## **VARIEDADES DE PAPA**

Una variedad es un tipo hereditariamente distintivo dentro de una especie, aplicando esta definición se verá que no sólo se justifica la aplicación de un nombre a una variedad los caracteres morfológicos, sino también los caracteres hereditarios como son rendimiento, calidad, resistencia a enfermedades, plagas o condiciones adversas del medio ambiente (Montaldo, 1984).

### **Variedades nacionales**

En México existe una gran diversidad de distintas variedades de papa, obtenidas por mutaciones gemarias y por hibridaciones. Suelen clasificarse, según el color en cinco grupos; tubérculos de color amarillo, rosados, rojos, violáceos y abigarrados

De acuerdo con datos proporcionados por el Doctor Melchor Cepeda Siller, maestro investigador de la UAAAN, entre las variedades más conocidas se encuentran las siguientes:

Alava	Frito Lay	Manchega	Prevalent
Alpha	Furore	Marciana	Red Pontiac
Amigo	Gallega	Margolin	Rojita
Arran	Gigant	Modesta Blanca	Royal
Atlantic	Greta	Mondial	San José
Banner	Herta	Montserrat	Saturna
Binjte	Inglesa	Moruna	Tollocan
Cardinal	Ileri	Mozamba	Turia
Claudia	Kennebec	Murca	Ullet
Churra	Kindney	Norteña	Yema
Desirée	King Edward	Palogn	Zafiro
Diamante	Learla	Patrones	
Early Robe	Malinche	Premier	

Aunque en México se cultivan actualmente 14 cultivares, los más importantes son siete: Alpha, López, Amarilla de Puebla, White Rose, Criolla del Nevado, Michoacán, Greta, Tollocan. Estos cultivares cubren el 95% de la superficie total cultivada.

## ETAPAS FENOLÓGICAS

Peña (1995) menciona que los rangos que se tomaron en cuenta para precisar el principio y/o final de una etapa fenológica dada, son los siguientes:

**1.- Etapa de crecimiento vegetativo:** Entendiéndose ésta como el desarrollo vegetativo a partir de la siembra y que se lleva a cabo en la planta, hasta llegar a la madurez morfológica (disminución de área foliar). Esta etapa a su vez se divide en:

- a) **Crecimiento vegetativo pre-emergente,** se entiende como crecimiento vegetativo pre-emergente, al tiempo transcurrido a partir de la siembra hasta llegar a la emergencia de la planta.
- b) **Crecimiento vegetativo post-emergente,** entendiéndose como tal al tiempo transcurrido desde la emergencia, hasta llegar a la disminución del área foliar.

**2.- Etapa de tuberización:** Entendiéndose ésta como el desarrollo de estolones y tubérculos, pudiendo empezar en etapas tempranas de etapa Ib, por ser muy variante. A su vez ésta se divide en:

- a) **Inicio de estolonización:** Se entiende como inicio de estolonización, al desarrollo de tallos subterráneos que podrán formar un tubérculo posteriormente.
- b) **Llenado de tubérculos:** Éste comienza cuando los estolones empiezan a especializarse convirtiéndose en tubérculos de aproximadamente 1cm.

**3.- Etapa de madurez:** Esta etapa fue dividida en:

- a) Madurez fisiológica:** En esta etapa la planta se encuentra en condiciones propicias para la reproducción.
- i. **Floración:** Representa el inicio de la reproducción y es tomada desde los primeros botones que se presentan en la planta.
- b) Madurez morfológica:** En esta etapa la planta empieza a deteriorarse, debido al envejecimiento de la misma y comienza a perder peso seco. Se subdivide a su vez en:
- i. **Disminución de peso seco:** En este punto la planta se encuentra en un periodo de senescencia, empezando a perder peso seco; entrando en esta etapa, la planta envejece rápidamente.
- ii. **Disminución de área foliar:** Ésta se manifiesta, cuando la cantidad de hojas, se ve disminuida por una parte, debido al marchitamiento, y además porque no se forman hojas nuevas, o al menos no con la misma rapidez con la que con la que se desarrollaban en las primeras etapas.

## **PRÁCTICAS CULTURALES**

### **Selección y preparación del terreno**

Enriquez (1998) menciona que la selección del terreno se debe de hacer de acuerdo a las condiciones de terreno que exija esta hortaliza, para que tenga un buen desarrollo, tomando en cuenta el tipo de suelo, su pH, tipo de clima, entre otros factores.

Las hortalizas de preferencia deben desarrollarse en terrenos planos, entendiéndose por plano, el terreno cuya inclinación entre la parte más baja y la más alta no exceda de una proporción del 4.5 %.

Una vez levantada la cosecha anterior del campo, se procede a la preparación del terreno. Esto se efectúa mediante los siguientes pasos:

#### **Ajuste de la acidez del suelo:**

De acuerdo al pH del suelo requerido para cultivar esta solanácea, podemos realizar el ajuste de pH del suelo en caso de que no sea el adecuado.

En suelos con un pH del suelo inferior al deseado, se aplican 3 000 kg/ha de cal. La mejor época para aplicar la cal es durante el tiempo seco. En donde, un suelo seco y suelto permite una mejor mezcla con la tierra, lo que redundará en una aireación eficaz y favorable. La cal requiere de un determinado tiempo para que tenga reacción con el suelo. La aplicación se efectúa, por lo menos, con un mes de anticipación a la siembra, siendo ésta en forma manual o al voleo con maquinaria.

## PREPARACIÓN DEL TERRENO

La papa es uno de los cultivos más exigentes en cuanto a condiciones físicas del suelo. La buena preparación de éste incluye una aradura profunda, seguida del paso de rastras correspondientes, hasta obtener un suelo bien mullido. No se puede pretender obtener buenos rendimientos y tubérculos de buena forma en suelos mal preparados (Montaldo, 1984).

Enriquez (1998) menciona que las principales operaciones para la preparación de la tierra son: el barbecho, el rastreo y la nivelación del terreno.

**Barbecho.-** El barbecho consiste en roturar el terreno. El suelo debe ser suave, profundo y mullido, esto para que las hortalizas tengan buen desarrollo. El barbecho se realiza con un arado mecánico, manual o tirado por tracción animal, se rotura la tierra a la mayor profundidad posible, recomendándose una mínima de 30 a 40 cm.

La roturación persigue dos objetivos: suavizar el suelo del cultivo y elevar a su medio los principios nutritivos que el agua ha llevado a lo profundo en su descenso gravitacional.

**Rastreo.-** El rastreo consiste en la roturación o descomposición de los terrones. La roturación del terreno hacen que afloren a la superficie pedruscos y terrones; pero como las hortalizas exigen un suelo suave al máximo, se deben de roturar los terrones o deshacerlos. Este trabajo no es difícil ni pesado, si se realiza en terreno seco, pero es sumamente laborioso cuando se realiza en terreno que tenga mucha humedad.

**Nivelación del terreno.-** Tras desmenuzar los terrones con la rastra, el productor procede a nivelar el terreno, cuidando que el terreno en donde se va a efectuar la siembra, no tenga un desnivel superior al 2 %. En extensiones

grandes, para realizar esta actividad se utilizan niveladoras modernas jaladas o tiradas por tractor.

Una vez que el terreno ha sido nivelado, termina la preparación del mismo, pues en él ya han sido reunidas todas las condiciones que las hortalizas precisan o requieren para un desarrollo normal.

Para muchos técnicos, posteriormente terminada la preparación del terreno, debe seguirse inmediatamente la siembra de la hortaliza; pero otros opinan que después de la preparación hay que regar el terreno a casi punto de saturación a fin de que el agua compacte la tierra y homogenice los constituyentes y los compuestos que se han agregado.

## **SIEMBRA**

Para la siembra de la papa, se usan tubérculos como semillas. Es importante que el productor utilice semillas certificadas, pues poseen garantías en cuanto a calidad, pureza de variedad, sanidad y vigor, además de que aseguran un alto rendimiento.

### **Semillas**

Las características deseadas de calidad que deben de reunir las semillas, son las siguientes:

- Variedad apropiada y genéticamente buena.
- Tamaño uniforme, con un peso entre 40 y 50 gr. cada una.
- Tubérculos enteros, sin daños, para evitar enfermedades.
- Libre de plagas y enfermedades.
- Material no muy seco, ni arrugado.

Las semillas se deben de conseguir antes de empezar con la preparación del terreno, y se almacenan en un lugar fresco y bien aireado. Si los brotes crecen demasiado en el almacén, se debe de remover la semilla para que no se junte. Durante el manejo se debe de tener cuidado de que los brotes no se quiebren. Unos días antes de la siembra deberán sacarse las semillas, esto con el propósito de que se adecuen a la temperatura en donde serán sembradas.

### **Importancia de la siembra correcta**

La siembra correcta asegura la emergencia rápida y la uniformidad del cultivo. Estos dos factores son afectados por las condiciones del tubérculo – semilla y del suelo. Las condiciones del tubérculo – semilla están determinadas por el estado fisiológico de los tubérculos, su tamaño y sus condiciones físicas.

Las condiciones del suelo están determinadas por su estructura, humedad y temperatura. Por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones de humedad y temperatura. La distancia y el procedimiento de siembra dependen de factores agronómicos y de la experiencia que se tenga en cada región.

La siembra correcta asegura:

- Emergencia rápida.
- Uniformidad del cultivo.

**Emergencia rápida.**- Los brotes de papa, antes de emerger del suelo, están expuestos a numerosas enfermedades y plagas. Las condiciones favorables de crecimiento aceleran la emergencia y reducen el tiempo que los brotes están expuestos al peligro. El deterioro del tubérculo – semilla y las pérdidas del cultivo son reducidas.

**Uniformidad del cultivo.-** La uniformidad del cultivo es determinada por la uniformidad de la emergencia y el desarrollo de la planta. En un cultivo uniforme se hace más fácil las labores culturales (aporque, riego, aplicación de agroquímicos y cosecha). La uniformidad del desarrollo de la planta es especialmente importante en la producción de tubérculos – semillas. La identificación visual de las plantas enfermas es difícil cuando las plantas están en diferentes etapas de desarrollo o distribuidas en forma irregular (Cortbaoui, 1988)

**Cuadro 8.- Época de siembra y cosecha:**

<b>ESTADOS / REGIÓN</b>	<b>CULTIVARES</b>	<b>ÉPOCA DE COSECHA</b>
<b>GUANAJUATO:</b> San Francisco del Rincón, León, Romita y Silao	Alpha, Prevalent, Amigo, Cardinal, Procura	De mayo 1 a jun. 30.
<b>HIDALGO:</b> Metztitlán	Rosita, Alpha Furore	De ene. 15 a feb. 28. De dic. 15 a feb. 28.
<b>HIDALGO, MÉXICO, PUEBLA, TLAXCALA Y VERACRUZ:</b>	López, Alpha, Puebla, Leona, Atzimba, Rosita, Rojita, Yema	De jun. 15 a sept. 15.
<b>MICHOACAN:</b> Tecámbaro, Zamora y Jacona	Rosita, Alpha, Patrones Alpha, Furore, Patrones	De mayo 1 a jun. 15. De ene. 1 mzo. 28.
<b>NAYARIT:</b> Valles	Lópes, Atzimba, Greta, Alpha.	De feb. 30 a mayo 30.
<b>QUERETARO:</b>	Alpha, Patrones, Furore.	De mayo 1 a jun. 30.
<b>SINALOA:</b> Valles del Fuerte y del Carrizos	White Rose, Alpha, Patrones	De ene. 15 a abril 30.
<b>SONORA:</b> Valle del Mayo	Alpha, Patrones	De feb. 10 a abril 15. De ene. 15 a abril 30.

**FUENTE:** UNPH (1986).

Para una adecuada determinación de la época de siembra, el productor debe de observar la temperatura, la humedad y el fotoperíodo. Para que los brotes formen tallos y raíces, la temperatura del suelo deberá ser superior a 10 °C. Se debe de prever que más tarde la temperatura del suelo suba

considerablemente para un buen desarrollo de la planta, para estimular la tuberización, la temperatura debe de ser de 15 a 20 °C, dos o tres meses después de haber realizado la siembra.

En regiones en las que no se cuente con una estación marcada de lluvias, la siembra se realiza antes de que éstas empiecen, con el propósito de tener bastante agua durante la época de crecimiento. En este caso, la cosecha se efectúa al final del periodo pluvial.

En las regiones, en donde se tenga una temperatura adecuada y una precipitación suficiente, lo que va a determinar principalmente la época de siembra es el factor fotoperiodicidad. En este caso se siembra al finalizar la estación en los cuales los días son cortos, para asegurar una buena tuberización en la época de días largos. Sin embargo, existen también variedades que no son tan sensibles, y éstas se usan especialmente para la producción de papas en áreas semiáridas.

### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra está determinada por:

- a) La fertilidad del suelo.
- b) La provisión de humedad disponible.
- c) El tamaño de la semilla.
- d) La variedad.
- e) El propósito del cultivo.

Estos factores afectan el espaciamiento de la semilla tanto dentro como entre los surcos (Delorit y Ahlgren, 1983).

La densidad promedio es de 30 000 a 60 000 plantas por hectárea. Cuando se siembran 40 000 plantas de papa por hectárea, es decir, que en cada metro cuadrado se tienen 4 plantas. En regiones semiáridas sin riego, se

siembran alrededor de 5 plantas por metro cuadrado, o sea, que se tienen 50 000 plantas por hectárea. Cuando se cuenta con mucho agua disponible, se siembran como mínimo 3 plantas por metro cuadrado, lo anterior se muestra en el cuadro 9.

En la hilera, la distancia entre las plantas es el resultado de la cantidad de plantas por hectárea dividido entre la distancia que hay entre hileras.

**Cuadro 9.- Densidad de siembra:**

<b>Plantas por hectárea</b>	<b>Distancia entre hileras.</b>	<b>Distancia entre plantas.</b>
30 000	0.50 m	0.67 m
40 000	0.50 m	0.50 m
50 000	0.50 m	0.40 m
60 000	0.50 m	0.33 m
30 000	0.67 m	0.50 m
40 000	0.67 m	0.37 m
50 000	0.67 m	0.30 m
60 000	0.67 m	0.25 m
30 000	0.75 m	0.44 m
40 000	0.75 m	0.33 m
50 000	0.75 m	0.27 m
60 000	0.75 m	0.22 m
30 000	0.90 m	0.37 m
40 000	0.90 m	0.28 m
50 000	0.90 m	0.22 m
60 000	0.90 m	0.19 m

En un caso especial, cuando se trata para producción de semilla, el objetivo es obtener 60 000 plantas por hectárea.

La distancia entre hileras varia de 0.50 a 0.90 m, dependiendo mucho del tipo de clima y suelo. La estandarización de la maquinaria establece distancias de 0.50, 0.67, 0.75 y 0.90 m entre hileras.

### **Profundidad de siembra**

La profundidad de siembra está determinada por distintos factores, los más importantes son:

- a) La época de siembra.
- b) El tipo de suelo.
- c) Las condiciones climáticas prevalentes.
- d) El tipo de labores que se practiquen.

La siembra más profunda se hace generalmente cuando se tienen las siguientes condiciones:

- a) En suelos ligeros o en condiciones de precipitación limitada.
- b) En las siembras tardías.
- c) Cuando se hace un cultivo sin levantar surcos.

Guerrero (1981) menciona que generalmente, la siembra suele hacerse a una profundidad entre 7 y 8 cm de profundidad, después de nacida se va aporcando, mediante la práctica de cultivos (aporques) sucesivos.

Cortbaoui (1988) menciona que, un ajuste en la temperatura y humedad del suelo, es un factor importante para determinar la profundidad de siembra:

**Ajuste a la humedad del suelo.-** El suelo se seca más rápidamente en la superficie. Si el suelo está seco, siembre profundamente. Si el suelo está húmedo siembre superficialmente.

**Ajuste a la temperatura del suelo.-** Durante el día el suelo es más caliente en la superficie. Si el suelo está caliente, siembre profundamente. Si el suelo está frío, siembre superficialmente.

Si el suelo está frío y seco, se siembra profundamente y luego se reduce la altura del camellón. Si el suelo está caliente y húmedo, siembre profundamente y se debe de promover un buen drenaje.

La profundidad varía entre 1 y 15 cm abajo del nivel de campo. En climas de temperaturas altas se siembra a mayor profundidad que en climas templados.

La siembra se realiza según el clima, tipo de suelo y la provisión de agua de riego o de lluvia, y se menciona en el cuadro 10, aproximadamente a las siguientes profundidades:

**Cuadro 10.- Profundidad de siembra:**

<b>CLIMA</b>	<b>SUELO</b>	<b>HUMEDO</b>	<b>SECO</b>
Caliente	Arcilloso	7	12
	Arenoso	12	15
Semiárido	Arcilloso	5	10
	Arenoso	10	12
Templado	Arcilloso	1	3
	Arenoso	3	7

### **Métodos de siembra**

Existen varios métodos para sembrar papas. Lo más sencillo es abrir un hueco en la tierra, meter el tubérculo y taparlo. Pero este método no es

correcto ni adecuado, ni para obtener un alto rendimiento, ni para la eficiente ejecución de las operaciones como son las de cultivo y las de cosecha.

Cuando se siembran papas de esta manera, resulta que ni las distancias entre papas y entre hileras quedan uniformes. Lo cual trae como consecuencia una baja en el rendimiento y en la calidad.

Si en las hileras, las distancias entre papas son irregulares, se obtienen una cosecha de papas de tamaño chico y grandes, y sólo algunas de tamaño adecuado.

El método de siembra, va a estar determinado de acuerdo a la experiencia que se tenga en cada región.

**Siembra a mano:** Usted puede sembrar los tubérculos – semillas en:

- Surcos.
- Camellones.

**Siembra en los surcos:** Se hace uso de palas, azadones, arados o acanaladoras para formar surcos. Se debe de mezclar bien el fertilizante en el fondo del surco con tierra para evitar que se quemen los brotes y las raíces. La siembra de los tubérculos – semillas se hace en el fondo del surco y se cubren con tierra.

**Siembra en los camellones:** Se siembran los tubérculos – semillas al lado o en el centro de los camellones, abriendo surcos u hoyos individuales.

### **Siembra Mecanizada**

La siembra mecanizada, ya sea semiautomática o automática, al mismo tiempo prepara los surcos, coloca los tubérculos – semillas y algunas veces el

fertilizante, y cubre los tubérculos. La eficiencia de la siembra mecanizada está determinada por:

- Tipo de maquinaria,
- Habilidad del operador,
- Tamaño del área de cultivo,
- Declive del terreno,
- Calidad de la preparación del suelo.
- Uniformidad del tamaño de los tubérculos – semillas.

Las sembradoras semiautomáticas son menos costosas y complicadas que las completamente automáticas y puede ser una alternativa para la siembra a mano donde se necesita algún grado de mecanización.

Al usar equipos surcadores, abridores de huecos, o máquinas sembradoras, se obtienen una profundidad de siembra más regular.

## **MANEJO DEL CULTIVO**

El manejo del cultivo consiste en las diversas operaciones, que el productor debe de aplicar de acuerdo a las necesidades que se presenten durante el desarrollo del cultivo. Las operaciones son las siguientes:

### **Aporque**

El aporque se realiza para formar camellones o caballotes mediante implementos manuales o con maquinaria, como surcadores o discos alomadores. Esta operación consiste en amontonar la tierra arriba de los tubérculos.

El aporque tiene los siguientes objetivos:

- La eliminación de malezas.
- Conservar el suelo con una buena estructura.
- Obtener un buen control de la humedad.
- Facilitar el desarrollo de la planta y el crecimiento de los tubérculos.
- Facilitar el riego por surcos.
- Proteger a los tubérculos contra los rayos solares.

El objetivo más importante es el control de la humedad en la zona en donde se encuentran las raíces y los tubérculos. La papa requiere de bastante agua, pero un ambiente muy húmedo va a causar enfermedades. El suministro de agua debe ser uniforme y no excesivo.

En zonas, en donde los suelos son arcillosos y las condiciones son muy húmedas, se exige una siembra superficial y la construcción de los camellones relativamente grandes, esto con el propósito de que la semilla y los tubérculos se encuentren bien drenados, y en los suelos arenosos se realiza lo contrario.

## **Riego**

Durante el ciclo del cultivo la papa requiere de una abundante provisión de agua, especialmente durante la floración y la formación de los tubérculos. La papa puede aguantar una sequía transitoria, pero ésta no debe ocurrir durante la formación de los tubérculos, por que esto traería como consecuencia una reducción muy significativa en el rendimiento.

Los riegos deben ser frecuentes y ligeros. Es preferible un riego con poca agua cada dos semanas, en vez de que se dé un riego más fuerte cada mes, para evitar rajaduras. El último riego se aplica 2 ó 3 semanas antes de la cosecha.

Una lluvia o un riego fuerte después de una sequía prolongada, es especialmente desventajoso, por que propicia fácilmente rajaduras en los tubérculos. La alta humedad ambiental después de una lluvia o riego fuerte, también promueve enfermedades.

Se puede regar por aspersión o por inundación por los surcos, en caso de un cultivo denso es mejor una inundación de los surcos para evitar una mojada excesiva de la parte vegetal.

La cantidad de agua por aplicar depende del tipo de suelo y del clima. Los suelos arenosos necesitan más agua en comparación con los suelos arcillosos. Especialmente en el caso de los suelos arenosos se pierde mucha agua por infiltración.

### **Fertilización**

La papa generalmente se fertiliza al momento de sembrarla, ya sea en bandas, a un lado del surco o en el fondo de este a 1 ó 2 cm abajo del tubérculo que se usa como semilla; cuando se deposita en el fondo del surco se hace en el momento del surcado.

La fertilización recomendada por la SARH (1986) es de 200 – 400 – 200 de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

**Cuadro 11.- Época de aplicación del fertilizante en el cultivo de papa (SARH, 1986)**

Época de aplicación	Material técnico kg/ha		
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)
En la siembra	100	400	200
En la primera escarda	100	0	0

De acuerdo con el cuadro anterior, sólo se aplica el 50% del nitrógeno en el momento de la siembra, debido a su alta movilidad para evitar pérdidas. El otro 50% se aplica en la primera escarda. La totalidad del fósforo y el potasio se aplica al momento de la siembra.

Como resultado de las investigaciones llevadas a cabo por el Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se reportan las siguientes dosis óptimas económicas de fertilizantes (UAAAN, 1997).

Nitrógeno (N)	200 kg/ha
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	450 kg/ha
Potasio (K <sub>2</sub> O)	200 kg/ha

La papa requiere altos niveles de fertilidad de suelo para una buena producción. Una cosecha que tiene un rendimiento alrededor de 40 toneladas por hectárea extrae del suelo las siguientes cantidades aproximadas de elementos esenciales:

139 kg de Nitrógeno

21 kg de Fósforo

165 kg de potasio

8 kg de Calcio

15 kg de Azufre

15 kg de Mg y cantidades mínimas de elementos menores o

trazas.

**Nutrientes.-** Son elementos esenciales que proporcionan las condiciones óptimas que se requieren para un mejor desarrollo del cultivo.

Los nutrientes de mayor importancia son los llamados primarios, y son el nitrógeno, fósforo y potasio. La importancia de cada uno de ellos, se manifiesta como sigue:

**Nitrógeno:** La papa necesita de este elemento durante todo su ciclo de vida, especialmente en la fase vegetativa. Con altos niveles de nitrógeno, la planta forma más follaje sacrificando la tuberización.

**Fósforo:** La papa necesita este elemento para estimular su crecimiento y la formación rápida de las raíces.

**Potasio:** La papa requiere de este elemento especialmente por la alta producción de almidón. Este elemento proporciona a la planta gran vigor y ayuda al desarrollo de los tubérculos.

Los nutrientes secundarios, como el calcio, magnesio y azufre y micronutrientes tales como el boro, cobre, hierro, molibdeno, zinc y cloro, son requeridos por la papa en cantidades menores y, por lo general, no presentan problemas (SEP, 1982).

**Deficiencias Nutricionales.-** La planta de papa, como todos los vegetales, necesita extraer nutrientes disueltos en el agua absorbida por las raíces, para utilizarlos como constituyentes y reguladores del metabolismo; los principales elementos son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Además, requiere de otros que absorbe en cantidades mínimas.

La falta parcial de uno o más elementos ocasiona trastornos funcionales y la carencia total de alguno puede impedir o frustrar el crecimiento del cultivo.

**a) Deficiencia de Nitrógeno:**

Se manifiesta en las hojas un color verde pálido, amarillento. En los brotes de los folíolos apicales aparece una fina banda castaño – oscura, que se curva suavemente hacia arriba. Se produce una defoliación anticipada. La deficiencia de nitrógeno causa reducción en el crecimiento y clorosis. Las plantas se ponen amarillentas y débiles. La producción es reducida y está compuesta por tubérculos pequeños.

**b) Deficiencia de Fósforo:**

El fósforo es importante, especialmente para el crecimiento de la raíz y la formación de la semilla. La deficiencia de fósforo puede causar desarrollo pobre del sistema radicular; produce menor desarrollo vegetativo, las hojas comienzan por ralearse y, según las variedades, cambian su color que puede variar desde un verde desteñido hasta un tono ligeramente pardo rojizo. Se retarda la maduración de la papa.

**c) Deficiencia de Potasio:**

La deficiencia de potasio se evidencia por la decoloración de las hojas inferiores, que se ponen de color amarillo y pardo, y por la necrosis de los bordes de las hojas. Las hojas se estrechan en su posición y toman una ligera curvatura hacia abajo. En los últimos estados, se produce la muerte anticipada de los folíolos superiores más desarrollados.

**d) Deficiencia de Magnesio:** El primer síntoma es un amarilleo intervenal de los tejidos de las hojas apicales. Posteriormente, esas áreas se tornan castaño oscuras y quebradizas necrosándose los bordes. La planta se desarrolla mucho menos que una normal.

**e) Deficiencia de Calcio:**

El calcio es un elemento inmóvil. Si existe una deficiencia de calcio, el nuevo tejido meristemático no tiene acceso a la cantidad requerida para un

adecuado desarrollo. La deficiencia de calcio llega a manifestarse en la falta de desarrollo de las yemas terminales.

**f) Deficiencia de Azufre:** La deficiencia de azufre retarda el crecimiento de la planta. Las plantas se ponen uniformemente cloróticas, raquílicas y alargadas con tallos débiles.

**Momento de Aplicación de los Nutrientes.-** La SEP (1982) menciona que se consideran tres momentos para aplicar los nutrientes: al arar, al sembrar y a la cobertura.

Al arar:

En suelos francos y arcillosos, los fertilizantes orgánicos deben ser aplicados y enterrados inmediatamente por araduras superficialmente antes de la labranza primaria. En terrenos ligeros podrá incorporarse el estiércol un poco antes de la siembra de los tubérculos mediante una rastra de discos.

Al sembrar:

Los fertilizantes químicos se pueden aplicar al voleo o incorporarlos mediante la labranza secundaria. También se pueden aplicar fertilizantes químicos al sembrar las papas, colocándolos en el surco con los tubérculos. En esta época se recomienda aplicar todos los fertilizantes de potasio y fósforo y el 40% de los fertilizantes nitrogenados.

A la cobertura:

Cuando el follaje de la papa empieza a cerrarse entre hileras, se suministra el resto del nitrógeno. Se riega inmediatamente después.

Otro método es la aplicación de fertilizantes foliares por aspersion: por ejemplo, en el caso de microelementos como hierro, zinc, cobre, manganeso, o elementos complejos como aminoácidos.

También se pueden aplicar dosis moderadas de elementos mayores con este sistema a fin de corregir deficiencias o desbalances nutricionales.

### **Control de malezas**

Para mencionar lo referente a malezas, podemos decir, que el control de éstas es un aspecto muy importante en el cultivo de papa. La maleza compite con la papa fuertemente por el agua, los nutrientes, luz y espacio, también son hospederas de plagas y enfermedades que posteriormente se transmiten al cultivo.

### **Conceptos de maleza**

Es considerada como maleza aquella planta que se encuentra en un lugar inapropiado. Las malas hierbas por sí mismas pueden ser, en otras situaciones, plantas valiosas.

Las malezas abarcan todo tipo de plantas nocivas como árboles, plantas de hojas anchas, pastos, juncos, junquillos, plantas acuáticas y flores de plantas parasíticas (cuscuta spp, y el muérdago).

Son especies vegetales frecuentemente prolíficas, y persistentes, que dificultan las operaciones agrícolas, aumentan el trabajo, hacen subir los costos y reducen los rendimientos y calidad de la cosecha.

La exterminación de las plantas arvenses puede efectuarse 12 días después de la siembra, mediante una pasada con rastra de dientes flexibles. Esta operación se repite una vez que el cultivo se ha desarrollado en plantas con un sistema radicular bastante profundo.

El control mecánico de las malas hierbas se realiza también en gran parte durante las operaciones de aporque. Al mover la tierra hacia las plantas, se cubren las malas hierbas.

En la actualidad, existe un gran rango de herbicidas para el control químico de plantas arvenses en el cultivo de papa, aunque con las operaciones anteriormente mencionadas se puede combatir de una manera eficaz a las malezas en la mayoría de los casos.

Basándose en las características de las malezas existen algunos productos químicos con los que se puede realizar un control efectivo, tales como: Afalon 50 PH (preemergente), Amigo (preemergente y postemergente), Cañex 80 (preemergente), Cention 800 FLO (preemergente), Curmex/Diunox (preemergente), Ditox 800 (preemergente), Glyf 360 (preemergente), Gramoxone no selectivo (postemergente), Sencor (preemergente y postemergente), Prowl 400 (pre-siembra incorporado y preemergente), Treflan CE (preemergente) (Diccionario de Especialidades Agroquímicas, 1999).

Los herbicidas requieren de 200 a 500 litros de agua por hectárea para regarse bien, los herbicidas que se aplican directamente en el suelo necesitan más agua, en comparación con los herbicidas que se mezclan con tierra. La tierra debe estar húmeda cuando se aplican los herbicidas.

### **Control de Plagas y Enfermedades**

Tanto las enfermedades como ciertas plagas y condiciones ambientales desfavorables, producen pérdidas económicas en el cultivo de la papa. La prevención de la aparición de una enfermedad así como la de su desarrollo y dispersión es un factor de capital importancia para tener éxito en la producción de papas.

La presencia de una enfermedad se expresa en diferentes términos: endémica, epidémica y esporádica (Alonso, 1996).

**ENFERMEDADES ENDÉMICAS:** Son aquéllas que ocurren o aparecen naturalmente, es decir, son típicas o características de una zona determinada. El organismo responsable de estas enfermedades puede sobrevivir durante períodos de tiempo y a veces en condiciones desfavorables, bien en el suelo, o en plantas hospederas. Cuando se tienen presentes las condiciones ambientales adecuadas, las enfermedades endémicas se desarrollan y se extienden.

**ENFERMEDADES EPIDÉMICAS:** Son aquéllas que aparecen de manera general en muchas y amplias zonas, produciendo normalmente daños considerables.

**ENFERMEDADES ESPORÁDICAS:** Son las que se presentan rara vez y a intervalos irregulares de tiempo en una zona determinada o en una extensa zona geográfica.

Las enfermedades se pueden desarrollar: en el campo, en el almacén, durante el transporte, en el mercado y en último extremo en casa del consumidor.

Para prevenir estas plagas y enfermedades, es oportuno que el productor use semilla certificada, o que trate la semilla con plaguicidas adecuados. Si se usan tubérculos enteros en la siembra, se recomienda tratarlos con Captan 50% a razón de 1.0 kg./200 litros de agua, sumergiéndolos por 10 a 15 minutos 24 horas antes de la siembra; PCNB, Ceresan o Agallol en la proporción de 0.5 a 1.0 kg./100 litros de agua por cada 1500 kg. de semilla, debe hacerse en un lugar que este sombreado y ventilado.

Cuando los tubérculos por sembrar son muy grandes, hay necesidad de cortarlos, esta operación debe hacerse de 4 a 6 días antes de la siembra y se les trata con Captan 75% para que cicatricen y en esta forma evitar la penetración de patógenos, deben almacenarse estas partes de tubérculos a una temperatura de 18°C con muy buena humedad y ventilación. En el tratamiento de estas partes de tubérculos también se puede usar Zineb 80% a razón de 0.25 a 0.35 por cada 100 litros de agua (UAAAN,1997).

También es muy importante tratar la tierra para prevenir la diseminación de plagas durante el cultivo, por que siempre es mejor prevenir los daños, que tratar de remediarlos cuando el cultivo ya ha sido invadido por los diversos agentes fitopatógenos. En estas circunstancias muchas veces ya no se pueden controlar.

Existen muchos plaguicidas para combatir los daños. Los productos químicos que se deben utilizar, dependen del tipo de la plaga. Por esto es necesario conocer las plagas más dañinas y la morfología completa de la planta.

A continuación se mencionan las principales plagas y enfermedades de la papa:

### **Principales plagas:**

- Rayado de la papa o pulga saltona (*Epitrix spp*).
- Catarinita de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Kroatz).
- Chicharritas (*Empoasca kraemeri*).
- Gusano de alambre (*Agriotes spp*).
- Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood).
- Palomilla de la papa (*Phthorimae operculella* Zeller).
- Diabrotica (*Diabrotica ssp*).

- Pulgón de la papa (*Macrosiphum solanifolii* Ashmead).
- Pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer).
- Gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner).
- Nemátodo dorado (*Globodera rostochinensis* Wr).
- Anguilulosis de la papa (*Dytilenchus dipsaci* Kuhn) (*Dytilenchus destructor*).

### **Enfermedades producidas por bacterias:**

- Pierna negra (*Erwinia caratovora* Jones).
- Marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum* E. F. Smith).
- Necrosis bacteriana (*Clavibacter michiganensis ssp. sepedonicus*).
- Sarna común (*Streptomyces scabies*).

### **Enfermedades producidas por hongos:**

- Mildiu o Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
- Tizón temprano (*Alternaria solani*).
- Sarna plateada (*Helminthosporium solani*).
- Costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani* Kuhn).
- Sarna verrugosa (*Synchytrium endobioticum*).
- Sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea*).
- Fusarium (*Fusarium solani*).
- Gangrena (*Phoma exigua*).
- Vertilocis (*Verticillium albo – atrum*).
- Mancha de la piel (*Oospora pustulans*).

**Enfermedades causadas por virus:**

- Enrollamiento foliar de la papa (PLRV).
- Virus “y” de la papa (VYP).
- Virus “x” de la papa (VXP).

**Problemas producidos por causas medioambientales:**

- Corazón negro.
- Tubérculos helados.
- Necrosis por sequía.
- Daños en el follaje por bajas temperaturas.
- Crecimientos secundarios.
- Tubérculos pelados y magullados.
- Tubérculos agrietados.
- Verdeo.
- Daños producidos por granizo, viento y rayos.
- Podredumbre apical gelatinosa.
- Quemadura por fertilizante.
- Lenticelosis.
- Necrosis por calor y sequía.
- Mancha negra interna.
- Necrosis reticular.

**Corte del follaje**

El motivo por el que se destruye el follaje de la planta es para facilitar la recolección y para permitir que la piel de los tubérculos se vaya endureciendo (Alonso, 1996).

El corte del follaje debe hacerse a ras del suelo, se puede utilizar una guadaña, machete, etc., pero esta práctica ya no es muy común. En la actualidad los agricultores utilizan una desvaradora, la cual es accionada o impulsada por un tractor.

En lugares donde se sabe que hay infestación de palomilla se aconseja sellar los surcos con un aporque para evitar el ataque de la plaga e intemperización de los tubérculos. Después de realizar el desvare se deja reposar los tubérculos por 15 a 20 días antes de la cosecha.

El reposo que se da después de haber cortado el follaje, es para que la cutícula del tubérculo adquiera consistencia o firmeza y se tenga una buena presentación al llevarse al mercado. En el caso de que la producción se destine para semilla certificada, se recomienda usar defoliante o desecante. Como defoliante se usa Reglone (Dicuat) en una dosis de 5 lt/ha.

Otro herbicida desecante ya preparado consiste en usar un preemergente 4 litros, 1 litro de emulsificante y 50 litros de diesel; esta mezcla se agrega en 400 litros de agua para aplicación terrestre. En el caso a veces hay necesidad de desvarar y también de dejarse reposar el tubérculo en el surco de 15 a 20 días antes de la cosecha.

## **COSECHA**

Después de 15 ó 20 días de haber cortado el follaje, se sacan unas papas y se les frota y si no se les desprende la cutícula es el punto y podemos cosecharlas, pues esto nos indica que la papa soportará el manejo de la cosecha y el traslado del campo a los centros de consumo o a las bodegas de almacenamiento. Si la cutícula se desprende se dejan unos días más hasta que esto no ocurra.

La cosecha generalmente se realiza con cosechadoras mecánicas; la recolección de los tubérculos es a mano y se usan arpillas para su traslado del campo a los centros de consumo o a las bodegas (UAAAN, 1997).

### **Clasificación y Selección**

La clasificación y selección de los tubérculos puede hacerse en el campo de producción donde se llevó a cabo la cosecha; sin embargo, es preferible llevarla al almacén, donde esta operación es más fácil y permite hacerla con mayor cuidado.

Cuando no se cuenta con la maquinaria especial para la selección de los tubérculos, estos se pueden separar a mano; es muy común ver que en zonas productoras de papa esta selección se realiza basándose en tres tamaños diferentes: grandes (primeras), medianos (segundas) y chicos (terceras). Una vez realizada la selección de las papas primeras, segundas y terceras, se levanta toda la papa que se va quedando en el terreno, y a ésta se le llama “arrastre”, que son todas aquellas papas que se quedan una vez realizada la selección, y en éstas se incluyen papas de primera, segunda y tercera calidad, así como también papas deformadas comúnmente llamadas “monos”.

### **ALMACENAMIENTO**

El método de almacenamiento que busca el productor, es aquél, que le permita conservar los tubérculos almacenados con el mismo peso con el que fueron puestos en el almacén; esto significa que los tubérculos que se van a vender, al sacarlos del almacén no se hayan marchitado, ni tampoco cambiado su composición química.

Un buen almacenamiento significa que los tubérculos conservados deben permanecer firmes, sin marchitarse, enfermarse, ni germinar y con un contenido de azúcares reductores de 0.25 % aproximadamente.

Una bodega refrigerada debe mantenerse de 4 a 6° C. Las bodegas que se utilizan para almacenar las papas deben ser frescas, oscuras y ventiladas. Es necesario proporcionar algo de humedad por medio de arpillas mojadas, distribuidas en el interior del almacén, lo anterior se logra mediante la distribución de tanques de 200 litros de agua en todo el almacén, en los cuales se pueden mojar las arpillas.

Es necesario mantener bien controlado el almacén para evitar pérdidas por plagas y enfermedades de almacenes. Si se presentan problemas, es necesario hacer aplicaciones de productos químicos, según la plaga o enfermedad.

Valdez (1994) menciona que durante el almacenamiento de los tubérculos se distinguen tres fases, mismas que se describen a continuación:

1° Fase de Curación: Ésta sucede cuando las heridas se suberizan y la piel de la papa adquiere mayor consistencia. Esto se lleva a cabo siempre y cuando la humedad relativa sea de 75 a 85 % y las temperaturas oscilen entre 7 y 12° C. Es importante mencionar que en esta fase existe una gran actividad fisiológica con mucha pérdida de agua por transpiración y respiración. Si las heridas no suberizan son una puerta de entrada a los patógenos.

2° Fase de Dormancia: Esta fase se caracteriza por la baja tasa de respiración y transpiración, y su duración es de acuerdo a la variedad de papa.

3° Fase de Brotación: En esta etapa los tubérculos – semilla inician su brotación y durante este periodo aumenta la intensidad de la respiración y, lógicamente, la pérdida de agua.

## IV. DESCRIPCIÓN DE LA COSTRA NEGRA DE LA PAPA (*Rhizoctonia solani* Kühn)

### GENERALIDADES

A finales del siglo XVIII, los micólogos europeos descubrieron un hongo parásito del Azafrán *Crocus sativus* L. describiéndolo como “Mal vinoso”. En 1801, Persson, considerando a este hongo como una forma estéril, lo clasificó en el género *Sclerotium*. De Condall, en 1815, lo clasificó como el género *Rhizoctonia*, designando como *Rhizoctonia crocurum* (Persi) DC. a la especie parásita del azafrán y asignando a las especies afines sobre alfalfa y manzano los nombres de *R. medicaginis* DC. y *R. mali* DC., respectivamente. Los hermanos Tulasne, publicaron en 1862, el primer estudio morfológico extenso sobre este género y consideraron que las formas parásitas sobre azafrán y alfalfa pertenecen a la misma especie. Kühn en 1958, describe una enfermedad provocada por *Rhizoctonia* en papa; esta enfermedad la consideró distinta a la del “mal vinoso” proponiendo el nombre al hongo causante de ella como *Rhizoctonia solani* Kühn (Walker, 1975).

León (1988) menciona que la especie *R. solani* está distribuida en todo el mundo, donde la humedad y la temperatura son adecuadas y ataca a una gran variedad de plantas silvestres y cultivadas; además dice que la mayoría de los cultivos hortícolas son susceptibles a este parásito, así como una gran variedad de plantas monocotiledóneas. Este hongo puede ocasionar “dampig off”, pudrición o cáncer en el tallo, tizones o manchas foliares y pudrición durante el almacenaje.

El mismo autor cita que el hongo *R. solani* tiene su estado perfecto en *Pellicularia filamentosa* (Pat) Rogers.



agregaciones más complejas con pequeñas hifas ramificadas llamadas cojinetes de infección.

### **Estado sexual de *R. solani***

Sarasola (1975) y Agrios (1991) coinciden en señalar que *R. solani*, rara vez produce su estado perfecto. Éste se ubica en el Basidiomyceto conocido como *Thanatephorus cucumeris*, el que se forma cuando hay suficiente humedad, esto desarrolla un micelio fino en el suelo, hojas y tallos infectados que se encuentran por arriba de la superficie del suelo. Los basidios tienen forma de barril, miden de 15 a 8 por 8 a 10 micras, formándose sobre una capa membranosa de micelio y tienen cuatro esterigmas, cada una de ellos lleva una basidiospora ovoide hialina de 7 a 16 por 5 a 15 micras.

Abundantes estudios demuestran que *Thanatephorus cucumeris* (Frank) es el estado sexual de *R. solani* (Anguiz y Martín, 1989). Los basidios son subcilíndricos o claviformes con cuatro esterigmas que salen a manera de verrugas, adoptan más tarde la forma de un cuerno; las basidiosporas son elipsoides u oblongos, con paredes delgadas aplanadas en el lado interno, un poco más ancha debajo de la porción media.

### **Grupos de Anastomosis de *R. solani***

*R. solani* se encuentra dividido en grupos basados en la anastomosis hifal; ésta es una manifestación somática mostrando incompatibilidad entre aislamientos que no son del mismo grupo, mientras que aislamientos del mismo grupo de anastomosis (GA) pueden anastomarse entre sí; se menciona que los aislamientos pertenecientes de GA – 3 frecuentemente son identificados como la causa principal de la enfermedad de *Rhizoctonia solani* de la papa, aunque recientemente los investigadores han llamado la atención de la patogenicidad

contra la papa en aislamientos de GA – 4 y GA – 5. En adición representantes de otros grupos de anastomosis de *R. solani*, también han sido asociados con las plantas enfermas de papa, incluyendo GA – 1, GA – 2, GA – 2 – 2 y GA – 9 (Carling y Leiner, 1990).

Bandy *et al* (1988) mencionan que numerosos reportes han demostrado que los miembros del GA – 3 de *R. solani* son los mayores patógenos asociados a lesiones en tallos de papa y de esclerocios en tubérculos.

## **IMPORTANCIA**

*R. solani* es un hongo que ataca a un amplio rango de hospederos que incluye: frutales, hortalizas, plantas ornamentales, árboles frutales, cultivos básicos, entre otros, produciendo cuantiosas pérdidas. En México, *R. solani* ha ocasionado pérdidas hasta del 30 % en la producción de lechuga (Gutiérrez y Romero, 1980), y en frijol causa pérdidas de hasta el 50 % (Campos, 1987).

Agrios (1991) dice que las enfermedades ocasionadas por *Rhizoctonia* ocurren en todo el mundo y producen pérdidas en la mayoría de las plantas anuales, incluyendo a las malas hierbas, casi a todas las hortalizas, plantas ornamentales, varios cultivos mayores y también en las plantas perennes tales como pastos para césped, arbustos y árboles.

En el cultivo de papa, las pérdidas a causa de este hongo parásito están dadas por una disminución de brotes y menor llenado de tubérculos. Esto es un factor limitante en la producción de semilla.

Ponce y Mendoza (1992) mencionan que en el estado de Hidalgo se presenta una incidencia de esclerocios de *R. solani* en tubérculos de 35 %; Mendoza y Campos (1991) indican que en Puebla la incidencia es del 75 %, y

Hernández *et al* (1993) consideran que en el estado de Nuevo León, la incidencia es de un 97 %.

Ramos (1991) menciona que en una encuesta realizada entre los productores de papa en el área de influencia de la UAAAN, sobre las principales enfermedades infecciosas del cultivo, *R. solani*, destaca en orden de importancia como sigue:

1.- Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	100.0 %
2.- Tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> )	80.0 %
3.- Costra negra ( <i>Rhizoctonia solani</i> )	55.0 %
4.- Pierna negra ( <i>Erwinia caratovora</i> )	50.0 %
5.- Marchitez bacteriana ( <i>Pseudomonas solanacearum</i> )	42.5 %
6.- Virus del enrollamiento	20.0 %

## DISTRIBUCIÓN

*Rhizoctonia solani* es un hongo que se encuentra ampliamente distribuido en la mayoría de los suelos del mundo y que es capaz de atacar a un amplio número de hospederos (González, 1977).

Hooker (1980) menciona que *R. solani* es un patógeno de numerosos cultivos y malezas en todo el mundo; posee patogenicidad selectiva que está influenciada por el strain presente. Esta enfermedad es común en todas las regiones donde se cultiva papa.

## INFECCIÓN

El patógeno penetra a través de la cutícula y epidermis en forma mecánica, inicialmente produce un cojinete de infección a partir del cual emite

clavijas de infección o mediante hifas individuales; además, puede penetrar por aberturas naturales o por heridas (Campos, 1987).

Walker (1975), cita cuatro fases de la enfermedad que son: a) podredumbre de las plántulas; b) tumoración del tallo y podredumbre de la raíz; c) descomposición de los órganos de reserva; d) marchitez o manchas del follaje.

## **SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD**

Agrios (1991) menciona que en tubérculos de papa, *R. solani* produce síntomas característicos denominados “costra negra”, en los cuales aparecen pequeños esclerocios negros y endurecidos sobre la epidermis del tubérculo, que es imposible desprenderlos mediante lavado, o bien un “arrosetamiento” o “sarna común en roseta”, en la cual la cáscara del tubérculo se endurece y se asemeja superficialmente a una sarna común de la papa.

Los síntomas que presentan las enfermedades ocasionadas por *R. solani*, pueden variar incluso en la misma planta hospedera, dependiendo de la etapa de crecimiento por la que pase la planta en el momento en que es infectada y de las condiciones ambientales predominantes. Los síntomas más comunes de este hongo son: pudrición de la raíz, así como la pudrición y el cáncer del tallo en las plantas adultas y en proceso de crecimiento. Sin embargo, en algunos hospederos, *Rhizoctonia* produce también la pudrición de órganos vegetales almacenados, así como los tizones o manchas del follaje, especialmente el que se encuentra cerca del suelo.

Se menciona que el patógeno ocasiona una clorosis de la planta, acompañada de un achaparramiento debido a los cánceres ocasionados en la base de los tallos, los cuales son de una coloración café – rojiza, además hay destrucción de raíces y en los tubérculos se forman esclerocios (Agrios, 1991).

Roberts (1978) señala que cuando los brotes son atacados antes de la emergencia, estos se vuelven pardos y mueren; cuando los brotes son atacados al tiempo o poco después de la emergencia, se desarrollan en los tallos jóvenes lesiones necróticas de color pardo – rojizo. Cuando los brotes llegan a ser rodeados por la lesión, mueren y caen.

En los tallos y raíces suculentas y carnosas, *Rhizoctonia* produce áreas podridas pardas, que pueden ser superficiales o bien extenderse hacia la parte central del tallo o raíz. Es frecuente que los tejidos podridos se descompongan y se sequen, formando un área hundida llena de partes de las partes secas de la planta, mezcladas con esclerocios y el micelio del hongo. Las lesiones pueden empezar en la parte superior de la raíz carnosas, dando como resultado una pudrición de la corona que, en el campo puede causar un achaparramiento o la muerte del follaje.

Bandy y Tavantzis (1990) señalan que los síntomas típicos de la enfermedad incluyen muerte de brotes preemergentes, canchales en el estolón y tallos subterráneos y formación de esclerocios (costra negra) sobre los tubérculos.

Frank y Francis en 1976 (citados por Bandy y Tavantzis, 1990) mostraron que un aislamiento de *R. solani* patogénico a papa produce ácido fenilacético (PAA), el cual es fitotóxico e induce muchos de los síntomas en la papa como necrosis de la raíz, acortamiento de estolones, enchinamiento de la hoja, achaparramiento y clorosis marginal de la hoja.

García (1984) menciona que los tubérculos que llegan a producirse son pequeños; frecuentemente surge una pudrición blanda y mucilaginosa en la punta de los tallos de las plantas.

## CONDICIONES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DEL HONGO

Roberts (1978) y Bolkan (1980), citados por López en 1997, mencionan que a 18° C y suelos húmedos el patógeno causa más daño en tallos y brotes de la papa. El hongo crece relativamente bien a temperaturas de 15 a 20° C, aunque puede desarrollarse a temperaturas de 11 a 32° C. Se presenta poca infección entre los 38 y 43° C, la enfermedad es más severa en suelos ácidos o neutros y más graves en suelos pesados que en suelos ligeros, debido a que estos retienen más humedad.

*R. solani* comúnmente se presenta donde prevalecen condiciones ambientales frescas y húmedas, es menos común o no puede ocurrir en donde las condiciones ambientales son más cálidas y secas. Varios investigadores evaluaron el efecto de la temperatura en la virulencia de *R. solani* en papa, y determinaron que a temperaturas más frescas (10° C) los aislamientos AG – 3 son más virulentos y a temperaturas más cálidas (21.1° C) los aislamientos AG – 5 resultaron ser los más virulentos (Carling y Leiner, 1990).

La enfermedad es más severa en suelos que son moderadamente húmedos, que en suelos que son secos o se encuentran inundados. La infección de las plantas jóvenes es más severa cuando el crecimiento de la planta es lento, debido a las condiciones ambientales adversas para su desarrollo; las plantas de crecimiento rápido tienen la posibilidad de escapar a la infección, aún cuando la temperatura y humedad sean favorables para el hongo (Agrios, 1991).

La enfermedad es especialmente frecuente en suelos secos y frescos y su gravedad está probablemente relacionada con la velocidad de crecimiento de tallo, ya que los tallos se hacen resistentes a la infección una vez que han emergido; igualmente, las condiciones de suelo puede afectar el momento y la gravedad de la infección al estolón (Smit *et al.*, 1989).

Walker (1975) menciona que en medios de cultivo, la temperatura óptima de desarrollo del hongo oscila entre los 25 y 30° C, con un mínimo aproximado de 8° C y un máximo de 31° C. El hongo bajo condiciones de campo crece a temperaturas de 23 a 28° C con un promedio favorable de 18° C y un pH de 5.0 a 7.0.

## **PATOGENECIDAD DEL HONGO**

En una investigación realizada en invernadero, donde se evaluó la virulencia de 174 aislamientos de *R. solani* GA – 3 sobre tallos de papa, se encontró que los aislamientos obtenidos de lesiones en los estolones, esclerocios en los tubérculos e himenios sobre tallos aéreos fueron los más virulentos, mientras que aquéllos procedentes de lesiones de tallos subterráneos, fueron moderadamente virulentos y los procedentes de basidiosporas, fueron los menos virulentos (Hill y Anderson, 1989).

En una colecta realizada para caracterizar aislamientos de *R. solani* en tallos aéreos y órganos subterráneos de plantas de papa, se obtuvo que la mayor parte de las lesiones son ocasionadas por miembros del GA – 3 (Carling y Leiner, 1986).

## **CICLO BIOLÓGICO DE LA ENFERMEDAD**

Hooker (1990) menciona que en la primavera, cuando las condiciones son generalmente favorables, los esclerocios germinan e invaden los tallos de papa o los brotes emergentes, especialmente a través de heridas. Durante la etapa de crecimiento de las plantas, tanto las raíces como los estolones son invadidos a medida que van desarrollando. La formación de esclerocios sobre los tubérculos nuevos se realiza en cualquier momento, dependiendo de las

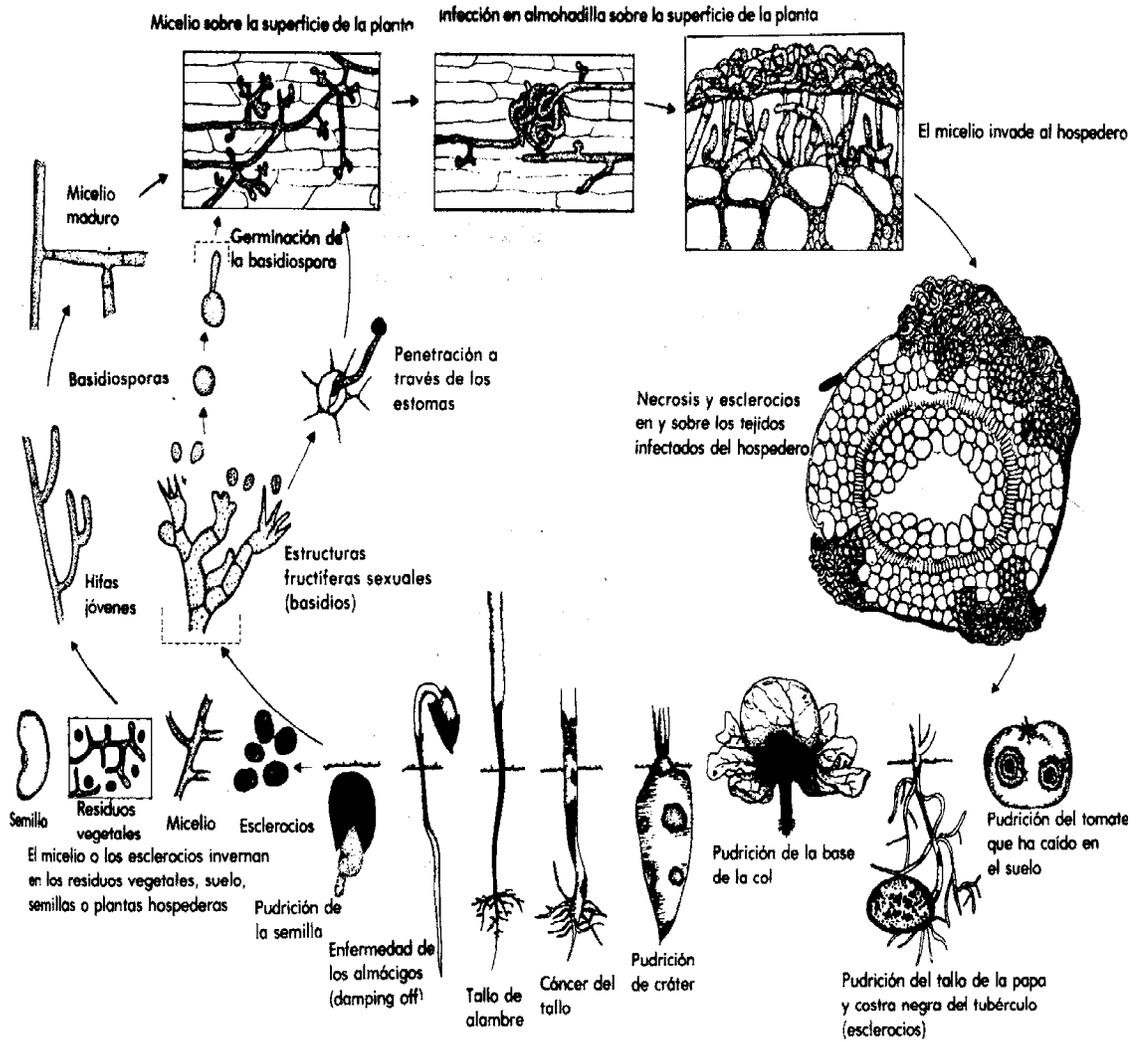
condiciones ambientales, sin embargo, el desarrollo máximo ocurre después de que ha matado la planta, cuando los tubérculos aún permanecen enterrados.

El mismo autor señala que el inoculo sobrevive de una estación a otra, en forma de esclerocios en tubérculos abandonados en los terrenos cosechados.

*R. solani* sobrevive en el suelo y en la superficie de los tubérculos en forma de esclerocios y en los residuos de cosecha sobrevive como micelio (León, 1988).

Agrios (1991) señala que el patógeno inverna casi siempre en forma de micelio o esclerocios en el suelo, en plantas perennes infectadas o en órganos de propagación, tales como tubérculos de papa; así mismo, los esclerocios germinan e invaden los tallos y los brotes emergentes de papa en primavera, cuando las condiciones ambientales son favorables, y penetra generalmente por heridas.

Los esclerocios se producen al inicio de las lluvias y estos germinan entre 8 a 30° C con un óptimo de 21 a 25° C (Mendoza y Pinto, 1983).



Ciclo de la enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* (*Thanatephorus cucumeris*)

## **MEDIDAS DE CONTROL**

Algunas prácticas para el control de *R. solani*, son el uso de semilla libre de esclerocios y la rotación de cultivos por dos o tres años con cereales, crucíferas y legumbres (Frank y Murphy, 1977, citados por De la Garza en 1996). No obstante, el tratamiento con productos químicos es la medida más empleada en la actualidad, y el PCNB ha sido el más utilizado.

Villarreal (1987) menciona que se pueden aplicar como medidas de control el mejoramiento genético y el uso adecuado de las técnicas agronómicas.

La costra negra de la papa es muy difícil de controlar, en realidad no existen medidas de control prácticas y efectivas; por ejemplo, la desinfección del suelo es una medida efectiva, pero usualmente es impráctica; la rotación de cultivos puede tener efectos benéficos, pero dado el amplio rango de hospedantes del patógeno, éste es más fácilmente reintroducido como esclerocios de diversas maneras, por lo que no es muy efectiva esta medida. Hasta la fecha no se conocen variedades resistentes al patógeno y los productos químicos aplicados como tratamiento a la semilla, no son muy eficientes (Mendoza y Campos, 1991).

### **Control Genético**

Este método de control, consiste en introducir genes de plantas más rústicas a las variedades comerciales, con el propósito de que éstas tengan mayor resistencia a plagas y enfermedades.

De acuerdo con Hooker (1990), hasta la fecha no ha sido posible identificar un alto nivel de resistencia que contrarreste a *R. solani* en papa.

Leach y Webb (1993) en pruebas realizadas en campo y laboratorio, para evaluar la severidad relativa de los daños ocasionados por *R. solani*, en 26 clones y cinco cultivares de papa, observaron que la resistencia a *R. solani* puede ser identificada en dos años y además se encontró una línea con alta resistencia por este método; notándose grados moderados de resistencia en líneas del programa de mejoramiento de papa del USDA, las líneas tipo rojizo produjeron un mayor porcentaje de líneas altamente resistentes que las blanco – redondas. Un examen de laboratorio reveló que el daño de brote apical fue variable dentro y entre líneas, y que ésta es una fase importante del desarrollo de la enfermedad a medir para determinar resistencia, debido a los efectos sobre el crecimiento de la planta y en la producción de tubérculos comerciales.

### **Control Cultural**

Este método se basa en la realización de prácticas elementales de los cultivos, que reduzcan el nivel del inóculo en el suelo, ya sea por su exposición a la intemperie o por condiciones que no son aptas para su desarrollo (utilización de especies de plantas que no sean afectadas por el hongo).

Para reducir los daños ocasionados por *R. solani* deberá ponerse especial atención en la selección de los tubérculos, suelo que tenga buen drenaje, erradicación de plantas arvenses, rotación de cultivos, incluyendo pastos y cereales y manejar fechas de siembra, evadiendo el tiempo frío y húmedo que favorecen al patógeno (Romero, 1988).

La plantación de los tubérculos debe ser poco profunda; además, si a las semillas de siembra se les permite que broten a la luz, en una semana se forman brotes verdes y vigorosos, que resistan la penetración de *R. solani* (Roberts, 1978).

Paredes (1989) dice que para evitar la presencia de *R. solani* en un terreno, se deben realizar rotaciones de cultivos de dos a cuatro años consecutivos, utilizar semilla sana y no usar como abono estiércol de animales que se hayan alimentado con papa o plantas enfermas.

El uso de estiércol animal (pollo y cerdo), incorporados al suelo infestado de *R. solani*, puede reducir el potencial de la enfermedad (Martinson, 1991).

Agrios (1991) menciona que se recomienda sembrar tubérculos que estén libres de esclerocios, evitar la siembra en tierras húmedas y poco drenadas, dejar una separación adecuada entre plantas, que permita una buena aireación de la superficie del suelo y de las plantas.

Brennan (1991) menciona que en estudios realizados, se encontró que la incidencia y severidad de *R. solani* declinó de 45.9 y 27.0 %, a 32.7 y 9.1 %, respectivamente, con la aplicación de fertilizante nitrogenado (nitrato de amonio) y fertilizantes a base de cobre.

Después de la cosecha hay que recoger los restos del cultivo para evitar que el hongo se desarrolle en los mismos.

### **Control Biológico**

El control biológico puede definirse como la reducción del inóculo del patógeno, o de su capacidad de producir enfermedad, mediante la acción de uno o más organismos, excluyendo al hombre.

De acuerdo con Huffaker (1985), la premisa del control biológico descansa en que bajo ciertas circunstancias, muchas poblaciones son llevadas a bajas densidades por sus enemigos naturales.

El control biológico de los patógenos de las plantas es una área de investigación relativamente nueva y promete ser un de las formas más aceptables en el control de las enfermedades, debido al poco desequilibrio que ocasiona.

Howell y Stipanovic (1994) mencionan que un mutante de *Gliocladium virens* produce un antibiótico (Gliotoxin) que es efectivo contra *R. solani* aunque no mostró diferencia significativa en el rendimiento de la cosecha.

Sidhu y Young (1991), citados por López en 1997, mencionan que con *Leatisaria arvalis* (Basidiomyceto del suelo), se obtiene un control biológico efectivo de *R. solani*. Bajo condiciones de campo en donde se utilizaron semillas infectadas con esclerocios de *R. solani* y posteriormente con esclerocios de *Leatisaria arvalis* antes de sembrar, se incrementó significativamente el rendimiento; así como también la severidad de la enfermedad fue reducida, y la formación de esclerocios en los tubérculos hijos, fue significativamente baja.

Murdoch (1993), en estudios realizados en invernadero y campo, demostró que *Leatisaria arvalis* reduce la infección de *R. solani* en tallos, estolones y la formación de esclerocios en los tubérculos, dando un control igual que los tratamientos químicos estándares de pentacloronitrobenceno (PCNB) más tiabendazol.

### **Control Químico**

Este método consiste básicamente en la aplicación de productos químicos para la erradicación del organismo plaga.

Clark *et al* (1964) y Harrison *et al* (1970) mencionan que el tratamiento del suelo con Terraclor (PCNB) ha sido utilizado como una medida efectiva de control para *R. solani*. Este fungicida reduce el número de lesiones en tallos, así como el número de esclerocios en la superficie de la papa, la severidad y el número de estolones dañados por este patógeno.

Agrios (1991) menciona que existen varios fungicidas, incluyendo algunos de contacto (Mancozeb, Dyrene y Clorotalonil) y sistémicos (Carboxin y Tiofanato metílico), los cuales proporcionan un control de las enfermedades causadas por *R. solani*.

Mendoza (1996) menciona que en los últimos años, el producto químico más usado, que se pregona es específico para el control de la costra negra, es el Pencycuron o "Monceren".

El control químico suele ser muy efectivo durante la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas, pero en muy pocos casos se logra dar protección a la zona radical de crecimiento de las plantas adultas (Romero, 1988).

El bromuro de metilo se aplica en la proporción de una libra por 10 metros cuadrados o 1 kilogramo por metro cúbico de volumen de suelo. La aplicación se hace en suelo cubierto con polietileno, durante 24 horas, y posteriormente se ventila el suelo durante 7 días antes de realizar la siembra (Mendoza, 1996).

Mendoza (1996), citado por León en 1998, menciona que durante el desarrollo de las plántulas en semillero o plantas transplantadas se puede proteger con aplicaciones de Captan (250 gr/100 lts de agua), o PCNB 75% PH, en la proporción de 8 a 10 gr por metro cuadrado o 2 kg por cada 100 lts de

agua en banda a lo largo del surco; además, se puede emplear “Monceren” (Pencycuron), “Rhizolex” o “Shogun” (Fluzinan).

Bayer (1993) menciona que una manera de combatir la enfermedad causada por *R. solani*, es elegir semilla sana y tratarla con el fungicida Pencycuron al sembrar, sumergiendo la semilla en una solución del producto o aplicando al sembrar, o haciendo ambas cosas si el problema es grave.

De acuerdo a datos proporcionados por el Ing. Blas Rodríguez Quilantán (Departamento técnico y de ventas, de Cormoran S. A. de C. V.), las mezclas de agroquímicos más utilizadas actualmente, para obtener un mejor control del patógeno causante de la costra negra en papa, se mencionan en los cuadros 12 y 13:

**Cuadro 12.- Principales mezclas de fungicidas para el control de *R. solani*, en el Cañón de Emiliano y el Cañón de San Antonio, Municipio de Arteaga, Coahuila:**

<b>MEZCLA DE FUNGICIDAS</b>	<b>DOSIS</b>
Monceren star	5 kg/ha
Amistar	1.0 kg/ha
Amistar	1.5 kg/ha
PCNB 75 %	9 kg/ha
Cercobin	3 kg/ha

**Fuente:** Cormoran S. A. de C. V.  
Departamento Técnico y de Ventas.

**Cuadro 13.- Principales mezclas de fungicidas para el control de *R. solani*, en Navidad, Municipio de Galeana, Nuevo León:**

<b>MEZCLA DE FUNGICIDAS</b>	<b>DOSIS</b>
Monceren star	5 kg/ha
Amistar	1 kg/ha
Cercobin	3 kg/ha
Monceren star	4 kg/ha
Amistar	750 gr/ha
PCNB 480	15 lts/ha

**Fuente:** Cormoran S. A. de C. V.  
Departamento Técnico y de Ventas.

Cabe mencionar, que con estas mezclas de fungicidas, se ha obtenido un buen control de *R. solani*, tanto en calidad, como en rendimiento, ya que se han realizado pruebas de campo, en donde se han probado diversas mezclas de productos químicos para comprobar la efectividad que tienen cada una de éstas en el control de este hongo, dentro de las cuales, las mezclas antes mencionadas, son las que han sobresalido en el control de este patógeno, tanto en calidad del producto cosechado, como en rendimiento total por hectárea. Las mezclas anteriores, se aplican al suelo al momento de realizar la siembra, es decir, mediante la aspersion del producto sobre los tubérculos – semillas, regularmente se bañan (mojan) los tubérculos y los dos lados del surco en donde se deposita la semilla. Actualmente, estas mezclas, también son utilizadas en regiones productoras de papa de León, Guanajuato.

Cormoran S. A. de C. V., a través del Departamento Técnico y de Ventas, recomienda, que a la semilla de papa almacenada en bodegas, se le debe de dar un tratamiento, y regularmente este tratamiento se realiza mediante la aplicación de uno de los siguientes productos químicos:

<b>Producto</b>	<b>dosis</b>
Monceren	100 gr/ton
Cercobin	80 gr/ton
Manzate	500 gr/ton
Captan	500 gr/ton

Por último el tratamiento que se le da a la semilla de papa almacenada, es con el objetivo, de evitar el desarrollo de hongos que posteriormente causan problemas en el almacén, estos hongos son: *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia*, *Helminthosporium*, entre otros que causan daños a los tubérculos almacenados (con este tratamiento se tiene un buen control en las bodegas).

## V. BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. N. 1991. Fitopatología. Editorial Limusa. 1ª Edición. 4ª reimpresión. México, D. F. 756 p.
- Alexopoulos, C. J. Y Mims C. W. 1979. Introductory Mycology. 3th Edition Willey & Soness. U. S. A. 632 p.
- Alonso, A. F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi – Prensa. Editorial Aedos. Barcelona, España. 272 p.
- Anguiz, R. y Martin C. 1989. Anastomosis groups pathogenicity and other characteristics of *Rhizoctonia solani* isolated from potatoes in Perú. Plant Disease 73: 199 – 201.
- Baéz, P. M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.). Monografía. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Bandy, B. P., S. S. Leach y S. M. Tavantzis, 1988. Anastomosis group 3 is the major cause of *Rhizoctonia* diseases of potato on Maine. Plant Disease 72: 596 – 598.
- Bandy, B. P. y S. M. Tavantzis, 1990. Effect of hypovirulent *Rhizoctonia solani* on *Rhizoctonia* disease, growth and development of potato plants. Amer. Potato Jour. 67: 189 – 199.
- Brennan, R. F. 1991. Effect of nitrogen and residual copper on the occurrence of *Rhizoctonia solani* bare patches in wheat grown near Esperance. Western, Australia. Aust. J. Exp. 31 (2): 259 – 262.
- Campos, A. J. 1987. Enfermedades del frijol. Editorial Trillas. México, D. F.
- Carling, D. E. and R. H. Leiner, 1990. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on Potato. Phytopathology 80: 930 – 934.
- Carling D. E. and R. H. Leiner, 1986. Isolation and characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *R. solani* – like fungi from aerial stems and subterranean organs of potato plants. Phytopathology 76 (7): 723 – 724.

- Charles, C., E. G. 1989. Manejo y almacenamiento de la semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su influencia en la calidad y el rendimiento. Tesis Maestría. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Christiansen, G. T. 1980. Manejo de Semilla en Memorias del Primer Curso de Tecnología del Cultivo de la Papa. SRN PRECONDESA la Esperanza. Intibuca, Honduras. pp. 72 – 80.
- Claridades Agropecuarias. Revista de Publicación Mensual. Número 57. Mayo, 1998.
- Colemans, W. K. 1983. An evaluation of bromoethane for breakin tuber dormancy in *Solanum tuberosum* L. Am. Pot. J. Maine 60 (3): 161 – 167.
- Cortbaoui, R. 1988. Siembra de Papa. 2ª edición revisada. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 17 pp. (Boletín de Información Técnica Número 11).
- Cronquist, A, 1977. Introducción a la Botánica. 2ª edición. Editorial IEM. México, D. F., pp. 412 – 492.
- Covarrubias, R., J. M., Contreras de la Ree, F. J: y García, G., S. J. 1994. Estimación de las Necesidades Hídricas del Cultivo de la Papa. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental “Sierra de Arteaga”. INIFAP. Boletín Informativo.
- De la Garza, R., R. 1996. Respuesta de Tres Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) a la Aplicación de *Bacillus subtilis* para el control de *Rhizoctonia solani* Bajo invernadero. Tesis. UAAAN. 60 p.
- Delorit, J. R. y H. L. Ahlgren. 1983. Producción agrícola. 7ª impresión. Editorial Continental, S. A.
- Dickinson, C. H. 1987. Patología Vegetal y patógenos de plantas. Editorial Limusa. 1ª Edición. 312 p.
- Edmon, J. B. 1981. Principios de Horticultura. 5ª impresión. Compañía Editorial Continental. S. A., México – España.
- Enríquez, A. E. 1998. El Cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y sus Principales Plagas y Enfermedades. Monografía, U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- García, A. M. 1984. Patología Vegetal Práctica. Editorial Limusa. México, D. F. 123p.

- García, G., E. 1997. Evaluación de 19 clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ejido El Poleo, Huachichil, Arteaga, Coah., Tesis. U. A. A. A. N., México.
- Gilman, J. C. 1963. Manual de hongos del suelo. Editorial Continental. 1ª Edición en español. 572 p.
- González, L. C. 1977. Introducción a la Fitopatología. San José de Costa Rica. IICA. 148 p.
- Gómez, F., J. 1982. Prueba de adaptación y rendimiento de 5 selecciones de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Región Rancho "Los Angeles". Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Guerrero, G., A. 1981. Cultivos herbáceos extensivos. 2ª edición. Review amp.
- Hernández, F., Z. Alonso C. Y Cornejo N. 1991. Evaluación de fungicidas para el control de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani*). Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitopatología. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Hooker, 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. CIAP. Lima, Perú. Versión española por Teresa Ames de Icochea.
- Hooker, 1990. Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U. S. A. 125 p.
- Howell y Stipanovic, R. D. 1994. Mechanisms in the biocontrol of *Rhizoctonia solani* induced seedling disease by *Gliocladium virens*: Gliotoxin. *Phytopathology* 84 (10): 1091.
- Huffaker, C. B. 1985. Biological control in integrated pest management: an entomological perspective. In Biological control in agriculture – IPM systems, M. A. Hoy y D. C. Herzog. eds. Academy press, N. Y. p. 13 – 23.
- Hurtmann, T., H. Propagación de Plantas. Compañía Editorial Continental., S. A. de C. V. México, D. F. pp. 532 – 535.
- I. N. I. A. 1982. Ciclo de los cultivos agrícolas. 1ª edición. S. A. R. H., México, D. F.
- Leach, S. S. and E. Weeb, R. 1993. Evaluation of potato cultivars, clones and true seed population for resistance to *Rhizoctonia solani*. *American Potato Journal*. 70: 317 – 328.

- León, G., H. M. 1988. Enfermedades de cultivos en el Estado de Sinaloa. 3ª Edición. México, D. F. 262 p.
- León, N., J. P. 1998. Evaluación de dos materiales orgánicos en la etapa in vitro contra Rhizoctonia solani. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 56 p.
- López, N., V. L. 1997. Estudio de Efectividad Biológica del Tiofanato Metílico para el control de la costra negra de la Papa (Rhizoctonia solani Kühn) en San Felipe. Municipio de Arteaga, Coah. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Martinson, A. C. and S. M. Al – Rehiyani. 1991. Supresion of *Rhizoctonia solani* in soil with animal manures. *Phytopathology* 76: 136 – 139.
- Mendoza, Z. C. y C. Campos F. 1991. Evaluación del Pencycuron contra la costra negra de la Papa (*Rhizoctonia solani* Kühn). 9 (2): 148 – 151.
- Mendoza, Z. C. y B. Pinto, 1983. Principios de Fitopatología y Enfermedades causadas por hongos. UACh. Chapingo, México p. 131.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la Papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 706 págs. Serie de Libros y Materiales Educativos.
- Montes, A. 1979. Horticultura. Editores Unidos, S, A.
- Murdoch, C. W. 1993. Evaluation of *Leatisaria arvalis* as a biological control agent of *Rhizoctonia solani* on white potato. *American Potato Journal*. 70: 625 – 634.
- Paredes, T. A. 1989. Producción de papa en el cofre de perote. *Síntesis Hortícola*. 3 (7): 26 – 33.
- Parsons, D. B. *et al.* 1982. Papas. Manuales para la educación agropecuaria. Producción Vegetal. Editorial Trillas. S. E. P., México, D. F.
- Peirce, L. C. 1987. Vegetables (Characteristics, Production and Marketing). 1ª Edición. Editorial John Willey & Sons. USA.
- Peña, C. J. 1995. Introducción del Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Localidad de Atoyac, Jalisco. Tesis. U. A. A. A. N. 80 p.
- Ponce, G. F. y C. Mendoza. 1992. Evaluación de Flutolanil en el control de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani*) en el estado de

- Hidalgo. Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitopatología. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 127.
- Ramos, C. P. 1991. Diagnóstico sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el área de influencia de la UAAAN. Monografía U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Roberts, 1978. Fundamentos de Patología Vegetal. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 392 p.
- Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. UACh. Chapingo, México. 347 p.
- Sarasola, A. 1975. Fitopatología. Editorial Hemisferio Sur. 365 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) 1994. Sistema Producto Papa. 85 págs.
- SEP – FAO – PENUD, 1982. Manuales para la Educación Agropecuaria. Papas, Primera Edición. Editorial Trillas, México, D. F.
- Sector Alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Edición 2000.
- Smit, I. M., Dunez J., Lelliot R. A., Phillips D. H. y Archer S. A. 1989. Manual de enfermedades de las plantas. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. p. 570 – 573.
- Valadez, L., A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. 8ª Reimpresión. México, D. F. 298 p.
- Valdez, O. A. 1994. Almacenamiento de Semilla – Tubérculo de Papa. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental “Sierra de Arteaga”. INIFAP. Boletín informativo. Pág. 15.
- Van Der Zaag y Horton. 1982. Potato production and utilization in world perspective with special reference to the tropics and subtropics. Proceedings International Congress. International Potato Center, Lima, Perú. pp. 45 – 48.
- Van der Zaag, D. E. 1990. La Patata y su Cultivo en los Países Bajos. Instituto Consultativo Holandés sobre la Patata. La HAYA, HOLANDA. Wageningen. Países Bajos. 76 págs.
- Vander Zaag, Peter. 1986. Necesidades de fertilidad de suelos para la producción de papa. Montevideo, Hemisferio Sur y Centro Internacional de la Papa. 21 págs. (Boletín de Información Técnica No. 14).

- Villarreal, G., M. J. 1987. El cultivo de la papa en México. 1er. Congreso Nacional de la papa. Chihuahua, Chihuahua.
- Walker, J. C. 1975. Patología Vegetal. 3ª edición. Editorial Omega. Barcelona, España. 818 págs.
- Yamaguchi, M. 1983. World Vegetables. Principles, Production and Nutritive Values. AVI: Publishing Co., Inc. Connecticut, U. S. A.