

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

19

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"**

**MÉTODOS PARA EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y
ENFERMEDADES DURANTE EL CULTIVO DE LA PAPA
(*Solanum tuberosum* L.). UNA GUÍA INFORMÁTICA EN
AMBIENTE MULTIMEDIA.**

T E S I S

287550

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G O

PRESENTAN

ANA LAURA JORDAN OLVERA

LEONARDO ROBERTO FLORES PÉREZ

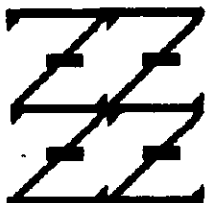
DIRECTOR:

M. EN C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL

ASESOR:

DR. ALEJANDRO TECPA JIMENEZ

**U N A M
FES
ZARAGOZA**



**LO HUMANO EN
DE NUESTRA REFLEXIÓN**

MÉXICO, D.F.

Enero 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

No quiero decir nada,
porque no sé,
porque no puedo,
porque no quiero decir nada.

Jaime Sabines.

Dedicatorias

A la familia pequeña vive mejor. "Mama Lau", "Charlitos" y "Papa Febe". O sea a nosotros mismos.

De Laura:

A mi madre Guadalupe, ejemplo de esfuerzo y sacrificio; a mis hermanos Luis Miguel y Araceli, gracias por su compañía en todo momento. Y a mis sobrinos: Daniel y José Eduardo.

De Roberto:

A mis padres, Víctor y Rufina, por su enorme, que digo enorme, grandioso, que digo grandioso, monumental, que digo... ¡ya, ya! Gracias por el esfuerzo que hicieron al darme educación, y sobre todo, un buen ejemplo de vida; gracias "ruqitos".

A mis queridísimos y nunca bien ponderados hermanos. En orden de aparición:

- Francisca
- Jesús
- Pedro
- Eva
- Blas
- Benjamin
- Lilia

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1. ASPECTOS BIOLÓGICOS.....	5
1.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS.....	5
1.1.1 EL CONSUMO DE HORTALIZAS EN MÉXICO.....	5
1.2 LA PAPA (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L.).....	5
1.2.1 CLASIFICACIÓN.....	5
1.2.2 MORFOLOGÍA.....	6
1.2.3 FISIOLÓGÍA.....	9
1.2.4 IMPORTANCIA DE LA PAPA.....	10
1.2.5 CULTIVO DE PAPA EN MÉXICO.....	10
1.2.6 COMPOSICIÓN Y USOS DE LA PAPA.....	11
1.2.7 CONTROL SANITARIO DE LA PAPA.....	12
1.3 MEDIOS DE CONTROL.....	12
1.3.1 CONTROL INTEGRADO.....	12
1.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	17
1.4.1 INSECTOS.....	18
1.4.2 NEMATODOS.....	22
1.4.3 VIRUS.....	24
1.4.4 BACTERIAS.....	27
1.4.5 ORGANISMOS TIPO MICOPLASMA.....	28
1.4.6 HONGOS.....	29
1.5 CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DURANTE EL CULTIVO DE LA PAPA.....	31
1.5.1 PLAGAS SUBTERRÁNEAS.....	32
1.5.2 PLAGAS DEL FOLLAJE.....	40
1.5.3 HONGOS.....	43
1.5.4 VIRUS Y FITOPLASMMAS.....	47
1.5.5 BACTERIAS.....	50
CAPÍTULO 2. ASPECTOS COMPUTACIONALES.....	52
2.1 MULTIMEDIA.....	52
2.1.1 ¿QUÉ ES MULTIMEDIA?.....	52
2.1.2 CAMPOS DE APLICACIÓN DE MULTIMEDIA.....	54
2.1.3 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE MULTIMEDIA PARA UNA PC.....	55
2.2 DESARROLLO DE SISTEMAS MULTIMEDIA, SOFTWARE DE AUTORAJE.....	55
2.2.1 <i>SOFTWARE</i> DE AUTORAJE.....	55
2.3 MULTIMEDIA TOOLBOOK.....	56

CAPÍTULO 3. MÉTODO DE DISEÑO DEL SISTEMA COMPUTACIONAL ICARUS.....	58
ETAPA 1. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	58
ETAPA 2. DISEÑO	59
ETAPA 3. ELABORACIÓN DEL SISTEMA.....	60
ETAPA 4. PRUEBA Y DEPURACIÓN DEL SISTEMA	60
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	61
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO COMPUTACIONAL ICARUS.....	61
4.1.1. NAVEGACIÓN DENTRO DE ICARUS	62
4.1.2 REQUERIMIENTOS Y GUIA DE INSTALACIÓN.....	65
4.1.3 COMO USAR ICARUS.	66
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	87
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como eje principal desarrollar una guía informática en ambiente multimedia para el control fitosanitario durante el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L); que proporcione los elementos necesarios para un manejo integral basado en el conocimiento de las plagas y enfermedades más comunes de esta hortaliza.

Basándose en lo anterior se compilo información relacionada con el objetivo principal del trabajo, por lo cual parte de la información corresponde a aspectos biológicos tanto de la papa como de los organismos (insectos, nematodos, virus, bacterias, etc.) que se ven involucrados en el ataque al cultivo de la papa. Por otro lado se encuentra información destinada a la descripción de aspectos computacionales relacionados a las características y desarrollo de sistemas informáticos multimedia.

El producto final, un sistema informático computacional denominado "Icarus", dicho programa fue desarrollado con un sistema de autoraje conocido como **ToolBook II Instructor** de **Asimetrix Co.** El desarrollo de **Icarus** involucró la recopilación, organización y sistematización de la información, así como una metodología de diseño, que comprendió ente otras cosas la generación de interfase de usuario, la edición e inserción de imágenes, texto, archivos de sonido y animaciones. El resultado: un sistema estructurado por 8 libros y un total de 86 páginas y/o pantallas, de las cuales una sirve como pantalla de inicio (versión, derechos de autor, etc.), 3 como bienvenida, una como menú principal, 3 a submenús, 4 pantallas de ayuda, una a créditos, 12 a consulta de información general referente a enfermedades, plagas y los diferentes medios de control, 11 pantallas de información respecto a la papa y 50 corresponden a la guía para el control integrado de plagas y enfermedades de la papa.

Cabe mencionar que la revisión de los métodos y la información de plagas y enfermedades no solo se encuentra en el sistema, si no que también se puede consultar dentro de esta tesis en el capítulo de "Aspectos biológicos".

INTRODUCCIÓN

México tiene cierta importancia en la producción y exportación mundial de hortalizas, pues aunque en la producción solo representa el 1.1% del total mundial, en la exportación cubre el 4% y se ubica como sexto exportador mundial. En México, las hortalizas como la papa, las cebollas, los coles, los chiles, el melón y la sandía representan el 80% de la producción nacional. El consumo de hortalizas desempeña un papel fundamental en la alimentación por su alto contenido de vitaminas y ciertos minerales y ser la fuente principal de abastecimiento de dichos nutrientes, contrariamente a ello pocos estudios se han realizado sobre la temática, a pesar de que nuestro país es centro importante de recursos fitogenéticos hortícolas.

La papa es una de las hortalizas de mayor importancia en cuanto a su cultivo y consumo, en el ámbito nacional e internacional. A su cultivo se dedican más de dieciocho millones de hectáreas en el mundo, ocupando el cuarto lugar en importancia para la alimentación humana. Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Centro Internacional de la Papa (CIP) revela que los países en desarrollo producirán más de la tercera parte de la papa global para el final del siglo. Según ese informe, desde 1962 la producción en los países en desarrollo se ha expandido a una tasa sin precedentes de 3.6 por ciento anual.

Cerca de 3,500 millones de personas viven en los 95 países del mundo en desarrollo que producen papa. Hoy en día la papa ocupa el cuarto lugar entre los cultivos más importantes en los países en desarrollo después del arroz, trigo y maíz. Los países en desarrollo producen 85 millones de toneladas de papa anualmente, aproximadamente un tercio de la producción mundial de papa. Actualmente, la producción está creciendo a una tasa de casi 3% al año. Estas características lo convierten en un cultivo que tiene grandes perspectivas en cuanto a la alimentación humana, tanto a corto, mediano y largo plazo.

Esta hortaliza posee características que la hacen importante en cuanto a propiedades nutricionales, basta con revisar los siguientes ejemplos:

- Una hectárea de papa duplica el rendimiento en proteína de una hectárea de trigo y provee más materia seca comestible que la producción global combinada de pescado y carne.
- Una hectárea de papa rinde el equivalente en valor alimenticio de dos a cuatro hectáreas de trigo. La papa es virtualmente libre de grasas y contiene una proteína casi equivalente a la de la leche, además de apreciables cantidades de vitaminas y minerales.

Por otro lado, gracias a la privilegiada variedad de condiciones climáticas, México dispone todo el año de tubérculos frescos tanto para el consumo humano como para la siembra. Paradójicamente, la tecnificación del cultivo de la papa es relativamente reciente en México, aun cuando nuestro país es uno de los centros de origen del tubérculo, el más importante es la cordillera de los Andes. Sin embargo, las plagas y enfermedades siempre han causado dolores de cabeza a los productores de papa, al grado que muchas de las medidas de cultivo, como las épocas de siembra, la certificación de la semilla y los aporques, están determinadas en gran medida por la necesidad de librarse de su ataque.

Al igual que cualquier cultivo vegetal, la papa se ve atacada por distintas plagas y enfermedades durante su ciclo de cultivo, provocando con esto una pérdida considerable del producto. Este tipo de problemas ha provocado, en gran medida, un uso y abuso de productos fitosanitarios (la mayoría de productos químicos) casi sin control alguno. Por tal motivo se tiene la necesidad de conjuntar la información que permita plantear un sistema de control de plagas y enfermedades que reduzcan las poblaciones de organismos dañinos, un sistema, que teniendo en cuenta el medio particular, la dinámica de las poblaciones consideradas, ciclos biológicos de los organismos etc, utilice las técnicas y métodos apropiados, de forma tan compatible como sea posible, y que mantenga las poblaciones de estos organismos a niveles tales que minimicen sus daños económicos.

Varias razones pueden aducirse que justifiquen la necesidad creciente de recurrir a una lucha integrada, o al menos a señalar una orientación a la investigación fitopatológica, estas razones pueden concretarse en las tres siguientes: 1ª La necesidad de restablecer, en lo posible, el equilibrio ecológico, 2ª El peligro de la toxicidad de los productos fitosanitarios, especialmente de los residuos que contaminan al ambiente; y 3ª La conveniencia de reducir el costo de los tratamientos y de aplicarlos con un criterio económico.

Por otro lado, el rápido avance tecnológico que se vive en nuestros días y la incursión cada vez más amplia de las computadoras en la mayoría de las actividades humanas y sobre todo en las instituciones de enseñanza superior, permite visualizar a estas como una herramienta valiosa, y sobre todo válida, para manejar información. Esto ha hecho posible que casi cualquier persona puede tener acceso a una computadora.

Y una de las herramientas que precisamente utiliza la computación para transmitir información es multimedia, la cual se eligió en la realización de este trabajo por su enorme capacidad de combinar efectivamente diferentes medios con un fin práctico, además de otorgar un enorme potencial de uso, sobre todo en el manejo y transmisión de la información. Por tal causa, la realización de este trabajo utilizó esta herramienta, para la elaboración de un sistema computacional que muestra una forma novedosa, práctica y accesible de manejar y transmitir información (pudiéndose incluso, consultar vía Internet). Dicho sistema, se convierte en un medio más para la transmisión de información, la cual el usuario podrá consultar, ver y oír.

El presente trabajo consta de los siguientes capítulos:

Capítulo 1 Aspectos biológicos. En este capítulo se puede consultar información tal como un panorama general de la horticultura en México, la papa y sus características biológicas (clasificación, morfología). Información referente a plagas (insectos nematodos) y enfermedades (hongos, virus, bacterias) y a los diferentes medios de control de plagas, haciendo énfasis en el control integrado.

Capítulo 2. Aspectos Computacionales. Se mencionan las características de los sistemas computacionales y los requerimientos para su desarrollo. Se dan algunas definiciones de lo que es multimedia así como las características de los sistemas de autoraje y su clasificación.

Capítulo 3. Método del diseño del sistema computacional Icarus. Aquí se explica como fue desarrollado el presente sistema informático computacional.

Capítulo 4. resultados. Se mencionan las características de Icarus, se muestran las pantallas que conforman el sistema y se da una guía de instalación del sistema.

Capítulo 5. Discusión de resultados. En este capítulo se discuten algunos aspectos tales como: la información contenida en el sistema, aportaciones del mismo la biología, medios de difusión, características, posibles usuarios, entro otros.

Por último, en el capítulo 6 se da una conclusión del trabajo realizado.

CAPÍTULO 1 ASPECTOS BIOLÓGICOS

El consumo de hortalizas desempeña un papel fundamental en la alimentación por su alto contenido de vitaminas y ciertos minerales y ser la fuente principal de abastecimiento de dichos nutrientes, contrariamente a ello pocos estudios se han realizado sobre la temática, a pesar que nuestro país es centro importante de recursos fitogenéticos hortícolas y de que históricamente nuestra alimentación basada en maíz y frijol tuvo siempre como acompañantes una fuerte porción de verduras y legumbres. Por otro lado, México es relativamente un importante productor y exportador de hortalizas a escala mundial.

1.1 Importancia de la producción de hortalizas

La producción de hortalizas en nuestro país representa un rubro importante en la agricultura. Para 1991 se estima que con solo cubrir el 2.7 % de la superficie Agrícola Nacional se aportaría el 8.3 % de la producción total y el 14.31 % del valor de la producción agrícola nacional.

Tanto la superficie destinada a las hortalizas como la producción hortícola se han incrementado continuamente en los últimos 50 años. En el quinquenio 1940-44 se producían en el país aproximadamente medio millón de toneladas, para el periodo 1960/64 1.6 millones y en la actualidad la cifra se estima en 7.5 millones.

1.1.1 El consumo de hortalizas en México.

El consumo de hortalizas se ha incrementado en México en forma continua, el consumo *percapita* hortícola considerando los productos más importantes en la dieta del mexicano, se ha modificado de 12.84 Kg en 1925/29 a 35.00 Kg en el quinquenio 1960/64, y actualmente, el consumo se ha incrementado en un 580%.

Por otro lado el, consumo *percapita* estimado para los últimos años, de 72.2 kg. no cubre aun las recomendaciones para una dieta equilibrada, según la COMISIÓN NACIONAL DE ALIMENTACIÓN que propone la cifra de 84 kg. (papa, jitomate, chile, hojas verdes y otras verduras).

En la actualidad el consumo hortícola es aun insuficiente a nivel nacional, presentando mayores limitaciones en el medio rural y en los estratos de menores ingresos. (Manuales para la educación agropecuaria, 1996).

1.2 La papa (*Solanum tuberosum* L.)

Es una especie originaria de América, su origen geográfico esta ubicado en las cordilleras de las Andes del Perú, desde este lugar la papa ha sido llevada a casi todos los países del mundo. (<http://lukasnet.com/pyme/papa.htm>, 1997).

1.2.1 Clasificación

Basándose en sus características florales, según Huamán 1980, la papa se clasifica de la siguiente manera:

Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Sección	<i>Petota</i>

La Sección *Petota* se subdivide en Series, Especies y Subespecies. Todas las especies de papa, tanto cultivadas como silvestres, pertenecen a la Sección *Petota*.

El sistema de clasificación que reconoce ocho especies cultivadas, mundialmente conocido, se tomo como referencia en este trabajo.

De las ocho especies cultivadas de la sección *Petota*, solamente la *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* es cultivada en todo el mundo.

1.2.2 Morfología

Bajo condiciones de cultivo, la papa es una especie anual, herbácea que por su semilla altamente heterocigota, se reproduce agámicamente a partir de tubérculos.

(http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/carateristicas_papa.html)

Hábito de crecimiento. La papa es una planta herbácea. Sus hábitos de crecimiento cambian entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas, o casi todas, las hojas se encuentran cerca de la base – o en la base- de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrositado o semiarrositado, y estas plantas presentan mayor resistencia a las heladas. Entre las demás especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero (tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que levantan el ápice), semierecto y erecto.

Raíces. Las plantas de papa se pueden desarrollar partiendo de tubérculos, o de semillas. Cuando crecen a partir de semilla forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando se desarrollan a partir de tubérculo, forman raíces adventicias primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente, se forman raíces en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil. Por eso, para su crecimiento normal, la papa necesita suelo en muy buenas condiciones. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.

Las hojas aisladas, y los esquejes de tallo y de otras partes de la planta, pueden formar raíces, especialmente cuando esas partes u hojas han sido sometidas a tratamientos con hormonas.

Tallos. El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas que crecen de semilla tienen un solo tallo principal, pero de un tubérculo se pueden producir varias plantas. Los tallos laterales provienen de ramificaciones de los tallos principales.

En un corte transversal, los tallos de la papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en las márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas, o dentadas. El tallo es generalmente de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado.

Los tallos pueden ser sólidos, o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula. Alcanzan una altura entre 40 y 80 cm.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces, tubérculos aéreos. (Huamán, 1980).

Hojas. Las hojas compuestas se disponen alternadamente en los tallos y son de tamaño medio a grande (10 a 20 cm de largo), con 5, 7 o 9 folíolos de color verde claro a oscuro, planos o cóncavos y con velloso variable. En las axilas, que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas.

(http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/carateristicas_papa.html).

Estolones. Los estolones de la papa son ramificaciones laterales que crecen horizontalmente a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres, y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante el agrandamiento del extremo distal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Si un estolón no está cubierto con suelo, se desarrolla para convertirse en un tallo vertical con follaje normal.

Tubérculos. Bajo condiciones fisiológicas y ambientales dadas, los rizomas experimentan la diferenciación de tubérculos en la zona próxima a su yema apical, lo que se evidencia primero por un engrosamiento del primer entrenudo en elongación, ubicado a menudo después de ocho yemas del ápice meristemático. Procesos de división y elongación celular en esta zona y entre los entrenudos vecinos resultan en la formación de una estructura de forma variable según el cultivar, pero a menudo esférica o elíptica según el balance de crecimiento en largo o en grosor, y de peso también variable, desde unos pocos gramos hasta casi medio kilo de peso.

(http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/organo_consumo_papa.HTML).

Morfológicamente descritos, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón, que se llama talón, y el extremo opuesto, que se llama extremo apical o distal.

Sobre la superficie del tubérculo se distribuyen los ojos siguiendo una espiral. Los ojos se concentran hacia el extremo apical, y están ubicados en las axilas de hojas como escamas llamadas prominencias del ojo o cejas. Según la variedad, las prominencias pueden ser elevadas, superficiales, o profundas. Cada ojo contiene varias yemas.

Los ojos del tubérculo de papa corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos. Las prominencias representan las escamas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. Los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos que consista de tallos principales, tallos laterales y estolones. Generalmente cuando el tubérculo ha madurado, los ojos tienen vida latente, y por ello no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo que depende de la variedad, el ojo más cercano al extremo apical es el primero en romper la latencia. Esta característica se llama dominancia apical. Más tarde, los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes.

En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga. Además de estas formas, algunas variedades primitivas cultivadas producen tubérculos de formas irregulares.

Tanto en un corte transversal, como en uno longitudinal el tubérculo muestra los elementos siguientes, del exterior hacia el interior: peridermo o piel, corteza, sistema vascular, parénquima de reserva, y tejido medular o médula.

El peridermo o piel, es una delgada capa protectora en el exterior del tubérculo. Su color puede variar entre blanco-crema, amarillo, naranja, rojo o morado. Algunos tubérculos tienen dos colores. Cuando se exponen a la luz por unos días, se toman normalmente de color verdoso. La piel es generalmente suave y en algunas variedades es tosca o áspera. La piel se puede remover fácilmente por frotamiento cuando el tubérculo no ha madurado. Por eso, el daño de la piel es frecuente cuando se cosechan tubérculos antes de su madurez.

En la superficie de la piel se encuentran distribuidas las lenticelas (poros respiratorios) por las cuales se efectúa el intercambio de gases entre el tubérculo y el ambiente. En condiciones húmedas las lenticelas aumentan de tamaño y se ven como puntos blancos prominentes.

La corteza está inmediatamente debajo de la piel. Es una banda delgada de tejido de reserva, que contiene principalmente proteínas y almidones. Sigue el sistema vascular que conecta los ojos del tubérculo entre sí, y a éste con otras partes de la planta. Hacia el centro sigue el parénquima de reserva, que es el tejido principal de almacenamiento y ocupa la mayor parte del tubérculo. La médula constituye la parte central del tubérculo.

Todos los elementos, de la corteza a la médula, constituyen la carne del tubérculo, la cual en la variedades comerciales es normalmente de color blanco, crema, o amarillo pálido.

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

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación por la cual se desvinculan del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. La posición de la articulación es uno de los caracteres taxonómicos más útiles de la papa.

Flores, fruto, semillas. Las flores de la papa son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales: caliz, corola, estambres y pistilo. Los estambres son el órgano masculino llamado androceo, y el pistilo es el órgano femenino llamado gineceo.

El cáliz consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base para formar una estructura en forma de campana debajo de la corola. La forma y el tamaño de los lóbulos o partes no unidas de los sépalos cambian según la variedad. El cáliz puede ser de color verde, o estar parcial o totalmente pigmentado.

La corola tiene cinco pétalos, ligados en la base para formar un tubo corto y una superficie plana de cinco lóbulos. Cada lóbulo termina en una punta triangular o acumen. La corola es generalmente redonda. Algunas variedades primitivas cultivadas tienen corolas pentagonales o como estrellas. La corola puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo, o morado en diferentes tonos e intensidades.

El androceo consiste en cinco estambres que alternan con los pétalos. Cada estambre consta de antera y filamento que están unidos al tubo de la corola. Las anteras generalmente están unidas en una columna cónica alrededor del pistilo, pero en algunas variedades cultivadas pueden estar separadas. El color de las anteras varía de amarillo claro a naranja vivo. Los granos de polen son esparcidos a través de poros ubicados en la punta de la antera.

El gineceo consiste en un pistilo simple, que consta de ovario, estilo y estigma. El ovario contiene numerosos óvulos. El estigma es la parte receptiva del pistilo, donde germinan los granos de polen para crecer hacia abajo por dentro del estilo, el cual es una porción alargada del pistilo que conecta al estigma con el ovario. Después de la fertilización, el óvulo se desarrolla para convertirse en semilla (semilla botánica). La longitud del estilo puede ser mayor, igual o menor que la de los estambres.

Después de la fertilización, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto generalmente esférico llamado baya, que contiene numerosas semillas. Algunas variedades cultivadas producen frutos ovoides o cónicos. El fruto es generalmente de color verde pero en algunos casos tiene puntos, o áreas o franjas de color blanco, o pigmentados.

Las semillas son planas, ovaladas, con un hilo pequeño que indica el punto por donde estuvo ligada al ovario. Estas semillas se conocen como semilla botánica, para diferenciarlas del tubérculo-semilla que es el tubérculo cuando se usa para sembrar papa. (Huamán, 1980).

1.2.3 Fisiología

El desarrollo y el crecimiento de la papa dependen principalmente, de factores genéticos y de condiciones ambientales. El ciclo de vida es de 3 hasta 5 meses.

La propagación de la papa se puede hacer con semillas obtenidas de las flores o con semillas de los tubérculos. La primera es la reproducción botánica, que se usa sólo para el fitomejoramiento del cultivo. En la producción normal, la papa se siembra a partir de la semilla del tubérculo, y la cosecha se efectúa antes de que la planta haya formado frutos.

El tubérculo, como material de propagación, puede presentar dormancia. Esto dependiendo de la variedad, oscila entre unas semanas hasta varios meses.

Otra técnica para obtener más plantas es la eliminación de la yema apical; de esta manera se provoca el brote de más tallos.

El número de tallos que puede producir un tubérculo depende de la variedad, la especie y la alteración del predominio apical. Existe una relación entre el número de tallos y el número de tubérculos. Mientras más tallos tenga la planta, mayor será el número de tubérculos; pero su tamaño será más chico.

La tuberización, o formación de tubérculos, es un proceso de almacenaje de alimentos en un tallo subterráneo, modificado para la reproducción vegetativa. El tallo subterráneo empieza a engrosarse en el ápice por la acumulación de nutrientes, especialmente almidón. En este proceso influye el factor genético de la planta, y los cambios en las condiciones climatológicas. Los días cortos favorecen la formación temprana de los tubérculos, mientras los días largos retardan su formación.

Las temperaturas frescas de 15 a 20°C, junto con los días cortos, favorecen también la tuberización temprana. Esto implicará un rendimiento reducido, porque los tallos y las hojas no están bien desarrollados para la asimilación adecuada. Por otro lado, la tuberización demasiado tardía retrasa la cosecha, pero produce tubérculos más grandes.

Los tubérculos de papa desarrollan y acumulan un alcaloide venenoso, llamado solanina, cuando son expuestos al sol antes de la maduración. Además la cáscara de los tubérculos se pone verde al sol. El alcaloide se reduce mediante la cocción de la papa.

1.2.4 Importancia de la papa

La papa o es uno de los alimentos más importantes tanto de Europa como de América. Constituye el alimento más importante de la humanidad como fuente de energía ya que produce de 2 a 4 veces más que el maíz y de 6 a 10 veces más que los cereales (<http://www.infoagro.cr/tecnología/papa/practicas-papa.htm>). Se ha cultivado extensivamente en los últimos cien años. El área que se cultiva de papas en el mundo, es alrededor de 22 millones de hectáreas con una producción promedio de 13.3 toneladas por hectárea (Manuales para educación agropecuaria, 1995)

La papa es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a nivel mundial, después del trigo, el arroz y el maíz. La producción anual de papa representa aproximadamente la mitad de la producción mundial de todos los tubérculos y raíces. Desde principios de la década de los sesenta, el incremento porcentual del área cultivada en los países en desarrollo ha sido mayor para la papa que para cualquier otro cultivo alimenticio. (<http://www.cgiar.org/cip/espanol/espanol.htm>, 1997)

Cerca de 3.5 mil millones de personas —75% de la población mundial— viven en los 95 países del mundo en desarrollo que producen papa.

Una hectárea de papa duplica el rendimiento en proteína de una hectárea de trigo y provee más materia seca comestible que la producción global combinada de pescado y carne.

La papa es virtualmente libre de grasas y contiene una proteína casi equivalente a la de la leche, además de apreciables cantidades de vitaminas y minerales.

Los países en desarrollo producen 85 millones de toneladas de papa anualmente, aproximadamente un tercio de la producción mundial de papa. Actualmente, la producción está creciendo a una tasa de casi 3% al año. (<http://www.cgiar.org/cip/espanol/espanol.htm>, 1997).

1.2.5 Cultivo de papa en México

En nuestro país, el cultivo de la papa se inició en la región ecológica de las sierras, es decir, las áreas montañosas de Tlaxcala, Puebla, Veracruz y México, cuyas alturas van de 2,500 a 3,500 metros.

Actualmente se cultivan allí, las variedades *Andigenum*, de ciclo largo y muy susceptibles a las virosis y al tizón tardío. Estas variedades tienen cutícula roja y pulpa amarillenta, y rinden poco en las Sierras.

Otra variante la constituyen los Valles, en las que se trabaja la variedad holandesa *Paipa*, aquí se utiliza mucha tecnología, se cultiva con riego y se emplea semilla certificada. Los rendimientos rebasan las veinte toneladas por hectárea.

Los agricultores mexicanos consiguen, en promedio, un rendimiento de quince toneladas de papa por hectárea, aunque hay quienes obtienen cuarenta o más. (Bayer, 1991).

La papa es uno de los tubérculos más consumidos en nuestro país. Contiene una gran cantidad de nutrientes y de energía, por su contenido de almidón. Su contenido de proteínas y grasas es bajo. Además de poderse comercializar en fresco, presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por el consumidor en general. (<http://200.9.33.130/fichaprocesopapa.htm>)

1.2.6 composición y usos de la papa

En el siguiente cuadro se muestra la composición nutritiva de 100 gr de papa cocida.

Componente	Contenido	Unidad
Agua	77.00	%
Carbohidratos	19.80	g
Proteína	1.50	g
Lípidos	Tr	g
Calcio	5.10	mg
Fósforo	44.0	mg
Fierro	0.30	mg
Potasio	378.0	mg
Sodio	3.70	mg
Vitamina A (valor)	0.00	UI
Tiamina	0.10	mg
Riboflavina	0.02	mg
Niacina	1.50	mg
Acido ascórbico	13.00	mg
Valor energético	88.20	cal

Los usos de la papa son múltiples, tanto como producto fresco como industrializado, transformándola en uno de los alimentos más versátiles y generalizados. Su consumo, después de un proceso de cocción, puede ser como papa asada, cocida, frita, ensalada, puré, sopa, sufflé, chapalele, milcao, etc., dando fe de la variedad de usos. Por otro lado, la papa es la materia prima agroindustrial de América ya que, desde el inicio del cultivo en Perú, se ha elaborado un producto de la deshidratación de la papa: el chuño (papas "aplastadas", secas). Aparte de otras formas de industrialización para alimento humano que dan origen a una enorme variedad y cantidad de productos procesados como los congelados, deshidratados, enlatados, licores, etc., la papa también se utiliza en alimentación animal. (http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/organo_consumo_papa.HTML)

La papa utilizada para la industrialización es aquella que se encuentra en su etapa de madurez. Las variedades de papa que acumulan azúcares durante el almacenamiento no sirven para el procesamiento de papas fritas a la francesa y hojuelas de papa. Para obtener purés deshidratados si se puede trabajar con niveles un poco más altos de azúcares.

En resumen, las características que se evalúan en las variedades para procesar son el contenido de sólidos totales y de azúcares reductores. También se puede evaluar la alta ductilidad, resistencia a enfermedades, tamaño adecuado y forma homogénea.

El problema más frecuente a nivel de industria es el mantener un color constante y característico de las hojuelas de la papa. El control del color es difícil de realizar pues este depende de la composición química (azúcares reductores), y esta a su vez depende de muchos

factores ambientales y del almacenamiento. Lo importante es mantener el contenido de azúcares reductores de la papa en un nivel bajo. El almacenamiento es importante de considerar porque a temperaturas bajas el contenido de azúcares reductores aumenta. Para evitar que surjan brotes de la papa, estas deben tratarse con un inhibidor de brotes.

Algunos productos que se pueden obtener de la industrialización de la papa, se presentan en seguida:

- Hojuela fritas de papa
- Hojuelas deshidratadas
- Almidones
- Alimento animal
- Papas a la francesa congeladas
- Cubitos de papa congelados
- Crema y sémola de papa
- Croquetas de papa (<http://200.9.33.130/fichaprocesopapa.htm>)

1.2.7 Control sanitario de la papa

Las semillas de papas y la tierra pueden ser transmisoras de plagas que más tarde afectaran al cultivo de manera seria. Los tubérculos deben estar libres de plagas e infecciones virales, para evitar la propagación de estas plagas y enfermedades durante el cultivo.

Con respecto a la tierra, es importante que el campo este libre de nemátodos, en particular, el dorado. Además si el campo era un pastizal o un barbecho con muchas malas hierbas, existe la posibilidad de que haya plagas subterráneas.

Para prevenir estas plagas y enfermedades, es oportuno que el productor use semillas certificadas, o que trate las semillas con plaguicidas adecuados.

También es importante tratar la tierra misma para prevenir la diseminación de plagas durante el cultivo, por que siempre es mejor prevenir los daños, que tratar de remediarlos cuando las papas ya han sido invadidas por animales o cualesquiera agentes transmisores de virosis. En estas circunstancias ya no se pueden controlar. (Manuales para educación agropecuaria, 1995).

1.3 Medios de control

Bajo las condiciones de nuestro país los cultivos están expuestos a una serie de microorganismos (hongos, bacterias, insectos, etc) que pueden ser de muy difícil control y por ende afectar la cosecha, de allí que sea de suma importancia poner en práctica todas las técnicas y métodos que están al alcance del agricultor para dar sostenibilidad y competitividad al sistema de producción. (<http://www.infoagro.cr/tecnología/papa/practicas-papa.htm>)

1.3.1 Control integrado

Llamado también manejo integrado (<http://www.fao.org/NOTICIAS/1998/imp-s.htm>), o lucha integrada (Domínguez G. F. 1989)

El grado de aumento sin precedente, de la población mundial, impone la necesidad de una mayor producción para satisfacer las necesidades del hombre. Los esfuerzos para alimentar y vestir una población que se espera se duplique al final del siglo XX, forzarán a la agricultura hacia la simplicidad comparativa de los monocultivos, con su tendencia a alentar las oscilaciones violentas de las poblaciones de plagas. Los problemas planteados por tales organismos, genéticamente plásticos e ingeniosos en su evolución como los insectos y los

artrópodos relacionados, y sus interacciones con una agricultura en cambio constante, son demasiado dinámicos para resolverlos confiando en sistemas de control de un componente. Es obvio que, el hombre no está haciendo el mejor uso de su habilidad para controlar insectos, en vista de lo que se ha denominado, "naturaleza arrasadora", con poca consideración con respecto a las consecuencias. Algunas veces, sus esfuerzos para controlar las plagas de artrópodos han resultado tan dañinos como benéficos. Durante las últimas décadas se ha acumulado información sustancial que sugiere que el control de plagas se debe extender desde los métodos empíricos hasta un sistema basado en los principios de la ecología aplicada.

El manejo integrado de plagas (MIP) tiene como primer fundamento el diagnóstico ecológico de plagas. Este enfoque busca dar una respuesta acertada al productor agrícola y forestal, sobre la naturaleza de los problemas fitosanitarios que se le presentan en su sistema de producción. (34. <http://www.CATIE.ac.cr/información/mip/mip52/tc52.htm>)

Se han propuesto varias definiciones de control integrado (National Academy of Sciences, 1992); estas son:

a.- Control aplicado de la plaga, que combina e integra medidas biológicas y químicas en un solo programa unificado de control de plagas. El control químico se usa solo donde y cuando es necesario, y en la forma que sea menos destructora para los benéficos factores reguladores del medio ambiente. Se puede hacer uso de los parásitos, depredadores y patógenos de los insectos que se presentan en forma natural, así como de los agentes biológicos aumentados o introducidos por medios artificiales.

b.- Un enfoque ecológico para el control de plagas, en la cual se consolidan todas las técnicas disponibles necesarias en un programa unificado, de modo que las poblaciones se puedan manejar en tal forma que se evite el daño económico y se reduzca al mínimo los efectos adversos adicionales.

c.- Un programa de manejo de población de artrópodos, ideado para mantener las poblaciones de la plaga a niveles de tolerancia económica, aumentando la resistencia del medio y complementando éste con aplicaciones de fumigantes seleccionados, en el caso de que sean amenazados los niveles de tolerancia económica.

d.- Utilización de todas las técnicas adecuadas para reducir y mantener la población de las plagas por debajo del nivel en que causan daño de importancia económica a la agricultura y a los bosques, o reuniendo dos o más métodos de control en un sistema adecuado para mantener las plagas a niveles por debajo de las que causan daño; un sistema que se debe basar en principios y métodos ecológicos firmes.

e.- La FAO en 1968 da la siguiente definición: "Sistema de regulación de las poblaciones de plagas que teniendo en cuenta el medio particular y la dinámica de las poblaciones consideradas utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de forma tan compatible como sea posible y mantiene las poblaciones de estas plagas a niveles tales que no causen daños económicos".

El MIP permite a los agricultores vigilar y controlar las plagas en sus campos, reduciendo al mínimo absoluto la utilización de plaguicidas químicos costosos y potencialmente dañinos y peligrosos.

El MIP no consiste en un conjunto fijo de reglas. Se trata de un planteamiento dinámico, orientado a los agricultores, para resolver los problemas actuales del campo, que pueden ser distintos a los de ayer y los de mañana. (<http://www.fao.org/noticias/1998/ipm-5.htm>).

El manejo integrado de plagas comprende la prevención y control de plagas usando todas las técnicas y estrategias existentes en la protección de cultivos. Las siguientes condiciones y lineamientos es lo que llamamos un manejo integrado de plagas:

- Control supervisado
- Prácticas culturales
- Medidas higiénicas
- Control físico y mecánico
- Control biológico
- Control natural
- Componentes naturales
- Control químico

1.3.1.1 Control supervisado

Cuando un productor decide cambiar del control químico convencional al manejo integrado de plagas, lo mejor es comenzar con la implementación del control supervisado. Esta herramienta no es una forma de control por sí misma, pero es un método para obtener una cierta política o reglamentos balanceados para la toma de decisiones. Con el control supervisado, el productor determina el momento correcto para interferir en el ciclo de vida de la plaga.

Durante el periodo del control supervisado el productor debe familiarizarse y aprender acerca de:

- Identificación ; reconocimiento de las plagas y enfermedades
- Cuantificar el nivel crítico de la población de plagas.
- Técnicas de monitoreo y muestreo
- Eficacia, persistencia y daño de los plaguicidas
- Influencia de las condiciones climáticas

Además el productor debe estar relacionado con el control mecánico, medidas de higiene y prácticas o métodos culturales. (<http://www.vwr-mexico.com/meta12/manejo.htm>)

1.3.1.2 Control cultural

El control cultural es un método económico para vigilar o prevenir el daño causado por un insecto, mediante la combinación de procedimientos mecánicos o físicos y el conocimiento del ciclo biológico del insecto en cuestión. Por ejemplo, la rotación de cultivos previene el crecimiento excesivo de la población de una plaga que se alimenta de un solo tipo de vegetal. Para destruir huevos, pupas y, al mismo tiempo, larvas y adultos en hibernación, se pueden enterrar tallos, hierbas y otros residuos después de la cosecha. En forma semejante, remover la tierra con el arado puede arrancar las hierbas, antes o después de la época de cultivo, puede destruir una etapa particular del desarrollo de un insecto. En muchas ocasiones la siembra y el cultivo se pueden programar fuera de la época en que los insectos depositan sus huevecillos o en la que son más abundantes. También se pueden sembrar variedades de plantas más resistentes a ciertas plagas. Las plantas sanas y vigorosas pueden resistir mejor el ataque de los insectos que aquellas débiles o enfermas. (Fichter, 1993).

El control cultural se basa en optimizar el crecimiento de la planta, ya que esta es una de las más importantes condiciones dadas para incrementar la resistencia del cultivo contra plagas y enfermedades. Esto debe ser llevado a cabo mediante el cuidado de los factores de crecimiento tales como; el clima, la fertilización, medio radicular, etc. Un bajo uso de plaguicidas es frecuentemente un apoyo para hacer que las plantas crezcan bien.

Además de que se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Hay que prevenir altas densidades de siembra y plantación. Plantas en altas densidades son siempre más delgadas y débiles, por lo que son más susceptibles a las plagas y enfermedades.
- Usar material vegetativo que venga de cultivo de tejidos tanto como sea posible.
- Usar materiales que tengan lo más uniforme y compacta la floración. Plantas que presentan diferentes intervalos de cosecha y floración desuniforme, son más fáciles y vulnerables a las plagas por el acarreo de las mismas durante la floración. (<http://www.vwr-mexico.com/meta12/manejo.htm>)

1.3.1.3 Medidas higiénicas

Se refiere a todas las medidas encaminadas a prevenir o erradicar las fuentes y vectores de las plagas y enfermedades, esto reduce la presencia de organismos dañinos, resultando en una reducción del control biológico. Algunas medidas higiénicas, de manera general, son las siguientes.

- Empezar con plantas limpias. El material debe estar libre de plagas y enfermedades.
- Quitar el follaje viejo con cuidado.
- Checar regularmente la presencia de plagas y enfermedades y en cuanto se encuentre material infestado, debemos empacarlo en bolsas de plástico y destruir este material.
- Evitar dañar o lastimar a la plantas.
- Prevenir el transporte de organismos por humanos, máquinas o herramientas. Hay que proveer de batas, equipos, cuchillos, tijeras y zapatos desinfectados; tanto a los trabajadores como a los visitantes. (<http://www.vwr-mexico.com/meta12/manejo.htm>)

1.3.1.4 Control físico y mecánico

Este tipo de control es el más simple, el más obvio y en ocasiones el más efectivo: como testimonio tenemos al viejo matamoscas. Las plagas de los productos almacenados son destruidas comúnmente por el calor o por el frío. Pocas especies pueden sobrevivir a temperaturas mayores de 50° C, y el frío también mata o detiene la actividad de muchas otras. Drenar el agua estancada elimina los lugares en donde algunas plagas pueden anidar durante sus primeros estadios de vida, mientras que muchas plagas de plantas pueden ser eliminadas mediante una inundación calculada. Las luces son usadas para atraer algunas clases de insectos, las cuales son electrocutadas en rejillas. Las plagas que se desean capturar en grandes cantidades pueden ser atraídas hacia sebos o atrapados en zanjas. El jardinero que retira manualmente los escarabajos japoneses de sus rosas emplea un método efectivo en áreas pequeñas. (Fichter, 1993).

Otras alternativas que se ofrecen en este tipo de control son las siguientes:

- Mantener a los insectos lejos de las plantas. A muchos insectos voladores (pulgones, mariposas, mosquitos, chicharritas, trips, etc.) podemos evitarles la entrada al cultivo con la ayuda de una malla anti-insectos. Esta puede ser instalada en las ventanas (en caso de invernadero), o puede ser usada para cubrir el cultivo.
- Si cubrimos el suelo o el sustrato con polietileno o tela podemos hacer que no dañen las raíces. Estas medidas también detienen el desarrollo de muchas plagas que necesitan el suelo para completar su ciclo de vida.
- También se pueden usar tratamientos de temperatura como el de sumergir semillas, bulbos y esquejes, en agua caliente para matar algunos ácaros, nematodos, bacterias y algunos virus. También se puede emplear aire caliente.
(<http://www.vwr-mexico.com/meta12/manejo.htm>)

1.3.1.5 Control biológico

Este control se refiere al uso intencional de depredadores naturales, parásitos o infecciones, para destruir o reducir la población de una especie problema. Estos métodos han sido efectivos, principalmente, para combatir plagas de insectos importados de regiones distintas, los cuales en su nuevo ambiente no tienen enemigos naturales. El control biológico generalmente no tiene un valor práctico para combatir plagas de jardines y otras áreas igual de pequeñas; en cambio, es usado con mejores resultados en huertos y arboledas o donde el cultivo a gran escala se repite año con año en la misma tierra. Generalmente, la especie de control se desarrolla en forma artificial antes de introducirla al área afectada, en grandes cantidades. Mediante estos métodos se ha conseguido controlar, de manera efectiva, más de una docena de plagas.

A pesar de los buenos resultados, debemos mencionar que el control biológico no elimina en forma completa una plaga. Solo reduce la población y así también el daño. Sin embargo, el control biológico es "autorregenerable", ya que una vez que se establece una especie para el control continua reproduciéndose y conserva su efectividad. (Fichter, 1993).

En el control biológico se distinguen tres grupos de organismos benéficos.

- Depredadores: ácaros depredadores, catarinas, etc.
- Parásitos: avispas y moscas parásitas.
- Microorganismos: Nematodos, hongos, bacterias y virus.

Es vital poner atención en los siguientes puntos:

- Siempre seguir las instrucciones de uso. Hay que estar seguros de que la aplicación se está haciendo en la forma correcta, el tiempo, el día y el cultivo correcto y en el manchón correcto del cultivo.
- Cuidar la calidad del material biológico a usar.
- Obtener el material de una compañía reconocida que garantice la calidad y la disponibilidad en cualquier momento.
- Respetar la temperatura de almacenaje indicada, como también el tiempo a aplicar.
- Siempre almacenar las botellas con los parásitos y depredadores en posición horizontal.
- Tener conocimiento de la biología de los insectos benéficos.
- Asegurar la presencia de comida alternativa en el cultivo (polen, miel, etc.) cuando sea apropiado.

- Usar huéspedes atractivos cuando sea posible, esto para que las plagas sean atraídas por ellos.
- Estar seguros de que la población de los insectos benéficos no está siendo sustancialmente reducida por la cosecha, poda o defoliación del cultivo.
- Introducir los insectos benéficos en el tiempo correcto. Entre más pronto se introduzcan, menor será el número necesario a introducir después y menor el efecto. Incluso algunos benéficos pueden ser introducidos previamente.

1.3.1.6 Control natural

El control natural mantiene en equilibrio las poblaciones de insectos de una forma ordinaria. Los factores climáticos, como la temperatura y la precipitación pluvial, limitan la distribución de una especie de insectos, en forma semejante a las barreras geográficas como los grandes cuerpos de agua, los desiertos o las regiones montañosas.

Los sapos, lagartos, ranas, topos y musarañas se encuentran entre los numerosos animales que se alimentan principalmente de insectos. Algunas aves pueden comer su propio peso en insectos. Los insectos depredadores generalmente se alimentan de cualquier insecto que se encuentra disponible. Las larvas de los insectos parásitos se desarrollan en los huevos, larvas o adultos de otros insectos. Las infecciones vírales, micóticas y bacterianas también colaboran en grado sustancial a detectar el crecimiento de las poblaciones de insectos. (Fichter, 1993).

1.3.1.7 Componentes naturales

Son productos naturales que controlan o confieren un efecto protector contra las plagas y enfermedades, los cuales provienen de extractos de plantas y minerales. Hay que cuidar que los enemigos naturales no sean dañados por la aplicación de los componentes naturales.

1.3.1.8 Control químico

El control químico debe ser una consecuencia de la implementación de las medidas señaladas y el último recurso, no el primero.

Se usa sólo donde y cuando sea necesario, y en la forma que sea menos destructora para los benéficos factores reguladores del medio ambiente. Los insecticidas son compuestos químicos que se usan para matar insectos dañinos. Tienen una gran ventaja, la rapidez. El control biológico es seguro y dura mucho más, pero pueden requerirse varios meses para que sea efectivo. Su uso ha incrementado muchísimo la producción agrícola y en muchos casos ha prevenido por completo las pérdidas de cosechas. También ha sido importante para el control de plagas que son molestas o transmisoras de enfermedades.

Sin embargo, la mayoría de estos compuestos son peligrosos también para la gente y los animales. Los insecticidas hay que usarlos sólo bajo el asesoramiento de un inspector agrícola, un entomólogo o un fumigador profesional, ningún insecticida se debe usar a menos que esté aprobado, y es mucho más sensato dejar que un profesional se encargue del asunto. (National Academy of Sciences, 1992)

1.4 Plagas y enfermedades

El presente trabajo recopila información respecto al ataque al cultivo de la papa por parte de plagas y enfermedades, los cuales se agruparon de la siguiente manera: plagas animales (nematodos e insectos) y enfermedades (virus, micoplasmas, bacterias y hongos). A continuación se da una descripción, de manera general, de dichos organismos.

1.4.1 Insectos

Los insectos constituyen una clase del tipo de los artrópodos que, por si sola, comprende más de tres cuartos de millón de especies descritas, de esta forma y por el número de especies, sobrepasa a todo el resto del reino animal. Entre los cuatro tipos que componen la mayor parte de las plagas animales -gusanos, artrópodos, moluscos y vertebrados-, los insectos forman la clase más rica en especies nocivas. A los daños que causan directamente hay que añadir los daños indirectos debido al hecho de que varias especies transmiten virus que provocan enfermedades (Bovey, 1989).

Los insectos se vuelven plaga cuando causan daño a los cultivos, destruyen productos elaborados, transmiten enfermedades, causan molestias o de otras formas, interfieren con las necesidades o intereses del hombre (Fitcher, 1993). También se considera plaga cuando una población de insectos reduce la cantidad y calidad de los alimentos, cuando daña los artículos durante su cosecha, procesamiento, venta, almacenamiento o consumo o bien cuando causan daños a casas y otras propiedades particulares (National Academy of Sciences, 1992).

En la batalla continua del hombre contra las plagas de insectos a través de los siglos, ninguna especie ha sido erradicada definitivamente. Sin embargo, algunos han sido reducidos en cantidad, cuando menos temporalmente. Al mismo tiempo, otras especies se han vuelto más abundantes y ahora causan verdaderos problemas, gracias a que el hombre les ha proporcionado las condiciones favorables para su desarrollo. El sistema moderno de un solo cultivo a menudo le proporciona a las plagas una cantidad enorme de alimento en varios centenares de hectáreas (Fitcher, 1993)

Algunas especies de insectos forman plagas durante todo el año, otras solo en determinadas estaciones. Las plagas de insectos pueden ser solo en ciertos años, y en otros no. La distribución de las plagas de insectos puede cambiar durante una cosecha, ya que esta le obliga a dirigirse hacia otros cultivos que podrían no estar infestados. Los factores que afectan la distribución y actividad son variables, por tanto la distribución de plagas de insectos cambia constantemente. A pesar de ello, a menudo las mismas plagas de insectos dañan año tras año el mismo cultivo o las mismas regiones. Las variaciones en la distribución y actividad de los insectos son factores que se deben de tomar en cuenta para elaborar económicos y eficaces programas de control de plagas de insectos.

La velocidad con que los insectos se reproducen varia, pero, en general, la mayoría de las especies se caracteriza por su gran capacidad reproductora, la duración de una generación es variable. La muerte del adulto antes de llegar a la etapa de postura, la mortalidad de huevos, larvas y pupas por desecación, inanición, parásitos, depredadores, enfermedades y parásitos, depredadores, enfermedades y otros factores adversos reducen mucho el número de insectos que se producen aun en las mejores condiciones ambientales; sin embargo persiste la gran capacidad reproductora de los insectos que forman la plaga (National Academy of Sciences, 1992).

Es fácil apreciar el daño causado por las plagas de insectos. En cambio, el valor de las especies benéficas es difícil de estimar. Las abejas, avispas, moscas, mariposas y otros insectos polinizan las flores que nos proporcionan frutos y alimento, la miel la cera y la seda, importantes productos comerciales son producidos por los insectos. Algunos insectos son eslabones esenciales de las cadenas alimenticias de peces, aves y otros animales (Fitcher, 1989). Hay que agregar también que muchos insectos son parásitos de especies nocivas, y por

tanto, útiles al hombre; sin los insectos no sería posible la fecundación de las flores de nuestros cultivos y las cosechas serían en muchas plantas poco menos que nulas (Dominguez, 1989).

Las plagas de los insectos, se pueden controlar mediante diversos métodos. El principio fundamental del control de insectos es la identificación correcta de los organismos; esta es la clave para buscar en la información publicada referente a historia biológica, comportamiento, ecología y otros importantes factores en el desarrollo de medidas de control de una plaga. Una vez que se ha identificado de manera correcta la plaga y se ha examinado toda la información disponible, entonces se puede considerar la aplicación de los diversos métodos para el manejo. En la valoración de los diferentes métodos, en el caso de una plaga en particular, debe tomarse en cuenta el nivel inofensivo de la infestación, o sea los límites económicos. Los factores ecológicos que afectan las poblaciones de insectos tienen gran importancia en el control de la plaga de insectos. Todos los conocimientos disponibles respecto a las características bióticas y abióticas del ambiente que afectan a la plaga deben tomarse en cuenta para elaborar un plan de control de insectos para una plaga específica en un lugar determinado. La comprensión de los factores ecológicos que afectan a la población de una plaga de insectos es esencial para planear un mejor programa de control. Una encuesta o inspección adecuada de cultivos, animales y productos expuestos al daño producido por insectos, es de primordial importancia en la reducción de daños y el costo del control. En general se requieren investigaciones para determinar los mejores métodos para obtener e interpretar la información necesaria. El siguiente paso es determinar la solución más adecuada del problema, por tanto es necesario estudiar todos los métodos disponibles de manejo y control de plagas de insectos.

Desde el punto de vista económico, el control se debe basar tanto en los resultados inmediatos como en los efectos a largo plazo. Se deben evitar las prácticas de control que implique dificultades futuras, aun cuando produzcan excelentes resultados inmediatos. (National Academy of Sciences, 1992)

Los factores que afectan las actividades del insecto pueden dividirse en dos:

- a) Factores propios del organismo, como son: etapa en desarrollo, edad, diapausa, resistencia, enzimas, hormonas, sentidos, alimentación, reproducción, migración, respiración.
- b) Los factores ambientales, entre los que se encuentran: alimento, vibraciones, parásitos, productos químicos, movimiento del aire, radiación, contacto, enfermedades, calor, luz, gravedad, insecticidas, trampas, agua, predadores, reproducción, repelentes, oxígeno, sonido, atrayentes. (National Academy of Sciences, 1992).

1.4.1.1 Los insectos: clasificación taxonómica y morfología.

Constituyen el *Phylum* de los artrópodos o animales con patas articuladas, un grupo que incluye más del 85% de todas las especies conocidas de animales. Cerca del 90% de todos los artrópodos son insectos.

Los insectos están subdivididos en grupos llamados órdenes, en la siguiente tabla se resumen 16 órdenes de insectos que incluyen especies importantes que se consideran plagas (Fitcher, 1993).

Principales órdenes de insectos	
Orden	Ejemplos comunes
Thysanura	Pescadito de plata, chinche del asbesto.
Collembola	Colembolos.
Orthoptera	Saltamontes, grillos, cucarachas.
Dermaptera	Tijerillas.
Isóptera	Termitas.
Psocoptera	Piojos de los libros, piojos de la corteza.
Maliophaga	Piojos mordedores.
Anoplura	Piojos chupadores.
Thysanoptera	Trips.
Homoptera	Pulgones, chicharritas.
Hemiptera	Chinches de la cama, chinche apestosa, chinche de los cereales.
Coleoptera	Mayates, gorgojos.
Lepidoptera	Polillas, gusanos trozadores.
Hymenoptera	Avispas, abejas, hormigas.
Diptera	Moscas, mosquitos.
Siphonoptera	Pulgas.

Como todos los artrópodos, tienen el cuerpo segmentado y recubierto de un tegumento duro formado por placas articuladas, lo que constituye un verdadero esqueleto externo: los apéndices son igualmente articulados. Dentro de este tipo general se distinguen por los caracteres siguientes:

- Subdivisión del cuerpo en tres partes: cabeza tórax y abdomen.
- Cabeza dotada de un par de antenas y piezas bucales: un labio superior, dos mandíbulas, dos maxilas y un labio inferior.
- Presencia de tres pares de patas fijadas al tórax y, en las formas aladas, dos pares de alas, salvo en el orden de los dípteros que solamente tienen un par.
- Abdomen segmentado sin patas (Bovey, 1989).

Desde 1875 Paul Mayer precisó los caracteres del insecto que pudiéramos llamar prototipo, que correspondía a la que Mayer suponía fue la forma ancestral, que dedujo por el estudio de la filogenia de los insectos. A este hipotético organismo lo llamo *Protentomon* y le asigno las características siguientes, que salvo modificaciones secundarias, corresponden a todas las especies actuales:

- El cuerpo aparece dividido en tres regiones: *Cabeza tórax y abdomen*, en la cabeza se encuentran las antenas, las mandíbulas, las maxilas y el labio, también van en la cabeza dos ojos compuestos y tres ocelos.
- El tórax está formado por tres segmentos: *protórax, mesotórax y metatórax*; cada uno de ellos con un par de patas insertas en la parte inferior o ventral, el *mesotórax* y el *metatórax* con un par de alas cada uno, insertas en la parte superior o dorsal.

- El abdomen se compone de once segmentos, sin apéndices locomotores ni alas. En los insectos actuales se reducen los once segmentos a un número menor variable.
- El cuerpo está recubierto de una envoltura quitinosa que se separa de las células hipodérmicas. Los apéndices locomotores se mueven mediante músculos bien diferenciados.
- El tubo digestivo se extiende desde la boca, situada en la parte inferior de la cabeza, hasta el ano, en el otro extremo del cuerpo; comprende tres regiones: una anterior, o *estomodeum*; otra media, o *mesenteron*, y la otra posterior, o *proctodeum*.
- El sistema nervioso consta de una masa ganglionar *supraesofágica* denominada *cerebro*, formado por la fusión de tres ganglios, que se unen a otra masa triganglionar *subesofágica* por un collar que rodea al esófago, denominado *collar esofágico*.
- El aparato circulatorio está formado por un vaso dorsal, dividido metaméricamente en la región abdominal, terminado por detrás en dedo de guante, prolongándose por delante del torax, en un tubo no segmentado, que abre libremente en su extremo anterior, que corresponde a la cabeza. El tubo abdominal segmentado se denomina corazón.
- El aparato respiratorio o traqueal resulta de invaginaciones ectodérmicas, que forman una serie de tubos o traqueas que se ramifican en el interior del cuerpo y comunican con el exterior por unos orificios denominados *estigmas*.
- Los órganos genitales están constituidos por un par de glándulas masculinas o femeninas, cada uno con su conducto propio, que se fusiona después en uno solo y abre al exterior entre los segmentos octavo y noveno del abdomen (Dominguez, 1989).

Reproducción. Los insectos se multiplican generalmente por la vía sexual; no obstante muchas especies pueden procrear sin el concurso de los machos, por partenogénesis. Se llaman ovíparos cuando las hembras ponen huevos, que dan origen a las larvas. Algunas especies producen directamente las larvas, pues el huevo efectúa todo su desarrollo en el cuerpo de la madre; tales especies se llaman entonces vivíparas.

Metamorfosis. La existencia de una cutícula rígida no permite al insecto crecer regularmente, su desarrollo depende de un fenómeno complejo, la muda, en el curso de la cual la larva se desprende a intervalos más o menos regulares de su antiguo tegumento para formar uno nuevo y más amplio. El crecimiento se efectúa antes de que se endurezca el nuevo tegumento. Las complejas transformaciones que conduce al insecto desde el estado de huevo hasta ser adulto se conoce con el nombre de metamorfosis, distinguiéndose desde este punto de vista dos grandes grupos:

- Insectos con metamorfosis incompleta o *hemimetábolos*. Las larvas son semejantes al adulto o difieren un poco. Se forman por mudas sucesivas sin fase de reposo entre el último estado larvario y el adulto.
- Insectos con metamorfosis completa u *holometábolos*. Los adultos son completamente diferentes de las larvas. El desarrollo comprende una fase de reposo, la ninfa o crisálida, durante la cual las estructuras de la larva se modifican totalmente para formar las del adulto.

1.4.2 Nematodos

los nematodos son un grupo altamente diferenciado de los invertebrados que, por lo general, se clasifican como una clase del reino animal o según un número creciente de zoólogos, como un phylum separado. La palabra nematodo es una corrupción de nematoide (como un hilo) y es uno de los nombres comunes que se aplican a estos animales. (Christie, 1986).

Los nematodos son uno de los grupos más importantes de microorganismos que viven en el suelo, vinculados a las raíces de las plantas, y con frecuencia juegan un papel vital en el crecimiento y la producción de las mismas. A los nematodos parásitos de vertebrados se les llama gusanos redondos o gusanos filiformes, mientras que tanto los nematodos parásitos de las plantas como a los que viven independientemente se les llama anguilillas (Jatala, 1986).

Los nematodos, se consideran fitopatógenos debido a que, como respuesta al daño que ocasionan, las plantas presentan síntomas similares a los del ataque por agentes infecciosos.

Los nematodos abundan en todas partes y se les encuentra casi en cualquier sustrato biológico, aun en los desiertos y en el fondo del océano. Se alimentan de hongos, bacterias, nematodos mismos, insectos, animales superiores y plantas, así como también de detritos orgánicos. Existen más de 100 géneros de nematodos que se asocian con enfermedades de plantas y es probable que cualquier cultivo sea hospedero de una o más especies de nematodos parásitos (De la isla, 1996).

1.4.2.1 Ecología y distribución

Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa del suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad, aunque cabe mencionar que su distribución en los suelos cultivados es irregular y es mayor en torno a las raíces de las plantas susceptibles, a las que en ocasiones siguen hasta profundidades considerables (de 30 a 150 cm o más). La mayor concentración de nematodos en la región radical de la planta hospedero se debe principalmente a su más rápida reproducción cuando el alimento es abundante y también la atracción que tienen por las sustancias liberadas en la rizosfera. A esto hay que añadirle el denominado efecto del factor de incubación de las sustancias que se originan en la raíz y se difunden en los alrededores del suelo estimulando notablemente la incubación de los huevecillos de ciertas especies.

Los nematodos se distribuyen en el suelo muy lentamente bajo su propia capacidad. La distancia total que recorre un nematodo probablemente no excede de un metro por estación. Se mueven con mayor rapidez en el suelo cuando los poros de este están llenos de una película delgada (de unos cuantos micrómetros) de agua cuando el suelo está inundado. Sin embargo, además de su movimiento propio, los nematodos se distribuyen con mayor facilidad a todo lo que se mueva y pueda llevar partículas de suelo. El equipo agrícola, la irrigación, el agua inundada o de drenaje, las patas de los animales y las tolvaneras distribuyen a los nematodos en áreas locales, mientras que a grandes distancias los nematodos se distribuyen principalmente por los productos agrícolas y las plantas de los viveros. Los pocos nematodos que atacan a los órganos aéreos de las plantas no solo se mueven en el suelo en la forma anteriormente descrita, sino también son salpicados hacia las plantas por las lluvias o por el riego excesivo, o suben por sí mismos a las superficies húmedas de las hojas o tallo de las plantas. Se dispersan además cuando los órganos de las plantas infectadas entran en contacto con las plantas sanas adyacentes (Agrios, 1995).

1.4.2.2 Clasificación

Los nematodos, son definidos como: organismos pseudocelomados, generalmente vermiformes, no segmentados con simetría bilateral y hexaradial en la región cefálica, con cutícula lisa o anillada y sistema muscular, nervioso, reproductivo y digestivo bien definidos (De la isla, 1996).

Todos los nematodos fitoparásitos pertenecen al Phylum Nematoda (Agrios, 1995). Incluyen las clases Secernentae y Adenophorea (de la isla, 1996). La mayoría de los géneros parásitos pertenece al orden Tylenchida, pero algunos pertenecen al orden Dorylaimida.

Phylum: NEMATODA**Orden: Tylenchida****Suborden: Tylenchina****Superfamilia: Tylenchoidea****Familia: Tylechidae****Géneros: *Anguina, Dytlenchus*****Familia: Tylenchorhynchidae****Genero: *Tylenchorhynchus*****Familia: Pratylenchidae****Géneros: *Pratylenchus, Radophulus*****Familia: Hoplolaimidae****Géneros: *hoplolaimus, Rotylenchus, Helicotylenchus*****Familia: Belonolaimidae****Genero: *Belonolaimus*****Superfamilia: Hetero deroidea****Familia: Heteroderidae****Géneros: *Globodera, Heterodera, Meloidogyne*****Familia: Nacobdidae****Géneros: *Nacobbus, Rotylenchus*****Superfamilia: Criconematoidea****Familia: Criconematidae****Géneros: *Criconemella, Hemicycliophora*****Familia: Paratylenchidae****Genero: *Pratylenchus*****Familia: Tylechulidae****Genero: *Tylechulus*****Suborden: Aphelenchina****Superfamilia: Apelonchoidea****Familia: Apelenchoididae****Géneros: *Aphelenchoides, Bursapelenchus, adinaphelenchus*****Orden: Dorylaimida****Familia: longidoridae****Generos: *Longidorus, Xiphinema*****Familia: Trichodoridae****Generos: *Paratrichodorus, trichodorus***

1.4.2.3 Morfología

Los nematodos fitófagos son gusanos filiformes, de tegumentos lisos y cuyo tamaño oscila entre 1 y 3 mm de longitud. Su cuerpo se compone de dos tubos encajados uno con el otro. El primero comprende la cubierta del cuerpo (cutícula externa, epidermis y musculatura) y el segundo esta constituido el tubo digestivo. Este aparato digestivo encierra los siguientes órganos: boca, cavidad bucal, esófago e intestino, próximos al tubo digestivo se encuentran además los órganos genitales y excretores.

El sistema nervioso es rudimentario. Esta formado por un anillo nervioso que rodea el esófago, de donde parten los nervios que se dirigen a la epidermis. No existe aparato circulatorio (Bovey, 1989).

1.4.2.4 Biología

los nematodos fitófagos pasan al menos una parte de su ciclo de vida en el suelo. Como son básicamente animales acuáticos no pueden vivir sin una película de humedad permanentemente ligada a su cuerpo, el ciclo de vida, generalizado, de los nematodos es sencillo: las hembras producen huevos de los cuales emergen los estados juveniles o larvas (que se parecen mucho a los adultos es aspecto y estructura). Durante su crecimiento y desarrollo los estados larvales pasan por cuatro mudas, y el periodo entre una muda u otra se llama fase. Algunos nematodos pasan las primeras mudas mientras se encuentran todavía en el interior del huevo.

Aunque la proporción de machos y hembras generalmente es de 1:1, en algunas especies, sin embargo, los machos no existen y en otras son pocos. En estos casos, las gónadas de las hembras producen tantos óvulos como células espermáticas. (Jatala, 1986).

Cuando las condiciones son favorables, el desarrollo larvario se lleva a cabo sin interrupción. Por el contrario, cuando son desfavorables (por ejemplo desecación de las plantas atacadas o falta de humedad en el suelo), las larvas de un estado determinado tienen la facultad de enquistarse, permaneciendo envueltas en la cutícula de la muda precedente y entonces son capaces de resistir durante años la desecación. Este fenómeno se conoce con el nombre de anabiosis. Cuando vuelven las condiciones de humedad normales, estas larvas enquistadas retornan a su desarrollo (Bovey, 1989).

1.4.3 Virus

Los virus son nucleoproteínas que son demasiado pequeñas como para poder observarlos en el microscopio óptico, que se propagan solo en el interior de las células vivas y que tienen la capacidad de producir enfermedad. Todos los virus son parásitos de las células y producen una multitud de enfermedades a todas las formas vivientes, desde las plantas y animales unicelulares hasta los grandes árboles y los mamíferos (Agrios, 1995).

El descubrimiento de los virus como agentes de enfermedad de las plantas ha sido analizado en detalle en varios tratados de virología. El virus del mosaico del tabaco (TMV) fue el primer virus encontrado como causante de la enfermedad en plantas, y los descubrimientos más relevantes sobre la naturaleza y estructura de los virus se basaron en este agente. Beijerinck en 1898 concluyó que la causa del mosaico del tabaco no era una bacteria sino un "*contagium vivum fluidum*" (fluido vivo contagioso) (Salazar, 1995).

Los virus de las plantas difieren ampliamente de todos los demás fitopatógenos no solamente en tamaño y forma, sino también en la sencillez de su constitución química y estructura física, Universidad Nacional Autónoma de México.

método de infección, propagación, translocación dentro del hospedero, diseminación y los síntomas que producen sobre el hospedero. Debido a su tamaño pequeño y a la transparencia de su partícula. Los virus no pueden observarse ni detectarse mediante los métodos utilizados para otros patógenos.

1.4.3.1 Morfología

Los virus de las plantas tienen formas y tamaños diversos, pero a menudo se describen como (varillas rígidas o filamentos flexibles), rhabdovirus (en forma de bacilo) y esféricos (isométricos y poliédricos).

Algunos virus alargados, como el virus del mosaico del tabaco y el virus del mosaico estriado de la cebada, tienen formas de varillas rígidas con dimensiones aproximadas de 15 x 300 nm y 20 x 30 respectivamente. La mayoría de los virus alargados tienen la forma de filamentos largos, delgados y flexibles que frecuentemente tienen de 10 a 13 nm de ancho y una longitud que va de 480 nm, hasta 2000 nm. Parece ser que la mayoría de estos virus tienen la forma de partículas de distintas longitudes, de ahí que el número dado frecuentemente representa la longitud más común.

Los rhabdovirus son varillas cortas y en forma de bacilo, aproximadamente de 3 a 5 veces más largos que anchos como sucede con el virus del enanismo amarillo de la papa, el cual mide 75 x 380 nm. La mayoría de los virus esféricos son en realidad poliédricos y tienen un diámetro que va desde casi 17 nm hasta 60 nm (Agrios, 1995).

1.4.3.2 Composición

Con pocas excepciones, todos los virus de las plantas están constituidos por proteína y ácido nucleico. Los ácidos nucleicos consisten en una cadena larga (polinucleótidos) que alterna una molécula de azúcar y una molécula de fosfato. A la molécula de azúcar está unida una molécula de purina o pirimidina. Las purinas que pueden ser encontradas en los ácidos nucleicos son adenina (A) y guanina (G), mientras que las pirimidinas son citosina (C), timina (T) y uracilo (U). Cada unión azúcar-base-fosfato constituye un nucleótido, y la secuencia de nucleótidos el ácido nucleico.

En los virus el ácido nucleico puede ser ADN o ARN, de hebra simple (s) o doble (d), y con tamaños muy variados según el virus.

La proteína de los virus es su componente más abundante desde que representa prácticamente el resto del peso de la partícula, excepto en aquellos virus que contienen lípidos. La proteína más estudiada de los virus de las plantas es la que forma la cubierta proteica de las partículas, o cáspide.

En las partículas virales se pueden hallar cantidades pequeñas de otros componentes tales como enzimas, poliamidas y metales. Estos componentes, con algunas excepciones, parecen provenir del huésped, y pueden contaminar las partículas durante el proceso de purificación (Salazar, 1995).

1.4.3.3 Penetración y multiplicación del virus

Las partículas de virus penetran en las plantas por las heridas, picadura o mordeduras de insectos u otros animales vectores, injertos y, más raramente, por el polen procedente de plantas infectadas. Entonces se multiplican en las células del vegetal, tomando de estas la energía y las sustancias necesarias.

Pasan de una célula a otra a través de orificios intercelulares, los plasmodesmos, y circulan por los vasos del liber y a veces por los del leño para extenderse en la planta.

Los virus no pueden multiplicarse más que en tejidos vivos de plantas o, en ciertos casos, de animales. Son, pues, enteramente parásitos.

Los síntomas producidos por los virus de los vegetales varían mucho; se producen principalmente anomalías en la formación y en el crecimiento de los órganos, así como en su funcionamiento (Bovey, 1989).

Después de entrar en las células del huésped, los virus se replican, se trasladan a otras células y finalmente se acumulan en diversos tejidos de la planta. Durante este proceso, los virus usan el proceso metabólico normal y causan alteraciones, dando lugar a reacciones del huésped, que se denominan "síntomas". Este proceso no es instantáneo; hay un lapso de tiempo entre la entrada del virus en la célula y la aparición del primer síntoma. Este periodo es conocido como el periodo de incubación (Salazar, 1995).

El más común y en ocasiones el único tipo de síntoma es una tasa de crecimiento menor de la planta, lo cual causa varios grados de enanismo o acaparamiento de toda la planta. Al parecer casi todas las enfermedades virales ocasionan cierto grado de disminución en el rendimiento total y que el periodo de vida de las plantas infectadas se acorta. Estos efectos pueden ser severos fáciles de observar o pueden ser muy poco significativos y pasan inadvertidos con facilidad.

Los síntomas más evidentes de las plantas infectadas por virus producen síntomas visibles sobre el tallo, frutos y raíces con o sin el desarrollo de síntomas foliares. En casi todas las enfermedades virales que aparecen en el campo, el virus se encuentra distribuido por toda la planta (infección sistémica), de ahí que los síntomas producidos se les denomine síntomas sistémicos. Muchos virus infectan a ciertos hospedantes sin provocar el desarrollo de síntomas visibles en ellos. A dichos virus en general se les denomina virus latentes y a los hospedantes se les denomina portadores asintomáticos. Sin embargo, en otros casos, las plantas que por lo común muestran síntomas una vez que han sido infectadas por cierto virus que pueden permanecer temporalmente asintomáticos bajo ciertas condiciones ambientales (como en el caso de las altas o bajas temperaturas) y a dichos síntomas se les denomina síntomas enmascarados. Por último las plantas pueden mostrar síntomas severos o agudos poco después de la inoculación, los cuales propician su muerte; en caso de que el hospedante sobreviva al shock inicial, los síntomas (crónicos) tienden a ser más moderados en los órganos de la planta de desarrollo posterior, conduciendo a una recuperación parcial o incluso total. Por otra parte los síntomas pueden aumentar progresivamente en severidad y conducir a un decaimiento gradual o rápido de la planta (Agrios, 1995).

Para un virus la gravedad de los síntomas depende de numerosos factores, relacionados con la naturaleza de la planta huésped y con las condiciones en las que ésta se encuentra. Una planta es inmune cuando no puede ser infectada, y es susceptible en el caso contrario. Si los síntomas son débiles o nulos, aunque la planta sea portadora de virus, se le llama tolerante, y entonces el virus está en estado latente. Si los síntomas visibles la planta se considera como sensible, y si la reacción es tal que los tejidos infectados, o incluso toda la planta, mueren rápidamente, se habla de hipersensibilidad.

La resistencia de una planta o de una variedad es la capacidad de sobrevivir, sin graves daños, a la infección o escapar a la contaminación. Esta puede ser la consecuencia de las circunstancias siguientes:

- Una inmunidad con respecto al virus o a sus vectores;
- Una tolerancia o una débil sensibilidad al virus;
- Una hipersensibilidad: los tejidos infectados o las plantas contaminadas mueren antes de que el virus haya podido extenderse en el vegetal o ser transmitido.

1.4.4 Bacterias

Las bacterias son organismos microscópicos unicelulares y desprovistos de clorofila. No poseen núcleo típico y sus dimensiones varían de 1 a 3.5 μ de longitud y de 0.5 a 1 μ de anchura (Bovey, 1989). Se conocen aproximadamente 1,600 especies de bacterias. La mayoría son saprofitos obligados y como tales benefician al hombre porque ayudan a descomponer grandes cantidades de materia orgánica y desechos que éste produce, así como detritos resultantes de la muerte de plantas y animales.

Ciertas bacterias son flageladas y se pueden desplazar en medios líquidos; algunas forman esporas aun cuando no es el caso de las fitopatógenas; sin embargo, las bacterias filamentosas del orden Actinomycetales pueden producir esporas llamadas conidios en la punta del filamento (De la Isla 1994).

Las bacterias pueden tener forma de bastón (bacilos), ser esféricas, elipsoidales, espirales, en forma de una coma, o filamentosas. Algunas de ellas se desplazan en medios líquidos mediante flagelos, mientras que otras carecen de ellos, son estáticas.

Las bacterias se reproducen con una rapidez asombrosa y, su importancia como patógenos radica principalmente en que puede producir enormes cantidades de células en un tiempo muy breve. Las enfermedades bacterianas de las plantas en cualquier sitio que esté lo suficientemente húmedo o cálido y afectan en casi todos los tipos de plantas y, bajo condiciones ambientales favorables, pueden ser extremadamente destructivas (Agrios, 1995).

1.4.4.1 Biología y síntomas

El número de bacterias que atacan a las plantas cultivadas es muy escaso en relación al de los hongos parásitos. Esta diferencia se debe probablemente al hecho de que las bacterias no son capaces, como los hongos, de perforar la epidermis que recubre las plantas, sino que penetran en el vegetal por las heridas, por los estomas o también por los poros acuíferos situados al borde de las hojas (Bovey, 1989).

Las bacterias fitopatógenas ocasionan el desarrollo de casi tantos tipos de síntomas en las plantas que infectan como las que producen los hongos. Producen manchas y tizones foliares, pudriciones blandas de frutos, raíces y órganos almacenados, marchitamientos, crecimientos excesivos, sarnas, canchales, etc (Agrios, 1995).

En cuanto a los síntomas se distinguen tres tipos principales:

1. Las manchas oleosas, que aparecen cuando las bacterias se multiplican en las células del parénquima o entre estas últimas y forman zonas parecidas a manchas de aceite.
2. Las infecciones vasculares, que resultan de la invasión de los vasos por las bacterias. Estas se extienden ampliamente en la planta, entorpeciendo la circulación de la savia y ocasionando el marchitamiento del vegetal.
3. Las agallas o tumores, resultantes de la hipertrofia de los tejidos debido a una multiplicación desordenada de las células.

Las enfermedades bacterianas se propagan a partir de gotitas cargadas de bacterias que supuran los estomas o a través de las grietas de los tejidos infectados. Estos exudados se extienden de una planta a otra. Bien por medio de la lluvia, el viento o el contacto directo, o bien por medio de insectos u otros animales. Por último, el hombre mismo propaga las enfermedades bacterianas al practicar diversas operaciones culturales, tales como pinzamientos y desyemados, y por transporte de plantas, semillas o frutos infectados.

1.4.4.2 Clasificación

La clasificación de las bacterias se basa en sus formas y sus necesidades nutritivas en lo que concierne a los hidratos de carbono y al nitrógeno. Únicamente las bacterias en forma de bastoncillos presentan interés para la patología vegetal. Se pueden clasificar en cinco géneros:

1. **Agrobacterium**: Pequeños bastoncillos móviles, frecuentemente con un solo flagelo.
2. **Corynebacterium**: Bastoncillos rectos o en forma de corvados e inmóviles.
3. **Erwinia**: Bastoncillos móviles y con muchos flagelos.
4. **Pseudomonas**: Bastoncillos rectos, con o sin flagelo, móviles o no, que forman frecuentemente un pigmento fluorescente.
5. **Xanthomonas**: Bastoncillos con un flagelo y móviles.

1.4.5 Organismos tipo micoplasma

Durante más de 40 años, un grupo de enfermedades de plantas cuyos síntomas comprenden: Amarillamiento (clorosis general), enanismo, filodia, virescencia, y "escoba de brujas", se consideraron de origen viral o se dieron evidencias negativas, tales como: síndrome, ausencia de hongos, bacterias u otro tipo de fitopatógenos conocidos en los tejidos enfermos, transmisión por chicharritas y por injertos y remisión de síntomas mediante termoterapia. Sin embargo, la verdadera etiología de estas alteraciones permaneció dudosa, ya que ni aun mediante las técnicas de cortes ultrafinos desarrolladas en los últimos decenios y que han facilitado el uso e incrementado la eficiencia del microscopio electrónico, se llegó a comprobar la presencia de partículas virales en los tejidos de las plantas enfermas.

La etiología de algunas de las enfermedades aludidas, comenzó a dilucidarse en 1967, cuando un grupo de científicos japoneses descubrieron que en el floema de las plantas de petunia con síntomas de amarillamiento del aster (aster yellows), en papas con punta morada y en moras con enanismo se encontraban unos corpúsculos semejantes a los micoplasmas.

Los corpúsculos observados por los investigadores y por otros posteriores son esféricos a elipsoides o de forma irregular y varían en diámetro de 100 a 800 nm y no presentan pared celular. Las partículas más pequeñas de 100 a 250 nm de diámetro, son más o menos esféricas y contienen estructuras del tipo de ribosomas. En muchos de los cuerpos se observan bandas de material similar al ácido desoxirribonucleico bacteriano. Los cuerpos más grandes (mas de 300 nm de diámetro) presentan un vacuola central con gránulos de tipo ribosoma en la zona cercana a la membrana. En la misma célula se encuentran tanto los corpúsculos pequeños como los grandes. A su vez, el número de organismos tipo micoplasma en le floema, se ha relacionado con la severidad de la enfermedad en forma directamente proporcional (De la isla, 1994).

Desde entonces se ha demostrado que más de 200 distintas enfermedades de las plantas, que afectan a varios cientos de géneros de ellas, son producidas por organismos semejantes a los micoplasmas. Entre ellas hay algunas muy destructivas, especialmente en árboles, pero también de plantas herbáceas anuales y perennes tales como los amarillamientos. Además, se demostró que varias enfermedades, entre ellas la enfermedad persistente de los cítricos y el acaparamiento del maíz, eran producidos por espiroplasmas.

Aunque los organismos semejantes a micoplasmas se han observado tanto en el floema de plantas enfermas como en la savia extraída de ellas y en algunos de sus insectos vectores, hasta ahora se desconoce cual es la naturaleza real y su clasificación taxonómica entre los organismos superiores. Morfológicamente los organismos observados en plantas se asemejan a los micoplasmas típicos encontrados en las animales y en el hombre y a los que viven como saprofitos, pero los organismos de las plantas semejantes a los micoplasmas no pueden crecer en medios de cultivo artificiales. En la actualidad se piensa que la mayoría de los organismos semejantes a los micoplasmas de las plantas son en realidad similares a los micoplasmas verdaderos y que pertenecen a un nuevo grupo taxonómico más que a cualquiera de los géneros de micoplasmas, es decir a *Mycoplasma* y *Acholeplasma* (Agrios, 1995).

1.4.6 Hongos

Los hongos son pequeños organismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y a menudo filamentosos que carecen de clorofila y que tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos componentes. la mayoría de las 100,000 especies de hongos conocidos son estrictamente saprofitos y viven sobre la materia orgánica muerta, a la que descomponen. Alrededor de 50 especies de hongos producen enfermedades en el hombre y casi el mismo número ocasiona enfermedades en los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de sus apéndices. Sin embargo, mas de las 8000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo, y cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas. Algunos hongos crecen y se reproducen solo cuando establecen una cierta asociación con las plantas que les sirven de hospedero, durante todo su ciclo de vida estos hongos se conocen como parásitos obligados o biótrofos. Otros requieren de una planta hospedero, durante una cierta etapa de su ciclo de vida, el cual lo pueden concluir desarrollándose en materia orgánica muerta o bien creciendo y reproduciéndose tanto en materia orgánica muerta como en plantas vivas, a estos se les conoce como parásitos no obligados (Agrios, 1995).

El hábitat de los hongos es amplísimo, se encuentran en el suelo, en el agua y dentro o sobre plantas y animales. Pueden desarrollarse en condiciones climáticas muy variadas; algunos a temperaturas de cerca de 0 °C, otros a temperaturas altas, como 40 °C-50 °C y aun en mayores. Algunos se desarrollan en condiciones de muy baja humedad.

Los hongos fitopatógenos, es el grupo de organismos causante de la mayoría de las pérdidas económicas agrícolas por el gran número de enfermedades que ocasiona. Se considera que todas las plantas son susceptibles al ataque de por lo menos un hongo, y muchas son afectadas por un gran número de estos organismos, que las invaden desde la semilla hasta la planta adulta (De la isla, 1994).

1.4.6.1 Morfología y características generales

Los hongos pertenecen a un grupo de vegetales cuya organización es muy primitiva. Su aparato vegetativo se compone de filamentos microscópicos llamados hifas, cuyo conjunto forma el micelio. En las especies más desarrolladas estos micelios están formados por una cadena de células separadas por tabiques transversales, y entonces al micelio se le llama tabicado; pero en las formas inferiores los tabiques son raros o inexistentes, y en este caso al micelio se le llama continuo o no tabicado. De una manera general, las células guardan sus múltiples funciones y cada fragmento de micelio puede dar lugar a un hongo completo.

A veces los filamentos del micelio se unen formando densos cordones que tienen la apariencia de raíces, y se les llama rizomorfos. En otros casos, las hifas se aglomeran en pequeños granos negros, visibles a simple vista y muy resistentes, a los que se les llama esclerosios y que permiten al hongo sobrevivir durante un largo periodo desfavorable, por ejemplo en invierno o en condiciones de sequía.

Al no poseer clorofila los hongos son incapaces de elaborar por sí mismos los hidratos de carbono necesarios para su crecimiento. Por lo tanto son plantas heterótrofas que extraen su alimento de los tejidos de los vegetales o de los animales vivos y también de la materia orgánica muerta.

1.4.6.2 Biología y reproducción.

Los hongos se reproducen de dos formas: por vía sexual, como consecuencia de la fusión de dos células, y por vía asexual o vegetativa, que equivale a un esquejado. Por regla general, la forma sexual o perfecta asegura la supervivencia del hongo durante el invierno, mientras que la forma asexual, llamada también imperfecta o conídica, lo extiende ampliamente durante el verano. En los dos casos la reproducción se realiza gracias a esporas, órganos minúsculos que contienen una o varias células, que se separan del micelio; son arrastrados por la lluvia y pueden ser transportados a grandes distancias por el viento.

La reproducción sexual es muy compleja y sirve de base para la clasificación de los hongos. Se caracteriza por la fecundación, es decir, por la unión de dos núcleos que pueden proceder de hifas distintas o de partes diferentes de una misma hifa.

En las especies inferiores, esta fecundación se realiza en el seno del micelio y las esporas que resultan son libres, pero protegidas por una membrana espesa. En los hongos más desarrollados, la fecundación está unida a la aparición de fructificaciones más o menos carnosas (peritecas, apotecios, carpóforos), en cuyo interior maduran las esporas de la fase sexual: las ascosporas para los ascomicetos y las basidiosporas para las basidiomicetos.

La reproducción asexual o vegetativa da lugar a las esporas de verano o conidias, que se desarrollan generalmente en el extremo de hifas fértiles llamadas conidióforos. En algunos grupos, los conidios se forman en el interior de una fructificación ampliamente abierta, el acérvulo, o cerrado y en forma de pera, el picnidio. En este último caso las esporas reciben el

nombre de picnidiosporas. Para resistir el frío o la desecación, algunos hongos emiten sus esporas con la cubierta muy espesa, llamadas clamidiosporas. Las esporas de verano son en general muy abundantes (Bovey, 1989).

1.4.6.3 Síntomas.

Los síntomas que producen los hongos en sus hospedantes son de tipo local o general y pueden aparecer por separado en hospedantes distintos. En general, los hongos producen una necrosis local o general o la muerte de los tejidos vegetales que infectan, hipertrofia e hipoplasia o atrofia de plantas completas o de sus órganos, e hiperplasia o crecimiento excesivo de ellas o de algunos de sus órganos.

Los síntomas necróticos más comunes son los siguientes:

- **Manchas foliares.** Lesiones localizadas en las hojas de los hospedantes que constan de células muertas y colapsadas.
- **Tizón.** Coloración café general y extremadamente rápida en las hojas, ramas, ramitas y órganos florales de una planta, que dan como resultado la muerte de estos órganos.
- **Cancro.** Herida localizada o lesión necrótica, con frecuencia sumida bajo la superficie del tallo de una planta leñosa.
- **Muerte descendente.** Necrosis generalizada de las ramitas de las plantas que se inicia en sus puntas y avanza hacia su base.
- **Pudrición de la raíz.** Pudrición o desintegración de todo el sistema radical de una planta o de parte de él.
- **Ahogamiento o secadera.** Muerte rápida y colapso de plántulas muy jóvenes que se cultivan en el campo o en el almacigo.
- **Pudrición basal del tallo.** Desintegración de la parte inferior del tallo.
- **Pudriciones blandas y pudriciones secas.** Maceración y desintegración de frutos, raíces, bulbos, tubérculos y hojas camosas de las plantas.
- **Antracnosis.** Lesión necrótica que se asemeja a una úlcera profunda y que se produce en el tallo, hojas y frutos o flores de las plantas hospedantes.
- **Sarna.** Lesiones que se producen sobre el fruto, hojas, tubérculos y otros órganos de las plantas hospedantes, por lo común ligeramente realizadas o bien profundas y agrietadas, lo cual les da una apariencia costrosa.
- **Decaimiento.** Crecimiento deficiente de las plantas; las hojas son pequeñas, quebradizas, amarillentas o de color rojo; las plantas muestran cierto grado de defoliación y muerte descendente.

En muchas enfermedades, el patógeno se desarrolla, o produce varias estructuras, sobre la superficie de su hospedante. Estas estructuras, que incluyen al micelio, esclerocios, esporoforos, cuerpos fructíferos y esporas, se les denomina signos y difieren de los síntomas, los cuales solo se refieren a la apariencia que toman las plantas o sus tejidos cuando han sido infectados (Agrios, 1995).

1.5 Control Integrado de plagas y enfermedades durante el cultivo de la papa

Uno de los objetivos principales del trabajo fue el de recopilar, información relacionada con tres aspectos fundamentales de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de la papa: síntomas y daño, métodos de control y biología.

La información que a continuación se presente es la versión en extenso de la información que se recopiló, si se quisiera consultar la información resumida, con imágenes, etc., la consulta se haría directamente dentro del sistema desarrollado. El sistema se organiza de acuerdo a la forma en que ataca la plaga y el tipo de organismo que causa la enfermedad.

1.5.1 Plagas subterráneas

***Phyllophaga* Sp (gallina ciega)**

Datos Biológicos

Gusanos(larvas) blancos, corvados en forma de C; pertenecientes al orden Coleoptera de la familia Scarabacidae. Miden entre 1.25 hasta 2.5 cm de largo. Las larvas son de color blanco con la cabeza café y 6 patas prominentes. La parte posterior del cuerpo es tersa y brillante, con los contenidos oscuros de cuerpo mostrándose a través de la piel. Tienen dos hileras de pelos diminutos en la parte inferior del ultimo segmento, que distinguen a las verdaderas gallinas ciegas de otras larvas de aspecto similar (Metcalf, 1962).

Ciclo de vida apariencia y hábitos

El invierno lo pasan en el suelo tanto en forma adulta, como de larvas de distintos tamaños. En la primavera después de que los árboles han echado las hojas, los adultos se vuelven más activos, volando durante la noche y alimentándose del follaje de los árboles y las hojas de algunas otras plantas. Ellos dejan el suelo justamente al anochecer y permanecen en los árboles durante la noche, apareándose y alimentándose. A los primeros indicios del amanecer, ellos regresan con rapidez al suelo, donde las hembras ponen sus huevecillos, que son de color blanco apertado. Los huevecillos son generalmente puestos en los terrenos con pastos o grupos de hierbas y zacates en los campos cultivados. Los huevos incuban en 2 o tres semanas y las gallinas ciegas se alimentan de las raíces y partes subterráneas de las plantas hasta el principio del otoño, cuándo han alcanzado más o menos 1.25 cm de largo.

A medida que el suelo se entibia en la primavera, caminan hacia arriba y por la época en que el crecimiento de la planta está bien iniciado, se encuentran alimentándose a unos cuantos centímetros debajo de la superficie. Continúan alimentándose a través de la temporada y con la aproximación del tiempo frío, de nuevo penetran profundamente hacia el interior del suelo, donde pasan el segundo invierno, las gallinas ciegas entonces miden más o menos 2.5 cm de largo. La tercera temporada ellas suben a la superficie de la tierra y se alimentan hasta fines de la primavera y al principio del verano; entonces cambian al estado pupal en celdas en la tierra, más o menos a 15 o 20 cm debajo de la superficie. Durante la ultima parte del verano, cambian al mayate adulto pero no deja este el suelo sino hasta la siguiente primavera.

Los adultos son los bien conocidos mayates de junio de color café o café negruzco, mayates de "mayo" o "chiche corneja". Son conocidas más o menos 200 especies de gallinas ciegas. Ellas varían un tanto en su ciclo de vida, algunas completan su crecimiento en un año, mientras que otras requieren de hasta cuatro años (Metcalf, 1962).

Resumiendo, el ciclo de vida de la gallina ciega es relativamente largo, y va desde un año a tres.

Huevo: la mayoría son de color crema-blancos de aproximadamente 1.5 mm de largo y ligeramente ovalados.

Larvas: se identifican rápidamente por encontrarse encorvadas en forma de C, son de cuerpo grueso redondeado, de color crema-blanquecino con una cápsula café en la cabeza y patas cortas.

Pupa: Las pupas son un poco más largas que los adultos y se distribuyen en cámaras de 1 a 2 pulgadas en el suelo, al principio tienen un color crema y se oscurecen antes de que emerja el adulto.

Adulto: los adultos son escarabajos típicos; ovalados, robustos y con las antenas terminadas en una larga asociación de placas aplanadas.

Síntomas y daños

Las gallinas ciegas se encuentran entre los insectos del suelo más destructores y problemáticos. Cuando se siembran los campos con algún cultivo propenso al ataque de esta plaga, generalmente brotan las plantas pero dejan de crecer después de alcanzar una altura de 20 a 60 cm; el cultivo presentara un crecimiento poco uniforme con áreas de tamaño variable en el campo, donde las plantas están muertas o secándose (Metcalf, 1962)

Las larvas de la gallina ciega, como habitan en el suelo se alimentan de las raíces de sus hospederos, hasta por 4 años antes de pupar. El daño causado puede ocasionar la perdida completa de la cosecha, especialmente si el ataque ocurre cuando las plantas son jóvenes.

En el cultivo de papa, las larvas del tercer estadio causan daño al alimentarse de las raíces, lo que favorece la entrada de otros patógenos que causan pudriciones. La distribución del daño en el campo es por lo general en parches y el principal daño lo ocasionan en el tubérculo en donde hacen las rasgaduras y agujeros profundos que reducen considerablemente su valor comercial (<http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/papa/plagas-papa.htm>).

Al alimentarse de los tubérculos hacen grandes agujeros circulares, sin que las matas manifiesten síntomas exteriores. Estas plagas son particularmente severas cuando se siembra papa en campos que fueron pastizales o praderas.

Uno de los primeros síntomas de daño se manifiesta como un estrés por sequía, en grandes infestaciones primero aparece un color verde-gris, marchitándose la planta muy rápido.

Control

Las medidas de combate más importantes para las gallinas ciegas están basadas sobre tres observaciones con respecto al ciclo de vida. (a) la larva prefiere alimentarse de plantas de la familia de las gramíneas, tales como el maíz y otros cereales, de papa o de fresa, mientras que las leguminosas tales como el trébol, alfalfa y frijol soya son dañadas mucho menos severamente. Consecuentemente, la tierra en la cual se encuentran numerosas gallinas ciegas al estar arando el suelo, no se debe de sembrar con papa. (b) los mayates prefieren poner sus huevecillos en los campos de pastos y hierbas y en algunas ocasiones, los depositan en los campos de trébol o alfalfa. (c) mientras las gallinas ciegas son problemáticas un año, los daños más severos acontecen en ciclos regulares de 3 años. Se presenta el daño severo al año siguiente después de que los adultos son abundantes y ponen sus huevecillos.

Durante los años en los que se esperan vuelos copiosos de mayates, los agricultores deben hacer todos los esfuerzos posibles por mantener los campos de papa libres de pastos y crecimiento de hierbas durante los meses de abril, mayo y junio y harían bien, en mantener la mayor parte de sus terrenos ocupados con leguminosas, hasta donde sea posible.

Una de las mejores maneras para eliminar las gallinas ciegas de los campos, consiste en soltar en estos cerdos durante el verano y el principio del otoño. Cuando a estos se les permite libertad en terreno fuertemente infestado, ellos generalmente sacan las raíces y se comen a las gallinas ciegas (Metcalf, 1962).

Araduras profundas ayudan a exponer los gusanos a las condiciones ambientales adversas como el sol y las heladas, así como la acción predatoria de los pájaros (Centro Internacional de la papa (CIP) 1996).

Familia *Elateridae* (Gusano de alambre)

Datos Biológicos

Los gusanos alambres son plagas comunes en climas templados, pero menos frecuentes en zonas cálidas. Las larvas tienen una vida subterránea, llegan a medir hasta 25 mm de longitud y son delgadas y lustrosas, con pequeñas patas torácicas (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

Hay muchas especies diferentes de gusanos de alambre que atacan al cultivo de papa. El invierno es pasado principalmente en los estados larvario y adulto en el suelo. A principio de la primavera los adultos se vuelven activos y vuelan. Ellos son mayates de concha dura, generalmente de color café, grisáceo o casi negro, un tanto alargados, con el cuerpo adelgazándose más o menos hacia ambos extremos. La cabeza y el tórax se ajustan cercanamente contra la cubierta de las alas. Las hembras de las especies, hacen galerías en el suelo y ponen sus huevecillos principalmente alrededor de las raíces de los pastos. Los adultos viven de 10 a 12 meses, la mayor parte de cuyo tiempo, y todo el de los otros estados, es pasado en el suelo. El estado de huevecillo requiere de unos cuantos días a unas cuantas semanas. Las larvas que incuban de estos pasan de 2 a 6 años en el suelo, alimentándose de las raíces de la planta y otras plantas. A medida que el suelo se vuelve caliente y seco, las larvas emigran hacia abajo, de tal manera que a veces es difícil encontrarlas durante los veranos secos, aun en los campos infestados severamente. El último segmento de la larva está generalmente ornamentado en forma característica y sirve para distinguir las distintas especies durante este estado. La mayoría de las especies cambian a una pupa desnuda, y en unas semanas más al estado adulto, en celdas en la tierra, durante fines del verano o el otoño del año en el cual alcanzan su desarrollo completo. Los adultos que comúnmente miden más o menos 1.25 cm de largo, permanecen enterrados hasta la primavera siguiente. Hay una gran superposición de las generaciones, de tal manera que casi todos los estados y casi todos los tamaños de larva se pueden encontrar en el suelo en el mismo tiempo. La larva se moviliza solo unos cuantos metros, cuando menos durante su prolongado tiempo de vida, los adultos a veces permanecen y ponen sus huevecillos cerca de donde se han desarrollado (Metcalf, 1962).

Síntomas y daños

Los gusanos de alambre se encuentran entre los insectos más difíciles de combatir, los cuales están catalogados como las plagas más destructivas y más ampliamente distribuidas en el maíz, granos pequeños, pasto, papa y otros cultivos de raíces, hortalizas y flores. Los cultivos que son atacados por los gusanos de alambre a veces fallan en su germinación, puesto que los insectos que los insectos comen el germen de las semillas, o como en el caso de la papa, Las larvas se alimentan de los tubérculos abriendo en ellos galerías, las galerías que abren estos gusanos son oscuras, a veces superficiales y a veces profundas, y demeritan la calidad de la cosecha. (Bayer. 1991). El cultivo puede no brotar bien o puede empezar bien y después volverse ralo y desigual a medida que los gusanos de alambre barrenan las partes subterráneas

del tallo, ocasionando que la planta se marchite y muera, aunque ellos no la corten completamente (Metcalf, 1962).

Control

Los barbechos de verano limpios y el descanso de la tierra cada 2 o 3 años; las labores poco profundas para evitar el crecimiento de toda la vegetación, especialmente hierbas grandes, en la primera parte del verano; y el evitar las labores de arados profundos que permitan que los gusanos de alambre penetren en el suelo con mayor éxito, son los sistemas recomendados.

Por otra parte, arando a una profundidad de 22.5 cm por los primeros días de agosto y permitiendo que repose el suelo seco aterronado, sin perturbarlo por unas cuantas semanas, se dice que mata un gran número de pupas y adultos, al romperse sus celdas en el suelo. En los distritos irrigados, todos los estados de los gusanos de alambre pueden ser eliminados inundando al tierra, de manera que se estanque a unos cuantos centímetros de profundidad durante una semana en la época de calor, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 15 cm promedia 21° C o más (Metcalf, 1962).

Otro punto que hay que considerar es que los gusanos de alambre se alimentan de las raíces de varios cultivos, especialmente de los pastos, así que debe disminuir la población de larvas en el suelo mediante araduras y rotación de cultivos que requieran labranzas frecuentes. En grandes infestaciones podría ser necesario la aplicación de insecticida en el suelo (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Epitrix sp (Rallador o pulga saltona)

Datos Biológicos

Los ralladores de la papa son escarabajos negros pequeños, de 2 a 3 mm, que saltan con mucha facilidad sobre el follaje, allí producen huecos circulares pequeños, menores de 3 mm de diámetro (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

El ciclo de vida varía grandemente en las distintas especies, generalmente el invierno lo pasan en su estado adulto, invernando las pulgas debajo de las hojas, del pasto o de la basura, alrededor de los márgenes de los campos, por los bordes de las zanjas, las hileras de cercas, los márgenes de los montes y lugares similares protegidos. La pulga saltona de la papa mide 0.15 cm de largo y tienen un color negro casi uniforme. La especie de pulga saltona que generalmente ataca a la papa es *Epitrix cucumeris* (Harris). La mayoría de las especies de *Epitrix* son de forma oval alargada, con el protórax angosto y la cabeza más angosta aun. Las antenas miden la mitad o la tercera parte en relación con el cuerpo y los fémures posteriores están notablemente engrosados, lo cual permite a estas pulgas brincar rápidamente, tan pronto como son molestadas. Muchas de las especies emergen de sus lugares de hibernación, empezando a fines de mayo alimentándose de las hierbas u del follaje de los árboles, hasta que las plantas de la papa son disponibles, que es cuando emigran a ellas. Los huevecillos son tan pequeños que se puede decir que nunca los ve el agricultor; los huevos son diseminados en el suelo cerca de la planta de la papa, requieren estos unos diez días para incubarse. Las larvas de las pulgas saltonas son más o menos de color blanquizco, delgadas, cilíndricas y miden de 0.13 a 0.6 cm de largo cuando están completamente desarrolladas, tiene patas pequeñas y cabeza de color café, se alimentan de las raíces, de los tallos subterráneos, de los tubérculos o de las hierbas, durante tres o cuatro semanas (Metcalf, 1962).

Síntomas y daños

Cuando las pulgas saltonas son abundantes, el follaje de la planta puede resultar tan intensamente comido, que resulta imposible realizar su función, las hojas fuertemente dañadas pueden secarse completamente, lo que afecta la capacidad de fotosíntesis y el rendimiento de la planta. En algunas ocasiones la planta puede llegar a morir.

Puesto que son insectos pequeños y más o menos activos, ellos no toman alimento de un solo punto, su daño consiste en hacer orificios muy pequeños redondeados o irregulares, que atraviesan las hojas de tal manera que se ven como si hubieran sido afectados por tiros de municiones. Estos pequeños agujeros proporcionan una oportunidad a la entrada de enfermedades de la papa, estos insectos también puede transportar microorganismos fitopatógenos de una planta a otra; las principales enfermedades que transmite es el tizón temprano (*Alternaria solani*) y la marchitez bacteriana (*Alternaria solani*). (Metcalf, 1962)

Las larvas también son perjudiciales porque se alimentan de las raíces estolones y tubérculos. En los tubérculos raspan la superficie o producen minas superficiales. Estos daños favorecen el ingreso de hongos patógenos que se encuentran en el suelo (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Control

Las plantas de papa tiene cierta capacidad para soportar los daños del follaje, pero pasados esos límites hay que recurrir al uso de insecticidas. La eliminación de las malezas hospederas de la plaga y la buena preparación del terreno contribuyen a disminuir las poblaciones de esta plaga (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Familia Noctuidae (Trozadores)

Datos Biológicos

Los gusanos cortadores son larvas de varias especies de mariposas de la familia Noctuidae o polillas nocturnas que cortan los tallos de las plantas tiernas. (Centro internacional de la papa (CIP) 1996). La mayoría de los gusanos cortadores pasan el invierno en estado larvario parcial o completamente desarrollados. Sin embargo algunos hibernan como adultos y otros como pupas en el suelo. En los casos típicos, los gusanos permanecen como larvas pecunias en celdas en el suelo, debajo de la basura o en los macollos de zacate durante el invierno. Ellos empiezan a alimentarse en la primavera y continúan creciendo hasta el principio del verano que es cuando cambian en el suelo a un estado pupal de color café y posteriormente al estadio de adulto, o de palomilla. En la mayoría de las especies, solo hay una generación al año, unas cuantas especies tienen de 2 a 4 generaciones; y en otras, las generaciones son tan irregulares que los adultos se pueden encontrar en casi cualquier tiempo desde fines del verano hasta la mitad de otoño. Los huevecillos de la mayoría de las especies son puestos en los tallos de los pastos y hierbas, o detrás de la vaina de la hoja de dichas plantas. El estado de huevo dura comúnmente de 2 días a 2 semanas. La larva en la mayoría de los casos permanece dentro de la superficie del suelo, debajo de los terrenos, o de otros albergues durante el día, y salen a alimentarse durante la noche. El tiempo requerido para crecer desde gusanos medidores recién incubados, de más o menos 0.1 cm de largo, hasta casi 5.0 cm de largo, varía de 2 semanas a 5 meses, entonces ellos escarban hacia abajo en el suelo varios centímetros, en donde hacen celdas en las cuales pupan o sobre hiberna de 1 a 2 semanas. Los adultos al emerger caminan por la tierra a través del túnel hecho por las larvas al irse hacia abajo.

La abundancia de una especie varía de un año a otro, es afectada grandemente por la lluvia, la cual puede evitar que las palomillas pongan sus huevecillos, o por la inundación del suelo, la cual puede forzar a las larvas a salir a la superficie durante el día, de tal manera que son destruidos por sus parásitos (Metcalf, 1962).

Síntomas y daños

Estos gusanos dañan las plantas de 4 maneras principales: (a) el solitario, gusano cortador de la superficie corta las plantas justamente arriba, en o a una corta distancia debajo de la superficie el suelo y algunas veces los arrastra hasta sus galerías en el suelo. La mayor parte de la planta no es consumida, siendo comida más o menos lo necesario para ocasionar que esta se caiga. (b) los gusanos cortadores trepadores se suben a los tallos y comen yemas, hojas y frutos. (c) los gusanos cortadores soldados son aquellos que se presentan en grandes cantidades y después de consumir casi toda la vegetación de una área dada caminan por la tierra en grupos de varios miles, hacia los campos adyacentes. Ellos se alimentan principalmente de la parte superior de las plantas. (d) los gusanos cortadores subterráneos, al contrario de los demás, permanecen en el suelo para alimentarse de las raíces y los tubérculos (Metcalf, 1962).

Durante el día las larvas permanecen enterradas al pie de las plantas con el cuerpo enrollado. Las larvas llegan a medir hasta 5 cm; son robustas y de color grisáceo. (Centro internacional de la papa (CIP), 1996)

Control

Por lo general las infestaciones en un campo se presentan por manchas o focos de modo que si hay necesidad de aplicar insecticidas, se deben aplicar en forma localizada y no general. También pueden prepararse cebos tóxicos basados en afrecho, melaza, agua y un insecticida. El cebo debe aplicarse al pie de la planta al atardecer (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

Uno de los métodos para evitar el daño de estos insectos, consiste en la rotación del cultivo de una manera tal que la papa no sea sembrada en terreno de césped, a menos que dicho césped haya sido barbechado al principio del otoño o durante el final del verano. El barbecho de verano, antes de que los huevecillos sean puestos, y continuando éste hasta que se presenten las heladas, son valiosos contra todas las especies que ponen sus huevos sobre la vegetación de crecimiento bajo.

Los gusanos trozadores están sujetos a los ataques por otros insectos, especialmente por ciertas moscas que ponen sus huevecillos en los dorsos de los gusanos, y por los escarabajos de tierra. Ellos son comidos rápidamente por muchas especies de pájaros, y los huevecillos son atacados por ciertos parásitos pequeños en forma de avispa (Metcalf, 1962).

Globodera rostochensis (Nematodo dorado)

Datos Biológicos

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen a la clase *Nematoda*. Recientemente fueron asignados al género *Globodera* a causa de la forma redonda, globular de sus quistes. A la papa la atacan dos especies de *Globodera*: *G. rostochiensis* y *G. pallida*. Ambas especies se conocen comúnmente como nematodo dorado de la papa, anguítulas de las raíces de la papa, o nematodos del quiste de la papa.

Las hembras inmaduras de esta especie son amarillas o doradas y de ahí el nombre de nematodo dorado.

Entre otras características taxonómicas está la presencia de un estilete que tiene protuberancias en la parte posterior que mide de 19 a 21 micras de longitud con protuberancias que apuntan hacia atrás.

Morfología

El segundo estado es característico para la morfología de los nematodos. En este estado el nematodo es semejante a un gusano redondo y elongado y solo puede ser estudiado con microscopio. El canal digestivo consta de boca, esófago, intestino, recto y ano.

Es característico un estilete dentro de la boca, el cual consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil, que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento.

Los machos conservan la forma de gusano redondo y elongado. Cuando han madurado miden más o menos un milímetro de longitud.

El cuerpo de la hembra, al madurar se ensancha y después de la muerte se convierte en un quiste duro, de la consistencia del cuerpo. Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0.5 y 1 mm de diámetro, y presentan una pequeña prominencia que corresponde a lo que era la cabeza, la cual estaba adherida a las raíces.

Ciclo de vida

Un ciclo de vida, que es una generación, ocurre en una temporada y dura de 6 a 8 semanas. Bajo el estímulo de exudados de la raíz, el segundo estado juvenil emerge de los huevos dentro de los quistes. Penetra en las raíces; posteriormente el cuerpo de las hembras sobresale en la superficie de las raíces, los machos abandonan las raíces y se aparean con las hembras. La parte final del ciclo ocurre cuando el cuerpos de las hembras muertas se convierten en quistes. Los quistes se pueden despegar con facilidad de las raíces y permanecer viables en el suelo por más de 20 años. El primer estado juvenil se desarrolla dentro del huevo, protegido por la cáscara del huevo y la pared del quiste .

Síntomas y daños

La planta no presenta síntomas específicos en la parte aérea. Es común que haya un crecimiento deficiente, enanismo, amarillamiento y senescencia temprana. La única característica específica se da en las raíces y, a veces, en los tubérculos: el cuerpo esférico de las hembras (0.5 a 1.0 mm de diámetro), que son blancas o amarillas. Las hembras finalmente toman un color marrón y se convierten en quistes llenos de huevos cuya viabilidad persiste por varios años.

Se puede presentar una reducción del crecimiento de las raíces. Las plantas atacadas pierden su color natural, se ven achaparradas, enfermas, y se marchitan fácilmente durante las horas más calurosas y secas del día. Como estas plantas infestadas no pueden competir bien, las malezas se desarrollan con rapidez. Los tubérculos son más pequeños que los de las plantas sanas y el rendimiento se reduce.

Control

Cuando aparecen síntomas visibles, los nematodos están ya presentes en grandes cantidades. Una vez que los nematodos del quiste se han establecido es muy difícil, sino imposible

erradicarlos. Sin embargo, hay métodos para reducir el daño que causan. Se requiere combinar prevención y control en un programa integrado, el cual incluye además aspectos de irrigación y fertilización adecuada.

El manejo integrado puede reducir una alta densidad de población de nematodos a niveles que permitan el cultivo exitoso y rentable de la papa.

Cuarentenas: los nematodos del quiste se diseminan por medio de tubérculos contaminados con quistes, o de suelo que contengan quistes, por ello muchos países aplican cuarentenas estrictas. Como medida adicional, dentro de un país no se deben producir tubérculos en áreas infestadas.

Principios sanitarios: se debe sembrar tubérculo-semilla proveniente de áreas no infestadas. Para evitar la diseminación desde un campo a otro se lavan y cepillan los recipientes, las herramientas y la maquinaria, o se tratan con un nematicida. Es necesario cultivar los campos no infestados antes de entrar a los infestados.

Rotación de cultivos: la rotación de cultivos es la práctica de control más ampliamente utilizada. Además es efectiva porque la gama de hospedantes de los nematodos del quiste es reducida. La densidad de población puede disminuir en 30% cada año si no hay plantas hospederas en el campo. La rotación normal en estos casos es de 5 ó 6 años sin papa ni otros hospedantes en el campo.

Control físico: algunos métodos de control físico, como el calor, son posibles en estaciones experimentales o en invernaderos. La población de nematodos también puede ser reducida cuando se expone el suelo arado al sol en temporadas secas o caniculares.

***Meloidogyne sp* (Nematodo de agallas)**

Datos Biológicos

Los nematodos del nódulo de la raíz son polívoros y se encuentran principalmente en las zonas cálidas. Sus daños son particularmente severos en suelos arenosos. Los ataques de los nematodos favorecen las infecciones por la marchitez bacteriana, por verticillium y por otros patógenos. La adaptación de la papa a climas cálidos expone al cultivo a ataques más severos de estos nematodos (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

El ciclo de vida de los nematodos es relativamente sencillo, las hembras producen huevos de los cuales emergen los estados juveniles o larvas. Durante su crecimiento y desarrollo los estados larvares pasan por cuatro mudas, y el periodo entre mudas y otra muda se llama fase (Jatala, 1986).

Síntomas y daños

Los síntomas en la parte aérea de la planta no son específicos. Las plantas crecen débilmente, con escasas hojas pequeñas y cloróticas que tienden a marchitarse en tiempo caluroso. Las raíces infectadas presentan nudos o agallas de tamaño variado según la intensidad del daño. Los tubérculos también se infectan, y pueden presentar agallas, deformarse o tener síntomas internos del ataque del nematodo. Las plantas fuertemente atacadas pueden morir prematuramente (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Control

Diversas medidas culturales reducen la población de los nematodos o sus daños; rotación de cultivos con cereales, periodos de barbecho con roturación del suelo y abonamientos con cantidades grandes de materia orgánica. El tratamiento con fumigantes de suelo suele ser muy costoso. La aplicación de nematicidas puede tener un efecto temporal favorable. (Centro internacional de la papa (CIP), 1996). Hay cultivos que se deben evitar como el algodón, frijol, tomate, yuca y cucurbitáceas.

El daño potencial a un cultivo se puede evaluar plantando unas cuantas plantas susceptibles en la época de siembra previa a la de la papa, y observando el daño ocasionado por el nematodo (Centro Internacional de la Papa (CIP), 1978).

***Pratylenchus* sp (Nematodo lesionado)**

Síntomas y daños

Los nematodos de la lesión radicular son endoparásitos migratorios. Poblaciones altas causan lesiones necróticas de color marrón oscuro en el tejido cortical de la raíz. En los tubérculos se presentan pústulas o granos levantados, como verrugas, de color marrón púrpuro que disminuyen su valor comercial. La parte aérea de la planta generalmente presenta un pobre desarrollo (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

Control

La cosecha oportuna y el almacenamiento refrigerado reduce los daños del nematodo. Los tubérculos infectados no deben ser usados como semilla. Los tubérculos-semilla deben ser tratados con nematicidas o con agua caliente a 50 °C durante 45-60 minutos (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

1.5.2 Plagas del follaje

***Myzus* sp (Pulgón)**

Datos Biológicos

Mide aproximadamente 1.5 a 2.5 mm de largo y tiene forma áptera y alada.

En la forma áptera, el cuerpo es ovoide y su cabeza es notablemente indentada, este áfido es generalmente de color verde claro a casi transparente, pero también puede ser de un rosado oscuro o de un color melocotón. Sus sifones son ligeramente abultados.

La forma alada, por el contrario, puede causar un daño considerable. Este áfido, gracias al vuelo, puede diseminar rápidamente virus en un cultivo entero. La forma alada se distingue por cabeza y tórax de color entre pardo y negro. Como el áfido áptero, tiene su cabeza indentada. El abdomen puede ser verde, rosado o de un rojo opaco y tiene un parche negro característico. Sus sifones son ligeramente hinchados y del mismo color que el abdomen. Los extremos de los sifones son algo oscuros (Raman, 1984).

Los áfidos de mayor tamaño generalmente son hembras, carentes de alas, estas generan multitud de ninfas y forman grandes colonias en el envés de las hojas principalmente en las inferiores. Las hembras se reproducen sin la necesidad del macho y paren ninfas vivas (Bayer, 1991).

Síntomas y daños

Ninguna plaga chupadora de savia preocupa tanto a los productores de papa como el pulgón *Myzus persicae*, pues achaparra las plantas, amarillean las hojas inferiores, enchina las terminales y transmite el virus del enrollamiento de la hoja, el virus del mosaico aucuba y los virus Y, A y M de la papa (Bayer, 1991).

Las colonias de pulgones se observan fácilmente en los brotes y en la área inferior de las hojas en el campo, pero también se presentan en los brotes de tubérculos en el almacén, donde fácilmente transmiten virus en la papa semilla. El insecto sobrevive el invierno de climas templados en forma de huevo, pero en condiciones menos rigurosas los pulgones se reproducen continuamente en forma vivípara durante todo el año. Los individuos alados pueden ser llevados por el viento a grandes distancias (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

Control

Los pulgones son atacados por muchos enemigos naturales que constituyen el control biológico de esta plaga. Algunos insectos predadores (como los escarabajos coccinélidos) y parasitoides (como la avispa *Aphidus sp.*) se alimentan de los pulgones. También hay hongos que causan su muerte (*Entomophthora sp.*) si es necesario (Centro internacional de la papa (CIP) 1996). Si se quiere evitar la infección de algún virus por parte del pulgón este debe ser controlado con insecticidas (Jayasinghe, 1988).

Phthorimaea operculella Zell. (Polilla de la papa)

Datos Biológicos

El insecto causante del daño es, en su estado adulto, una pequeña polilla o mariposilla que científicamente se conoce con el nombre de *Phthorimaea operculella* Zell. Tiene una longitud de 7 a 9 mm y algo menos del doble de uno a otro extremo de las alas extendidas; son enteramente grises, con algunas manchas negras en el primer par de alas; estas terminan en largas escamas en forma de pelos. Las alas posteriores son grises, rebordeadas también por una franja pelosa.

Después de ser fecundada la hembra, permanece en reposo unas 24 horas, comenzando enseguida la puesta, generalmente sobre los tubérculos y también en hojas y tallos. Deposita la hembra los huevos aisladamente o en pequeños grupos, en las depresiones del tubérculo en contacto con una yema o en las oquedades de los órganos aéreos y rara vez sobre las superficies lisas.

Los huevos son de forma oval, de medio milímetro de largo; su color es blanco lechoso, al principio, con reflejos nacarados y enteramente lisos, a medida que avanza la incubación se arrugan y cambian de color hasta hacerse gris plomizo.

La oruga sufre varias mudas dentro de la papa; cuando llega a su tamaño mayor, alcanza una longitud de 12 mm. Es blanca con tinte rozado por el dorso, su cabeza, así como unas placas que lleva el protórax y el último anillo abdominal. Las patas son pardo-oscuro.

Al llegar la oruga a su mayor desarrollo, suele abandonar la galería para crisalidar, aunque a veces lo hace en el interior de la papa.

La crisálida de color rojizo, queda encerrada en el interior del capullo, de donde sale transformada en mariposa, repitiéndose el ciclo biológico. (Domínguez, 1989)

Síntomas y daños

Varias especies de polillas o palomillas atacan a la papa en el campo y en el almacén. Estas especies se hallan ampliamente distribuidas en áreas cálidas y secas. En el campo los daños son especialmente severos en condiciones cálidas y secas. En el almacén los daños son más severos si no se toman medidas preventivas de control.

P. operculella esta diseminada en todos los lugares cálidos y secos donde se cultiva la papa. La larva perfora los brotes, mina las hojas y perfora los tubérculos en el campo. En almacenes puede causar daño muy severo en relativamente poco tiempo. Los tubérculos atacados presentan en forma característica los excrementos de la larva a la entrada de las galerías (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

La oruga recién nacida suele atacar el tubérculo en el mismo sitio que ocupó el huevo, pero también puede ofrecer una gran movilidad buscando una depresión favorable para comenzar a roer la epidermis.

Al alojarse la larva en la celdilla, en que ha de comenzar el ataque, teje un capullo que lo protege durante varios días. Hasta que consigue perforar la piel, frecuentemente en el punto de unión con una yema, que ofrece menos resistencia.

Una vez dentro de la papa, comienza su alimentación excavando galerías, al principio superficiales y que luego, a medida que crece, va penetrando hasta el interior. También puede desarrollarse la oruga en los órganos aéreos de la planta, perforando la epidermis y excavando galerías internas. Es frecuente que la rotura de los vasos provoque la marchitez de la planta. Siendo esta una de las causas que obligan a las orugas a emigrar.

Si las papas están en montón crisalidan bien en la intersección de dos tubérculos o salen al exterior, si están en sacos tienen preferencia por el tejido de este, donde forman el capullo, o bien trepan por las paredes de los locales y hasta el techo, albergándose en cualquier grieta o agujero que encuentren en su camino. El capullo es de unos 12 mm de longitud, de un color blanco grisáceo; y al tejer aprisiona la oruga sustancias extrañas, como filamentos del saco, polvo de las paredes, etc., por lo que aparece disimulada su presencia (Domínguez, 1989).

Control

Varias medidas culturales permiten reducir la incidencia de la plaga:

- Evitar las épocas más calurosas y secas del año para el cultivo de la papa.
- Controlar los riesgos para evitar que se formen resquebrajaduras en el suelo que permitan al acceso de la polilla a los tubérculos.
- Efectuar un buen aporque para cubrir los tubérculos.
- Usar plantas con feromonas sexuales para capturar y cuantificar las poblaciones del campo y, eventualmente, decidir sobre la aplicación de algún insecticida selectivo.
- En los almacenes los tubérculos, sobre todo a los destinados a semillas, deben ser tratados con productos con productos biológicos formulados en polvo como *Bacillus thuringiensis* o *Baculovirus*.
-

También contribuye proteger los tubérculos almacenados el uso de plantas repelentes como hojas de "muña" (*Minthostachys* spp plantas de origen andino) eucalipto o lantana (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

1.5.3 Hongos

***Alternaria solani* (Tizón temprano)**

Datos biológicos

El Agente causal del tizón temprano es el hongo *Alternaria solani* Sor. Este es un miembro de los hongos imperfectos. También ha sido clasificado como *Alternaria dauci* F (E. Rich A. 1983). Pertenece a la clase Deuteromycetes, orden Moniliales, familia Dematiaceae (<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/hortcrops/spanish/ebligth.htm>).

Ciclo de la enfermedad

El hongo puede sobrevivir en el suelo, en residuos de cultivos infestados y malezas. Puede ser dispersado por la ayuda del viento, agua, insectos, trabajadores y maquinaria agrícola. Las esporas que aterrizan en las plantas germinan e infectan a las hojas cuando estas están húmedas. Las esporas pueden penetrar las hojas, tallos y tubérculos. El hongo es más activo cuando ocurren temperaturas moderadas o calientes y el ambiente es húmedo. El tizón temprano es más severo cuando las plantas están más estresadas por mucha fructificación, ataque de nematodos, o deficiencias de nitrógeno.

(<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/hortcrops/spanish/ebligth.htm>)

Síntomas y daños

En las hojas y, en menor grado, en los tallos se forman manchas necróticas, marcadas internamente por series de anillos concéntricos. Las lesiones en las hojas rara vez son circulares porque son restringidas por las nervaduras principales. Usualmente aparecen al rededor de la floración y van aumentando a medida que van madurando las plantas. Las lesiones se forman primero en las hojas inferiores. Pueden coalescer y causar un amarillamiento generalizado, caída de hojas y muerte precoz. La pudrición en el tubérculo es oscura, seca y coriácea (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Los síntomas característicos de la hoja con el tizón temprano son, numerosas manchas, ovaladas, o angulares castañas o negras, moderadas manchas necróticas. Estas manchas tienen a menudo anillos concéntricos que dan lugar al llamado "ojo de toro". Las manchas tienden a ser venas-limitadas. Las lesiones ocurren primero y abundantemente en la hoja más baja, las hojas viejas siempre se ponen amarillas. Las lesiones negras se desarrollan en tallos infectados.

Las lesiones del tubérculo se aprecian por hundimientos poco profundos y distantes. El tejido dañado se distingue por un color purpúreo-castaño metálico (E. Rich A., 1983).

Control

Procurar brindar condiciones adecuadas para un crecimiento vigoroso durante toda la temporada, especialmente en la irrigación y la fertilización a los lados. La aspersión del follaje con funguicidas orgánicos reduce la diseminación del tizón temprano. La resistencia se encuentra entre las variedades de maduración tardía (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

***Phytophthora infestans* (Tizón tardío)**

Datos Biológicos

Taxonomía

Según Alexopoulos y Mins, 1979

División: Mastigomycota

Subdivisión: Diplomastigomycotina

Clase: Oomycetes

Subclase: Oomycetidae

Orden: Peronosporales

Familia: Pythiaceae

Genéro: *Phytophthora*

Especie: *infestans*

Descripción morfológica

Micelio liso poco ramificado, las hifas son cenocíticas y miden en promedio 9.2 micras de diámetro. El micelio de este hongo produce esporangióforos ramificados de crecimiento indeterminado.

En las puntas de las bifurcaciones de estos, se forman esporangios papilados y deciduos que tienen la forma de un limón con tamaño promedio de 29 x 19 micras. En la reproducción sexual los gametangios constan de un oogonio liso, globoso y activo, su tamaño promedio es de 40 micras; y un anteridio anfigino y pasivo, o oosporas lisas, de paredes gruesas, esféricas, apleróticas, con un diámetro promedio de 30 micras.

Phytophthora infestans es un hongo que requiere dos individuos para que ocurra la reproducción sexual (AgrEvo).

El hongo causante del tizón tardío sobrevive en el campo, como micelio, en las papas y otros restos de la cosecha. Desde allí infecta primero los brotes y las plántulas, pasan a las hojas inferiores de la mata hasta invadirla toda.

De los tallos de las plántulas o de los tubérculos o de los estomas de las hojas, brotan los cuerpos fructíferos del hongo -zoosporangioforos- que en forma asexual producen sus frutos -zoosporangios-, que llevan en su interior unas "semillas" -zoosporas- las cuales expulsan al madurar.

La reproducción sexual del hongo, rarísimo, fue un relevante hallazgo científico del Dr. Jorge Galindo Alonso, fitopatólogo mexicano. En esta fase sexual, se cruza el anteridio (parte masculina del hongo) y el oogonio (parte femenina) dando lugar a una oospora (un "huevo"). A partir de esta vuelven a producirse los esporangios y las zoosporas como en la fase sexual. El cruzamiento tiene la finalidad biológica de fortalecer el hongo como especie (Dupont®).

Síntomas y daños

Aparecen lesiones de apariencia húmeda en el follaje que, en pocos días, se vuelven necróticas, de color castaño cuando están secas o negras cuando están húmedas. Bajo condiciones de humedad intensa se hace visible una esporulación blanca parecida al mildu,

especialmente en el envés de las hojas. Las lesiones en los tallos son frágiles y se quiebran frecuentemente en punto de lesión. Bajo ciertas circunstancias puede aparecer la marchitez de los tallos lesionados.

En las hojas, el tizón tardío se manifiesta por unas manchas húmedas de color verde pálido que rápidamente se toman negras. Cuando hay mucha humedad, se observa un margen verde claro alrededor del área muerta, y en ella, una especie de polvillo blanco que no es otra cosa que los conidioforos del hongo. Las lesiones toman consistencia de papel (Centro internacional de la papa (CIP) 1996).

Control

El tizón tardío de la papa puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos químicos aplicados adecuadamente en la temporada.

Control cultural

Esta enfocada a disminuir la enfermedad, implementando una o varias practicas para evitar el desarrollo anticipado del inoculo primario por medio de:

- Uso de semilla libre de la enfermedad.
- Destrucción de las fuentes potenciales de inoculo tales como montones de descarte, plantas voluntarias, etc.
- Proteger contra la infección del tubérculo por medio de aporque apropiado. Protegiendo adecuadamente el follaje para reducir la producción de inóculos sobre las hojas.
- Matando las plantas dos semanas antes de la cosecha, de tal manera que:

Los esporangios que se encuentran en las hojas se deshidraten y mueran y los tubérculos afectados se pudran, permitiendo por lo tanto su identificación y descarte ante de llevar el producto al almacén.

- Prevenir la infección de tubérculos en almacenaje por remoción de los tubérculos afectados antes almacenados.
- Circulación adecuada de aire en el almacén, manteniendo además la temperatura tan baja como lo permita su compatibilidad con otros factores. (AgrEvo).

Control genético

Es un tipo de control biológico contra tizón tardío, el cual no ha sido totalmente eficaz, en las diferentes regiones geográficas donde se cultiva papa, pues variedades resistentes al tizón y con alta productividad rápidamente han cedido a cambios genéticos de tizón que producen variantes que son capaces de atacar a todas.

Aplicar funguicidas protectores

Las aspersiones químicas con funguicidas, si se aplican adecuadamente, casi siempre mantienen bajo control al tizón tardío de la papa. Dichas aspersiones deben llevarse a cabo cuando las plantas de papa tengan una altura de 15 a 30 centímetros o por lo menos 10 días antes de la fecha en que aparezca el tizón tardío en la zona de cultivo. Las aspersiones deben

llevarse a cabo una vez cada 4 ó 5 días cuando el tiempo sea húmedo, brumoso, lluvioso y cuando las noches sean moderadamente frías. Una vez que se ha establecido el tizón, es extremadamente difícil controlarlo, a menos que el tiempo vuelva a ser cálido (35° C o más) y seco.

Servicios de pronóstico del tiempo

Los sistemas de predicción del tiempo meteorológico proveen de información que ayuda a determinar la aparición de los primeros síntomas de tizón tardío de la papa. Son una herramienta muy valiosa en el manejo de la enfermedad, ya que determinan el momento más oportuno para aplicar un fungicida. (AgrEvo).

***Rhizoctonia solani* Kühn. (viruela de la papa)**

Datos biológicos

Este patógeno se incluye dentro del orden *Mycelia Sterilia* debido a que durante muchos años se pensó que era incapaz de producir algún tipo de esporas ya sea asexual o sexualmente. Actualmente se sabe que produce basidiosporas en su fase sexual perfecta, siendo esta especie un basidiomiceto. El estado imperfecto (micelio y esclerosios), es usualmente citado como *Rhizoctonia solani* Kühn, el nombre para el estado perfecto basidial es *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. Las esporas del hongo sólo se forman durante condiciones especiales de laboratorio y son extremadamente raras en la naturaleza (Guzmán, 1995).

Ciclo de Vida

El patógeno se mantiene de una temporada a otra en forma de esclerosio en el suelo y sobre los tubérculos o como micelio en los restos vegetales en el suelo. Cuando las condiciones ambientales son favorables los esclerosios germinan e invaden los tallos de la papa o los brotes emergentes, especialmente a través de las heridas. Durante la etapa de crecimiento de las plantas, tanto las raíces como los estolones son invadidos conforme se van desarrollando. La formación de esclerosios sobre los tubérculos nuevos se realiza en cualquier momento, sin embargo su desarrollo máximo se obtiene después de que se ha matado la planta, cuando los tubérculos permanecen aún enterrados. (Guzmán, 1995).

Síntomas y daños

Rhizoctonia Solani causa un amplio espectro de síntomas en la papa que varían de acuerdo al medio ambiente, edad de la planta y la parte atacada. Los daños más severos se producen poco después de la siembra; el hongo mata los brotes subterráneos retardando a anulando la reemergencia, dando como resultado campos con fallas, desigualdad en el crecimiento y plantas débiles (Gúzma, 1995).

Las lesiones en la punta de los brotes causan retardo o falta de emergencia. Cancros pardos ligeramente hundidos de varios tamaños y formas afectan los estolones y los tallos, al ras o debajo del suelo. Estos cancros pueden circundar el tallo y generar la formación de tubérculos aéreos, marchitez y muerte de la planta. Los estolones así circundados tienden a no producir tubérculos.

En la superficie de los tallos se forman esclerocios duros de color marrón oscuro o negro y órganos de descanso de tamaño irregulares. Una capa micelial blanca puede producirse en la base del tallo, pero causa poco daño en la planta.

Rhizoctonia solani frecuentemente ataca los brotes o los retoños jóvenes por debajo del nivel de la tierra y causa úlceras de color castaño en los tallos. Estas úlceras malignas pueden ceñir los tallos y pueden causar producción de tallos secundarios o terciarios, provocando una emergencia tardía de la planta. Las plantas afectado se debilitan si el daño por la ulcera es severo. Los tubérculos son a menudo ásperos, deformados, pequeños, y poco numerosos.

Control

Los tubérculos de la papa comúnmente presentan esclerosios por lo que es conveniente evitar la introducción de material infectado en los terrenos de cultivo. Los tubérculos infectados pueden contaminar a los tallos de las plantas y los nuevos tubérculos, por lo que se recomienda el uso de semilla lo más limpia posible de esclerosios.

Las rotaciones largas con cereales y pastos pueden reducir la incidencia de la enfermedad. La rotación por dos años con frijol o soya y papa; maíz y papa, trébol dulce y papa reduce el porcentaje de tubérculos con esclerosios. Las rotaciones con cereales, brassicaceas y legumbres por 2 a 3 años reduce la cantidad del hongo en el suelo (Gúzman, 1995). La siembra superficial de tubérculos con buenos brotes reduce su tiempo de exposición al hongo en el suelo (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Evitar cultivos de papa en suelos húmedos o cuando están fríos al terminar el invierno, sembrar a la profundidad adecuada, cosechar la papa para semilla tan pronto este madura, buena nivelación del suelo, son practicas necesarias para reducir la incidencia de la enfermedad (Gúzman, 1995).

La enfermedad puede ser aminorada con aplicaciones de fungicidas mezclados con suelo en la franja de siembra. Es efectivo el tratamiento de los tubérculos-semilla para reducir el inoculo en las semillas cuando los suelos no están demasiado infestados. Se emplean *Trichoderma* y *Rhizoctonia binucleada* como agentes de control biológico para reducir la severidad de la enfermedad. (Centro internacional de la papa (CIP), 1996)

1.5.4 Virus y fitoplasmmas

PLRV (Virus del enrollamiento de las hojas)

Datos Biológicos

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) causa una de las más importantes enfermedades viróticas del cultivo. La enfermedad afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos. También complica el intercambio del material vegetal, debido a las disposiciones de certificación y cuarentena. En la naturaleza, el PLRV es transmitido por tubérculos infectados e insectos vectores.

El PLRV consiste en partículas esféricas con un diámetro de 24 nm (0,000,024 mm). Los virologos han identificado aislamientos que inducen síntomas de severidad cultivares en variedades de papa y en la planta indicadora *Physalis floridana*, pero los aislamientos no pueden diferenciarse fácilmente por serología o por la especificidad del vector.

El virus se localiza en los tejidos del floema, donde causa una necrosis y formación anormal de un carbohidrato llamado calosa, el cual bloque el transporte de almidón de las hojas hacia los tubérculos (Jayasinghe, 1988)

Síntomas y daños

Los síntomas primarios consisten en enrollamiento de las hojas superiores especialmente en la base de los folíolos. Estas hojas tienden a crecer de forma erecta y generalmente tienen un color amarillo pálido. En muchos cultivares pueden tomar una coloración púrpura, rosada o roja. Las infecciones tardías pueden no producir síntomas, mientras que algunos cultivares pueden estar infectados sin presentar síntomas, mientras que algunos cultivares hipersensibles desarrollan necrosis reticulada internamente.

Los síntomas secundarios, consisten en enrollamiento de las hojas basales, detención del crecimiento, crecimiento erecto y palidez en las hojas superiores. Las hojas enrolladas son rígidas y coráceas, y algunas veces toman una coloración púrpura en el envés de las mismas. La transmisión natural ocurre por medio de los áfidos en forma persistente y el virus se disemina por tubérculos infectados (Centro internacional de la papa (CIP), 1996).

Control

Las plantas infectadas con PLRV no pueden ser curadas con tratamientos químicos. Las medidas preventivas incluyen:

- Uso de tubérculos-semillas sanos.
- Eliminación de las fuentes de infección.
- Control de vectores.
- Utilización de la resistencia al PLRV.

Uso de tubérculos-semilla sana. El uso de tubérculo-semilla libre de enfermedades es una condición básica para un alto rendimiento. Los tubérculos-semillas deben ser multiplicados solamente en zonas de bajas poblaciones de áfidos. El conocimiento de la dinámica de poblaciones de áfidos es importante para decidir donde, cuando y como producir y proteger un cultivo de tubérculo-semilla.

Debido a que el virus del follaje infectado toma algún tiempo para llegar al tubérculo, los tubérculos-semillas deben ser cosechados no más tarde de 8 a 10 días después de que las poblaciones de áfidos han alcanzado un límite crítico.

Para evitar la infestación de los tubérculos a partir de follaje infectado, el follaje puede ser destruido mecánica o químicamente antes de la cosecha.

PLRV es el único virus conocido de la papa que puede ser eliminado de los tubérculos mediante un tratamiento con base en el calor (Centro internacional de la papa (CIP), 1996). Para fines experimentales, los tubérculos infectados pueden ser liberados del PLRV mediante termoterapia a 37.5 °C por 25 días (Jayasinghe, 1988).

Eliminación de las fuentes de infección. las plantas de papa y las malezas son fuentes de infección, que pueden también hospedar áfidos virulíferos. Por lo tanto, deberán ser eliminadas las plantas infectadas de papa (incluyendo las plantas espontáneas) y las malezas hospedantes que se encuentran dentro y alrededor de los campos de cultivo. La eliminación de las fuentes de infección es solo efectiva cuando se lleva a cabo en todos los alrededores.

Control de vectores. Un estudio de las poblaciones de insectos vectores ayuda a decidir si una zona o temporada es apropiada para producir tubérculos-semillas, y permite determinar el momento de la aplicación de insecticidas y eliminación del follaje.

En la transmisión persistente de virus, el periodo de incubación del virus en el cuerpo del áfido es lo suficientemente largo para permitir que los insecticidas actúen antes que los vectores transmitan el virus. Los insecticidas pueden reducir considerablemente la diseminación del PLRV dentro del campo, pero no puede controlar la infección de áfidos migrando de otros campos.

Utilización de la resistencia al PLRV. La resistencia al PLRV se debe a los efectos aditivos de muchos genes, cuya incorporación en la papa cultivada es gradual y constituye un proceso de mejoramiento a largo plazo. Actualmente la utilización de la resistencia al PLRV es limitada (Jayasinghe, 1988).

Fitoplasma (Punta morada)

Datos biológicos

Un estudio realizado por Cadena(1974) demostró que la enfermedad denominada punta morada es causada por el mismo agente que produce el amarillamiento del aster (otra enfermedad de la papa) que a su vez es transmitida por la "chicharrita del aster" (*Macrosteles fascifrons* Stal). La punta morada fue considerada como una enfermedad de origen virosa hasta 1967, posteriormente un grupo de investigadores japoneses, presentaron evidencias de una posible etiología de origen micoplásmico del grupo de enfermedades conocidas como amarillamientos (Cadena 1974).

Síntomas y daños

Incluyen el desarrollo de brotes o tubérculos aéreos, o ambos, en las axilas de las hojas. Las plantas son afectadas por enanismo y las hojas apicales por enrollamiento; éstas toman un color púrpura o amarillo. Las plantas pueden marchitarse. Los tubérculos de plantas infectadas no brotan normalmente. A menudo éstos se quedan pequeños, flácidos, deformados y sin brotes o con brotes filamentosos (Centro internacional de la papa (CIP) 1996). En la región vascular de la base del tallo se presenta una necrosis que a veces se extiende hasta la medula. En los tubérculos se observa una necrosis vascular o reticular (Cadena, 1974).

Control

El insecto conocido como cigarrita (*Macrosteles fascifrons* Stal) es el principal vector de esta enfermedad y puede ser parcialmente controlada mediante la eliminación de malezas hospederas desde donde el insecto vector pasa al cultivo de la papa. La transmisión por las cigarritas puede ser controlada plantando la papa después de su migración. Los principales insectos vectores se desarrollan en malezas, pastos y cereales. (Centro internacional de la papa (CIP) 1996). Un estudio realizado por Cadena en 1974 en la Universidad Autónoma de Chapingo, reporta que si la siembra de papa se realiza a principios del mes de junio, la enfermedad puede ser completamente evitada; en otros experimentos realizados por el mismo, se encontró que si se cubrían las plantas de papa los primeros 60 días después de la emergencia (hasta junio 1º), solamente un 50% de las plantas mostraban síntomas. Las plantas cubiertas hasta junio 15 no enfermaron mientras que el 100% de las plantas cubiertas 15, 30 y 45 días después de la emergencia (hasta abril 15, abril 30 y mayo 15) mostraron síntomas. (Cadena, 1974)

1.5.5 Bacterias

Pseudomonas solanacearum (punta morada)

Datos Biológicos

Pseudomonas solanacearum es una bacteria aerobia, bastonada y Gram negativo que generalmente es inmóvil. Su gran variación a llevado ha dos sistemas de clasificación: el sistema de razas y el sistema de biotipo. El sistema de razas se basa en la gama de hospedantes en condiciones de campo. Se pueden distinguir cuatro razas:

Raza1. afecta a una gran variedad de especies de plantas como la papa, el tomate, la berenjena el tabaco, etc.

Raza2. Afecta a las plantas musáceas como el plátano, abacá *Heliconia* sp.

Raza3. Afecta principalmente a la papa. En contraste con la raza 1, es más común en altitudes o latitudes mayores.

Raza 4. Afecta a la morera (en China).

El sistema de biotipos se pueden diferenciar cinco (de I a V). El biotipo II coincide con la raza 3, el biotipo V con la raza 4 y loa biotipos I, II y IV están en la raza I. (Martín, 1985)

Síntomas y daños

Es característico el marchitamiento inicial de solo parte de los tallos de la planta, o incluso un solo lado de la hoja o tallo (Martín C. Y R. French E. 1985), este síntoma inicial provoca una pérdida de las hojas en horas calurosas del día (E. Rich Avery 1983). Los síntomas avanzados son la marchites severa y sequedad, que preceden a la muerte de la planta. Los haces vasculares se oscurecen y si se hace un corte transversal al tallo, se nota la exudación de un mucílago gris castaño, excepto en los casos leves. Esto se puede observar mediante la observación de un fluido filamentosos de color blanco lechoso que emana de los haces vasculares al cortar y sumergir un pedazo del tallo en agua limpia.

Un mucílago bacteriano puede ser exudado por los "ojos" o por el extremo del estolón en los tubérculos, donde se adhieren partículas de suelo. Rebrotos de color blanco-grisáceo exudan del anillo vascular oscureciendo los tubérculos cortados. Pueden darse, en forma aislada, síntomas aéreos o en los tubérculos. (Centro internacional de la papa (CIP) 1996)

Control

El control de *P. Solanacearum* es difícil debido a su amplia gama de hospedantes, su sobrevivencia en el suelo y su variación biológica. Una combinación de medidas de control es lo más apropiado. Los siguientes componentes de control deben ser considerados.

- Resistencia. Para el agricultor, la utilización de variedades resistentes es el componente más práctico de control.
- Salud de los tubérculos-semillas. Deben utilizarse solo tubérculos-semillas libres de la enfermedad. Para asegurar que estén libres de infección latente, los tubérculos-semillas deben provenir de áreas donde no ocurra la enfermedad.

- Rotación de cultivos. La rotación de cultivos con plantas no hospedantes reduce el potencial de inóculo en el suelo. Hay que considerar que las plantas espontáneas de papa y las malezas, especialmente de la familia de las *solanáceas*, son hospedantes de *P. Solanacearum*. Debido a la amplia gama de hospedantes, la rotación de cultivos puede ser la medida más práctica allí donde predomina la raza 1.
- Manejo agronómico. Durante la labranza, evitese las lesiones en raíces y estolones. Se ha observado que la incidencia de la enfermedad se reduce en una labranza mínima durante la temporada de cultivo. En suelos poco profundos, por el contrario, una labranza poco frecuente entre las temporadas de cultivo puede reducir el inóculo.
- Control de nematodos. Para reducir la interacción entre los nematodos y la enfermedad, se deben hacer un control de nematodos, especialmente de *Meloidogyne spp.*
- Cuarentena. Una vez que la enfermedad haya sido descubierta en un área, el transporte de semilla de papa de esa área debe ser suprimido. (Martín, 1985)

Una vez conjuntada toda esta información, especialmente la parte que se refiere a las plagas y su control, se integro al sistema. Constituyendo este, uno de los pasos más cruciales en cuanto al desarrollo del mismo, ya que en la fase de diseño es importante considerar el espacio que ocupara el texto en un sistema donde el diseño de la interface también considera imágenes y animaciones.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS COMPUTACIONALES

2.1 Multimedia

En el siglo XX el desarrollo del conocimiento humano ha sido notable, especialmente en el área de la tecnología. Un ejemplo del desarrollo de la tecnología es, indudablemente la computadora, pues en la actualidad, es difícil encontrar un área del quehacer humano que haya escapado de su influencia, tanto así, que para algunos es prácticamente "imposible" concebir esta vida sin la presencia omnipotente de una computadora a su lado.

La penetración cada vez mayor de las computadoras en las actividades humanas puede entenderse en función de que, con el paso del tiempo, se han vuelto más eficientes y capaces de realizar tareas cada vez más complejas, aunada a la capacidad que por si misma tiene, de ser un medio eficaz de transmitir conocimientos; no entendiéndose con esto, que sea su única finalidad.

2.1.1 ¿Qué es Multimedia?

La palabra Multimedia viene de multi que se refiere a muchos (mas de dos) y media o medios que se refiere a herramientas de almacenamiento, transmisión, comunicación, representación, presentación y percepción de información. En pocas palabras se puede describir como la conjunción de muchos medios para lograr un fin específico: transmitir un mensaje (Ferrer, 2000).

Actualmente existen cada vez más medios de comunicación; medios de impresión (libros, revistas o folletos), medios electrónicos, (radio y televisión) y también los llamados nuevos medios (como discos láser, CD-ROM y DVD-ROM). En relación con el uso del concepto de Multimedia es especialmente importante la posibilidad técnica de la interacción, lo que significa que el usuario toma un rol activo y el medio emite una acción correspondiente a la selección del usuario. Por otra parte, se puede decir que el medio es el portador de la información. En el lenguaje de la técnica de la información se trata simplemente de un portador de datos o de información, a su vez, cada medio se sirve de un tipo determinado de procesamiento de transmisión (emisión) de la información (Kaufmnan, 1990).

Existen muchas maneras de definir Multimedia: Wolf, H. (1994), la define como la acción de transferir información entre la computadora o red y el ser humano a través de voz, datos y video. Rivera, Cervantes y Landois (1994), definen a Multimedia como la integración de sistemas computacionales que incluyen audio y video, e indican que un sistema es considerado Multimedia si tiene la capacidad de integrar medios con diferentes formatos.

En la industria de la computación, el termino Multimedia fue originalmente aplicado para describir la integración de sonido y animación en las computadoras *Machintosh*, *Amiga* y *PC's*. El termino ha pasado a describir cualquier dispositivo audiovisual que incorpore tecnología digital, este tipo de tecnología ha logrado una integración de imagen y sonido a un gran numero de servicios y sistemas, que van desde pantallas digitales hasta automóviles parlantes con mapas animados de carreteras (Soto, 1994).

Con todo lo anterior, se puede definir Multimedia como una amalgama de medios, entre los que se incluyen: texto, dibujos, gráficas, vídeo, animación y registro digital de sonidos, controlados

por una computadora. Esto permite incrementar el potencial de uso de las computadoras, al crear interfaces usuario-computadora bastante atractivas y amigables (Rivera, 1994).

La capacidad de combinar efectivamente diferentes medios con un fin práctico, otorga a Multimedia un enorme potencial de uso, convirtiéndola en una poderosa herramienta de transmisión de información, tan es así que mucha gente compara el impacto que ha tenido esta tecnología con la revolución que provocaron las computadoras personales en los años ochenta, incluso hay quien afirma que este impacto es comparable con el logro de la televisión sobre la prensa. De hecho, Multimedia es una suma de todas esas revoluciones unidas en una sola, una revolución que combina el poder audio visual de la televisión, la transmisión de información de la prensa y la interactividad de las computadoras.

Cuando el usuario tiene la oportunidad de usar Multimedia, participa en lo que ve y escucha, además de que puede aprender y experimentar. Un individuo que emplea un sistema Multimedia hace más que ver, leer o escuchar, puede también tocar y participar en el proceso. Este tipo de herramientas permiten, dada su versatilidad, emplearlas en cualquier área del conocimiento donde se requiera informar, enseñar o entrenar, además de que estos sistemas no solo pueden emplearse en áreas de trabajo, sino también en el hogar.

Existen una serie de características que hacen de Multimedia una tecnología de vanguardia. A continuación se mencionan algunas de las más importantes:

- Las aplicaciones Multimedia son versátiles, pues permiten realizar una gran cantidad de procesos (animación, sonido, etc.) sin necesidad de recurrir a herramientas software diferentes.
- Multimedia hace uso del poder que poseen las últimas configuraciones del hardware, la alta velocidad de las computadoras, la gran cantidad de información que pueden almacenar y procesar así como su capacidad de memoria entre otras cosas. El uso de todos estos elementos permite que las aplicaciones construidas con esta herramienta sean fáciles de usar e interactuar con el usuario.

Las características anteriores se traducen en aplicaciones de tipo interactivo, donde un usuario puede no solamente usar un sistema para ayudarse a sí mismo a aprender algunas cosas, sino que puede sentirse parte de él, sentir que es participe del proceso de enseñanza aprendizaje, y no sólo un elemento externo. La posibilidad de leer, explorar y manipular incrementa grandemente la capacidad de retención de información (Soto, 1994).

En un proyecto Multimedia se deben de integrar de manera coherente y dinámica varios elementos, entre los que destacan los tres siguientes:

1. Hardware, indudablemente el más simple de todos, involucra la selección y enlace de la computadora con escáner, fuentes de audio, fuentes de vídeo y discos ópticos que se conjuntan mediante las tarjetas adecuadas.
2. Integración de medios utilizando sistemas authoring o software convencional, lo que permite enlazar información o datos digitalizados desde diversas fuentes como: base de datos, texto, gráficas, filmaciones, videoclips, música, animación y voz.

3. El más desafiante de los tres medios es la integración de recursos humanos, ya que deben interaccionar grupos de trabajo de diferentes áreas como: computación, televisión, investigación y docencia, entre otros.

Por lo tanto, para realizar una aplicación Multimedia de la manera más adecuada, se debe de buscar la forma de tener a la mano toda la información referente al tema así como espacios de medios legales de producción de imágenes, texto, y sonido. También se debe tener cuidado en la integración de grupos interdisciplinarios de trabajo que permitan desarrollar los sistemas Multimedia al menor costo posible, en tiempo y dinero (Rivera, 1994).

Resumiendo: el desarrollo de un sistema computacional Multimedia, significa la integración de textos, gráficos, sonido, animación y vídeo para la transmisión de información. La capacidad de integrar efectivamente diferentes medios con un fin práctico, otorga a Multimedia un enorme potencial de uso convirtiéndola en una poderosa herramienta para transmitir información. (Ferrer, 2000).

Hay que reconocer que los sistemas multimedia, independientemente de su tipo y de su procedencia, no son capaces de apelar a todos nuestros sentidos. Simplemente, con el estado actual de la tecnología, eso no es posible. Sin embargo no causaría mucha sorpresa si algún día se pudiera realizar. En todo caso, los sistemas multimedia se esfuerzan por estimular a varios de nuestros sentidos con el fin de enfatizar más los mensajes emitidos. En realidad los sistemas Multimedia no representan nada nuevo. Más bien constituyen un conjunto de medios ya conocidos y están abiertos a nuevas posibilidades de la comunicación por medio de ampliaciones técnicas. Lo que sí es un hecho es que los contenidos que se transmiten a través de medios múltiples de manera interactiva, permanecen con mayor fuerza en la memoria, con lo que el mensaje no solo llega al receptor, sino que es entendido mucho mejor y más completamente por él (Kaufmann, 1990).

2.1.2 Campos de aplicación de Multimedia

Las posibilidades de aplicación de Multimedia en los más diversos campos son tan grandes que a veces resulta difícil de limitarlas. De hecho la técnica de Multimedia se puede utilizar razonablemente en todas partes donde haya necesidad de transmitir información.

En el terreno de las bases de datos, los componentes Multimedia permiten una representación más amena y, por ello, más efectiva de la información. En este contexto se utiliza una nueva técnica para establecer de forma más efectiva los puntos en común de los diferentes temas.

Pero el verdadero efecto Multimedia se logra sólo cuando se integran animación, imágenes y sonido. El funcionamiento del sistema circulatorio puede presentarse con más claridad a través de una animación. Las informaciones sobre compositores famosos se reforzarán con muestras auditivas de sus obras más importantes. Todos los procesos complicados del área de las ciencias naturales, incluyendo por supuesto a la biología, se pueden explicar de forma mucho más efectiva e ilustrativa de lo que es posible mediante palabras escritas a través de sencillas animaciones, sonidos y videos.

2.1.3 Requerimientos de hardware multimedia para una PC

Una computadora en la que corra una aplicación Multimedia debe de tener al menos las siguientes características:

- Procesador 486DX2 o mayor
- Velocidad desde 66 Mhz o más
- Memoria de 16 Mb o mayor
- Espacio libre en disco duro 500 Mb
- Tarjetas de sonido, vídeo y aceleradora de gráficos
- Unidad lectora de CD-ROM u otro dispositivo de almacenamiento óptico
- Bocinas

2.2 Desarrollo De Sistemas Multimedia, Software de Autoraje.

Para desarrollar un sistema multimedia hay que tomar en cuenta las necesidades de *software* y *hardware* que pudiese tener el sistema a crear; además de los formatos de los diferentes medios a utilizar. Pero uno de los dilemas a los que se enfrenta alguien que quiere desarrollar un sistema multimedia, es el de elegir la herramienta adecuada para su desarrollo.

2.2.1 Software de autoraje

La mayoría de las producciones multimedia se catalogan en cuatro estilos diferentes: hipertexto, presentaciones, programas de computación basada en computadora y programas de interés general (Rosh, 1995). Las herramientas para desarrollar estos sistemas se pueden clasificar en las tres siguientes:

Hipertexto: el sistema de hipertexto proporciona ideas y conceptos vinculados de manera lógica a los libros normales o casi normales. En lugar de presentar el material en un simple arreglo lineal, el sistema hipertexto permite asignar secuencias en el orden preferido del lector, a fin de obtener una mayor apreciación del contenido. El sistema hipertexto se sustenta en los textos, pero también incluye gráficos multimedia, imágenes en movimiento y sonido como elementos de apoyo.

Presentaciones: las presentaciones multimedia utilizan las imágenes como elemento principal. Desarrolladas a partir de las diapositivas y los programas de capacitación, las presentaciones aumentan su contenido al combinar múltiples imágenes y sonidos con la característica de acceso aleatorio. Aunque el autor asigne un orden inicial a las imágenes de su presentación, los espectadores podrán organizar o clasificar el material de acuerdo con su apreciación y entendimiento.

Programas de capacitación: la educación y los sistemas de capacitación pueden aplicar todos los recursos multimedia, pero también tienen sus propios requerimientos. Para trabajar al nivel solicitado para cada persona en la capacitación, estos programas deben ser interactivos. El software debe contar con características de hipertexto para profundizar en temas que quizá no se entendieron en su primera explicación e incorporar gráficos de presentación para aclarar los puntos más difíciles. Asimismo, un sistema completo de capacitación requiere de algunas características integradas que permitan determinar el aprovechamiento del estudiante para saber cuando es conveniente avanzar en el proceso (Rosh, 1995)

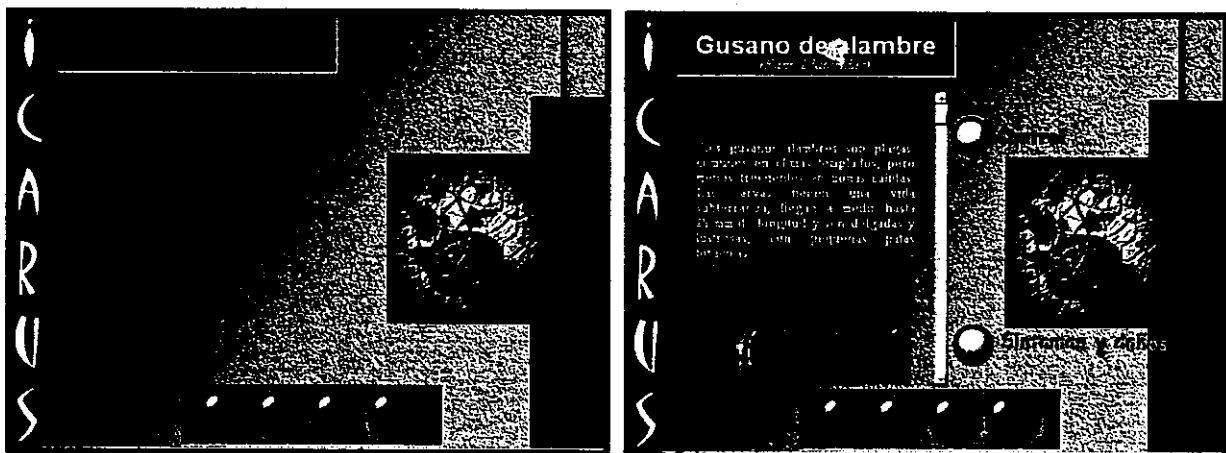
2.3 Multimedia ToolBook

Un elemento importante para la creación de aplicaciones multimedia lo constituyen los llamados *Authoring*. Aquí se trata, en primera línea, de sistemas para la creación de aplicaciones, sin conocimientos de programación. Software de Autoraje, como por ejemplo *ToolBook*, permiten la integración de textos, sonidos, gráficos, animaciones y vídeo. Estos componentes pueden entonces subordinarse a determinados objetos o eventos. El objeto posee en ese caso una propiedad, que contiene la forma en que se comportara el objeto cuando sea activado. (Frater, 1994).

Multimedia ToolBook (fabricado por Asimetrix Corp.) es un software de Autoraje el cual se basa en una metáfora de los libros, un libro se divide en páginas, que son representadas por cada pantalla con la que cuenta un libro. Cada libro se guarda como un archivo. *ToolBook* conjuga diferentes medios así como la capacidad de incorporar bases de datos, funciones financieras e interfaces personalizadas. Asimismo, permite ejecutar aplicaciones externas, además de recibir y enviar datos de otras aplicaciones.

Este programa opera en dos modos: autor y lector. En el modo de autor es donde se construyen los libros, este inicia en una página en blanco en donde se puede agregar texto, vínculos, controles y elementos multimedia; para extender el trabajo se pueden insertar nuevas páginas extra. El modo lector permite tener una vista previa del sistema y verificar el libro antes de compilarlo para su distribución.

Cada página cuenta con diferentes objetos que se encuentran distribuidos en una serie de capas contenidas entre el *background* (fondo de la pantalla o página) y el *foreground* (frente de la pantalla o página).



Background y foreground de una página en ToolBook.

Los objetos de *ToolBook* se comportan de acuerdo a un script que determina tanto su comportamiento como su apariencia. Los scripts son pequeños programas que definen el papel que cada objeto presenta en la aplicación. El lenguaje de programación que *ToolBook* utiliza para definir el comportamiento de cada objeto se llama "*OpenScript*". El *OpenScript* se puede definir como un lenguaje de programación que incluye comandos que acompañan a una amplia variedad de tareas, desde crear y manejar nuevos objetos, hasta enlazar funciones con los DDL's (bibliotecas de enlace dinámico) de Windows (Bahena, 1999).

Al igual que las herramientas de los demás *software* de autoría, *ToolBook* puede importar textos con formato enriquecido (*RTF*, de *Rich Text Format*). Asimismo, este programa permite incorporar la mayoría de los formatos gráficos y estándares, incluidos video para *windows*, *PhotoCD*, *QuickTime*, movimientos *JPG* (de *Joint Photographic Expert Group*, grupo conjunto de expertos en fotografía) y mapas de bits. Además, *ToolBook* incorpora su propio mecanismo impulsor de multimedia que maneja animación y vídeo de movimiento completo; incluye editores de mapa de bits, iconos, cursores y sonido.

Cuando se termina de crear un libro multimedia, *ToolBook* colectara y comprimirá los archivos necesarios para elaborar una versión ejecutable en una unidad de disco extraíble, pudiendo distribuirse sin el manejo de regalías.

Todas estas características hacen de *ToolBook* una herramienta muy versátil y "fácil" de manejar; dicha herramienta se utilizó para el desarrollo del sistema computacional sobre el cual versa este trabajo.

CAPÍTULO 3

MÉTODO DE DISEÑO DEL SISTEMA COMPUTACIONAL ICARUS

Para la información contenida dentro del sistema, se realizó una revisión de los diferentes métodos de control de plagas durante el cultivo de la papa, proponiendo a su vez, un método de **Control Integrado de Plagas**. Pretendiendo con esto, elaborar un material accesible al agricultor, y a cualquier persona que lo consulte, que de manera rápida y sencilla permita identificar el problema y visualizar una solución.

Ahora bien, La producción de un sistema informático requiere de pasas por varias etapas, las cuales, conforman el ciclo de vida de un producto informático (Riquelme 1997, citado en Bahena 1999). Las etapas de desarrollo de **Icarus** fueron las siguientes:

Etapa 1. **Análisis y especificación de requerimientos**

Una vez definido el problema y los objetivos de trabajo, se llevó a cabo el análisis y especificación de requerimientos para la elaboración del sistema. Se contaba con la infraestructura necesaria proporcionada por el Laboratorio de Aplicaciones Computacionales ubicado en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II, además se contaba con expertos en Computo y Biología, sobre todo en el campo de control de plagas; a la par que se realizó una revisión bibliográfica respecto a la hortaliza seleccionada, además de las plagas y enfermedades que la atacan, así como de los métodos que existen para su control.

Esta parte del trabajo consistió en la búsqueda de información bibliográfica que proporcionara información respecto a la papa (*Solanum tuberosum*), información que tuviera que ver con su biología (clasificación taxonómica, ciclo de vida etc.), métodos de cultivo, producción y consumo, entre otros.

La consulta de material de bibliográfico que se deseaba obtener con respecto a las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de la papa, hace énfasis en todo lo que tiene que ver con la biología del organismo, principalmente con su clasificación taxonómica, ciclo de vida y hábitos, todo esto para un mejor conocimiento del organismo, el cuál es el primer paso para proponer un control integrado de este. A la par a esto, se consulto información respecto al tipo de control que existe para cada plaga y enfermedad.

La información se consulto por el mayor número de medios posibles, revistas especializadas, tesis, libros, Internet; ; incluso se contacto con organismos internacionales como el **Centro Internacional de la Papa (CIP)** en Lima Perú, que proporcionó información valiosa al respecto. Cabe mencionar que la información recopilada se depuro con el fin de poder integrarla dentro de la guía que se haría para el control sanitario de la papa.

Además de la información sobre el control de plagas y enfermedades de la papa se plantearon las necesidades desde el punto de vista computacional, tales necesidades fueron cubiertas por el Laboratorio de Aplicaciones Computacionales de la FES Zaragoza. El laboratorio cuenta con el paquete de autoraje multimedia *ToolBook II Instructor* versión 5.0 de *Asimetrix Co.* **Icarus** se desarrollo con la ayuda de este software que corre en ambiente Windows. Por otra parte se

requirió de computadoras con la capacidad de soportar el trabajo con dicho programa, ya que se requería de la integración de medios, esta parte también fue cubierta ya que se usaron maquinas Pentium® a 100 Mhz con 16 Mb y Windows 3.1, y Pentium® II MMX a 260 Mhz con 64 Mb en RAM y Windows 98.

Etapa 2. Diseño

Esta parte del trabajo consistió en desarrollar la interface de usuario de **Icarus**, uno de los primeros pasos en esta fase estribo en la capacitación del software de autoraje **ToolBook II Instructor**, incluyendo el lenguaje de programación **OpenScript** que viene incluido en dicho programa. La integración de medios (imágenes, sonido, vídeo, animación) al sistema se dio gracias a la utilización de herramientas especializadas tanto en *hardware* y *software*. Para incluir sonido se utilizo micrófono y el *software* denominado **Creative Wave Studio** en su versión **3.21.0**, de **Creative Technology Ltd.**, además de otros medios como el uso de CD-ROM. Para la integración de imágenes la herramienta fundamental es el digitalizador de imágenes (Escáner). En cuanto al diseño y edición de imágenes y animaciones se utilizo el software **Corel Draw I** y **Photo Paint** en su versión **9.337**, de **Corel Corporation**.

Cada pantalla que forma el sistema se considera como una página tomando como analogía un libro. En cada página existen diferentes elementos u objetos que se mencionan a continuación y que posteriormente se describirán con más detalle en otro capítulo.

- Campos de texto
- Botones
- Objetos gráficos
- Sonido
- Animaciones
- Hotwords

La mayoría de estos objetos se crean *in situ* con ToolBook.

Para la creación de **Icarus** se consideraron las siguientes páginas:

a.- Pantallas de presentación.

En esta fase se pensó en crear una serie de páginas en las que se diera la bienvenida a los usuarios del sistema. Dichas páginas contienen una serie de animaciones y una pantalla con los objetivos que pretende cubrir el programa.

b.- Pantallas menú.

En esta etapa se considero que la información del programa no podía estar dentro de un solo menú principal ya que la página se podía saturar de botones repercutiendo en el mal diseño del mismo. Por eso se considero que era mejor crear un menú principal y a su vez varios submenús que estuvieran conectado a dicho menú principal; con esto se evito que el usuario de repente no supiera que tema elegir de tantos que se le pudiesen presentar.

c.- Pantallas para cada uno de los temas

Estas pantallas pertenecen al cuerpo principal del programa, ya que en estas se encuentra toda la información recopilada pero de manera condensada. La información se agrupo en 4 módulos principales:

1. Pantallas de ayuda. En donde se explica de manera sencilla el funcionamiento y organización de **Icarus**.
2. Información de "Consulta general". Aquí se agrupo información que tiene que ver con la papa pero de manera general. Información tal como enfermedades, plagas y medios de control.
3. Información de la papa. En donde se encuentra información acerca de la papa (morfología, clasificación, entre otros), su importancia tanto a nivel internacional como nacional, y las plagas y enfermedades más comunes que atacan al cultivo de la papa.
4. Guía de control. La mayor parte de la información se concentra en esta sección ya que este es el verdadero objetivo del sistema, proveer al usuario de una guía para el control integrado de plagas que atacan al cultivo de la papa.

Se realizaron la diferentes páginas del sistema así como los objetos que las componían, como primer paso para después conectarlas por medio de botones de tal manera que se pudiera realizar la interacción entre las páginas que lo componen. Posteriormente se estructuro la programación de cada uno de los objetos contenidos en la pantalla. Esto con la finalidad de poder viajar a través da las páginas por medio del uso de botones y facilitar la interactividad el sistema. Se definió el color y forma de cada una de las pantallas de tal forma que el usuario las pudiera identificar con el tema general que trata.

La mayoría de las páginas que comprenden a **Icarus** contienen imágenes que refuerzan la información que se presenta en forma de texto. El texto contenido en los campos de texto contiene palabras especiales llamadas Hotwords las cuales proporcionan información adicional sobre el significado de la palabra, o tema que sé esta consultando también nos puede mostrar una imagen.

Etapa 3. elaboración del sistema

Con todo lo anterior se procedió a elaborar el sistema informático computacional **Icarus**.

Etapa 4. prueba y depuración del sistema

Una vez terminado el sistema, se llevo a cabo su prueba para comprobar que funcionara correctamente y corregir posibles problemas. Esta fase resulta ser una de las más complicadas ya que cuando se piensa que todo esta bien surgen pequeños detalles que provocan una nueva revisión del sistema así como del contenido de la información.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS.

4.1 Descripción del sistema informático computacional ICARUS

Icarus esta estructurado por 8 libros y un total de 86 páginas y/o pantallas, de las cuales una sirve como pantalla de inicio (versión, derechos de autor, etc.), 3 como bienvenida, una como menú principal, 3 a submenús, 4 pantallas de ayuda, una a créditos, 12 a consulta de información general referente a enfermedades, plagas y los diferentes medios de control, 11 pantallas de información respecto a la papa y 50 corresponden a la guía para el control integrado de plagas y enfermedades de la papa. En conjunto el sistema ocupa un espacio en disco duro 60 MB, lo cual hace necesario que para instalarlo y transportarlo de una PC a otra se almacene en una unidad de CD-ROM. Cabe mencionar que la instalación del programa en una computadora no solamente incluye a aquellos archivos que integran al sistema, sino de una serie de archivos que se necesitan para que este se pueda ejecutar, dichos archivos se conocen como archivos de *RUNTIME*, los cuales ocupan un espacio en disco de 7 MB.

Los componentes que podemos observar en el sistema corresponden a los elementos que se pueden manejar y crear con el *Authoring* (Asimetrix Multimedia ToolBook II) que se utilizo para su desarrollo, a continuación se describen dichos elementos:

Pantallas. Las cuales hacen la función de las páginas de un libro "común", con la diferencia de que aquí se presenta más que solo texto e imágenes; aquí podemos encontrar animaciones videos, sonidos u otros componentes multimedia.

Texto. Los textos son el componente principal del sistema, más no el único, dichos textos nos muestran de manera condensada la información recopilada para el sistema.

Imágenes. Las imágenes son un componente importante del sistema ya que como se dice, en la mayoría de los casos, una imagen vale más que mil palabras.

Animaciones. Una de las características principales de los sistemas multimedia es que en ellos podemos dar a conocer información de una forma más llamativa, tal es el caso de las animaciones; el sistema cuenta con algunas de ellas para una consulta más amena.

Sonidos. El sistema cuenta con sonidos que van desde los que se usan para un cambio de pantalla hasta los que nos proporcionan información concreta acerca de algún tema en especial.

Hotwords. La característica principal de estos objetos es la de proveer mas información de la que podamos obtener dentro de un texto, también nos sirven para definir un termino o mostramos una imagen.

Botones. La principal función de los botones es la de ayudarnos a navegar dentro de las páginas del sistema.

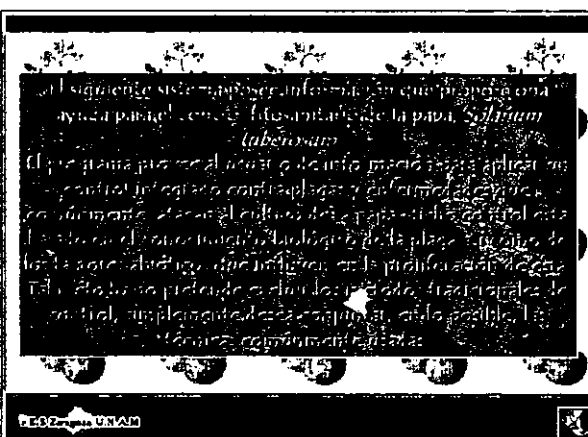
4.1.1. Navegación dentro de Icarus

Al entrar al sistema, lo primero que se encuentra es una pantalla de inicio, la cual proporciona información referente a la versión del sistema, autores, y lugar donde se realizó.



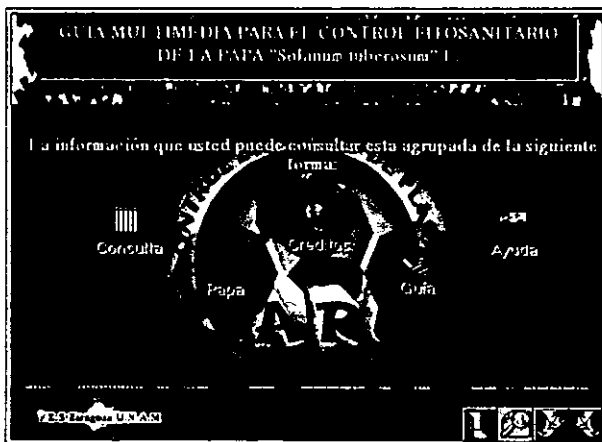
Pantalla de inicio

Acto seguido se puede consultar tres pantallas de bienvenida como preámbulo a la entrada al menú principal, dos de las páginas contienen información del lugar y la institución en donde se desarrollo el sistema, además de una serie de animaciones; la tercera pantalla contiene una breve descripción del objetivo del sistema, información referente al control integrado de plagas.



Dos de las tres pantallas de inicio de sesión.

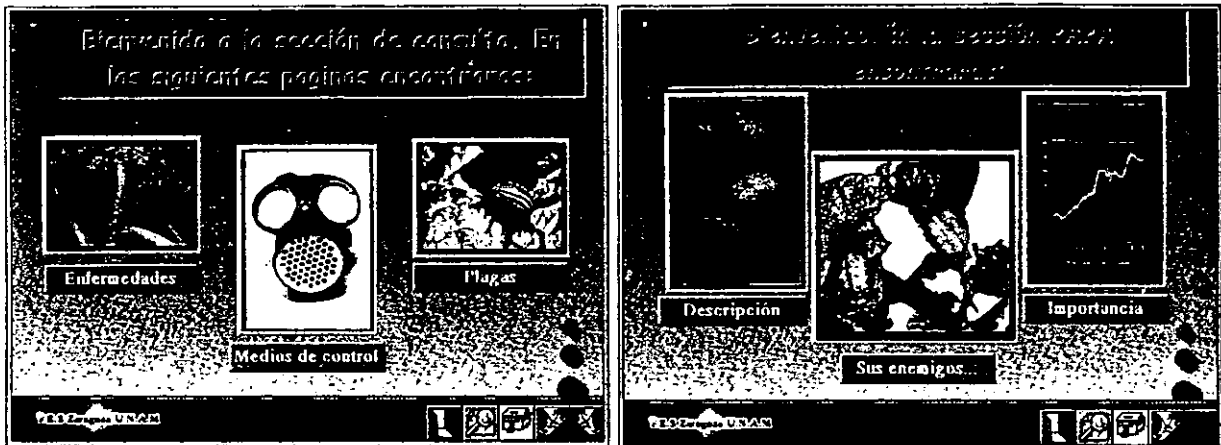
La información contenida dentro del sistema se agrupa de la siguiente manera, según el menú principal:



Menú principal del programa.

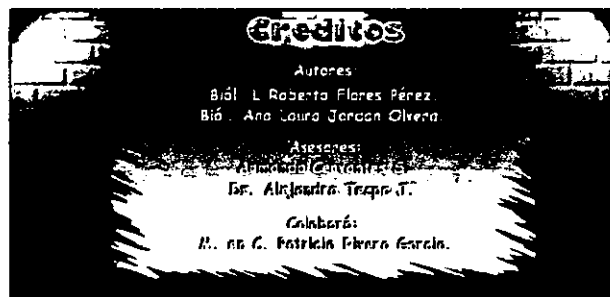
Consulta. La información que aquí se presenta hace referencia, de manera general, a las enfermedades y plagas que atacan al cultivo de la papa y de cómo estas afectan el desarrollo de la misma. Así como también de los diferentes métodos de control que existen para combatirlas, tales como el control químico, físico, mecánico, cultural, e integrado.

Papa. Esta sección contiene información referente a la papa; variedades, descripción morfológica, plagas y enfermedades que la atacan, e importancia a escala mundial y nacional.



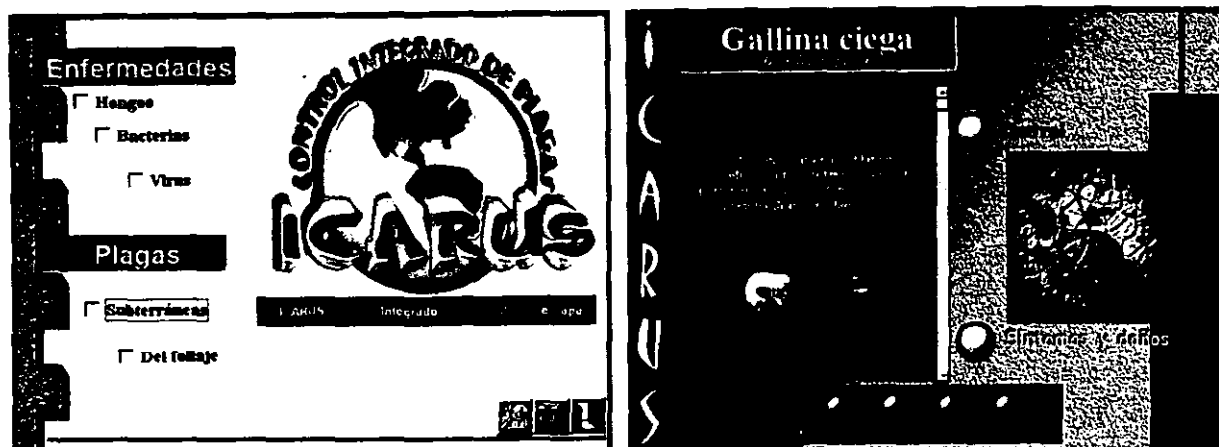
Pantallas de la sección consulta y papa.

Créditos. Aquí se nos muestra, mediante una animación, los nombres de todas aquellas personas que intervinieron en el desarrollo del sistema.



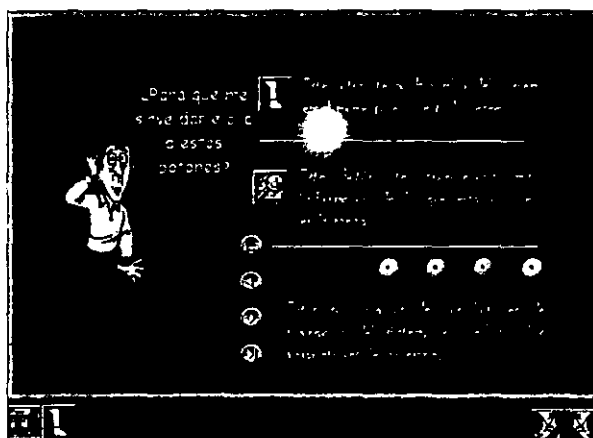
Pantalla de créditos.

Guía. La sección guía es la parte fundamental del sistema, ya que aquí se presenta información detallada de los organismos que atacan a la papa. La información esta organizada de acuerdo al tipo de organismo y a la forma en este ataca al cultivo de papa. Podemos encontrar información acerca de plagas, tanto del follaje como subterráneas; de enfermedades causadas por hongos, virus, fitoplasmas y bacterias. En esta parte se resume la mayor parte de la información recopilada acerca de plagas, enfermedades y su control integrado.



Pantallas con información referente al control integrado de plagas de la papa.

Ayuda. La ayuda del programa contiene información referente a los objetos que se pueden encontrar dentro del sistema (sobre todo botones), así como de la estructura y organización de las páginas del mismo.



Pantalla de ayuda.

La navegación dentro del sistema es relativamente sencilla, todo gira en torno a los botones de navegación, los cuales pueden tener diferentes formas dependiendo del libro que se este consultando en el momento. Una vez que el usuario se encuentra en el menú principal puede tener acceso a las demás secciones del sistema. Para una mejor organización del sistema se pensó en la creación de submenús para todas las secciones del sistema, incluyendo la guía. Tal es el caso de los submenús para la consulta de información referente a plagas, enfermedades y medios de control y de la sección papa, que tienen que ver con la guía, pero el usuario puede omitirla si así lo desea. Como se menciono anteriormente, la guía también consta de un submenú el cual organiza su información de acuerdo al tipo de plaga o enfermedad que ataca al cultivo de papa.

El diseño de la interface del sistema se desarrollo para que atractiva a la vista, además, está enfocada hacia el ambiente que generalmente se maneja en Internet; lleno de imágenes, color y movimiento. En cuanto la interactividad con el usuario, el sistema fue creado para que fuera lo más interactivo posible, de tal forma que se pueda experimentar con todos los botones de los cuales consta el sistema, incluyendo, el factor sorpresa, en donde no se sabe exactamente que pueda pasar cuando se presione algún botón. Cabe mencionar, que todos los botones contienen un icono relacionado con la función de éste, cosa que facilita en mucho su uso.

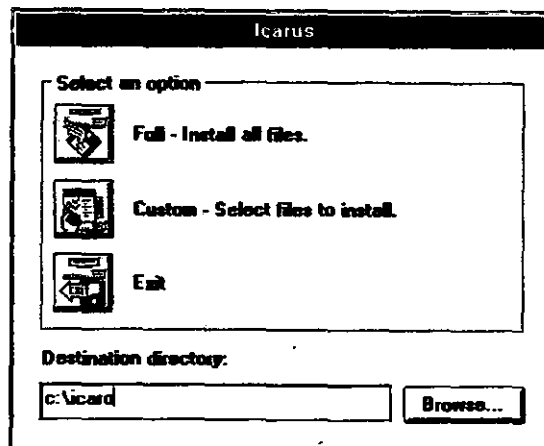
4.1.2 Requerimientos y guía de instalación

Los requerimientos de instalación se refieren a las características que debe tener una computadora para que Icarus pueda ser instalado en ella. Los requerimientos mínimos son los siguientes:

- Espacio en disco duro de 70 Mb
- Memoria de 32 Mb
- Procesador Pentium®
- Monitor SVGA con una resolución mayor a 255 colores
- Bocinas
- Ratón
- Windows 95

Una vez que la computadora cumple con los requerimientos mínimos de instalación, esta se hace de la siguiente manera:

1. Introducir el CD-ROM en la computadora.
2. Dar clic al **botón inicio** de Windows y seleccionar la opción de **Ejecutar**.
3. Dar clic al botón **Examinar** del cuadro de dialogo que aparece, y buscar el archivo **Setup** en la siguiente ruta **D:\Setup\setup.exe**.
4. Una vez seleccionado el archivo, presionar el botón **aceptar** en el cuadro de dialogo. Posteriormente se siguen las instrucciones de instalación, las cuales incluyen ruta de acceso en donde se instalara el sistema.



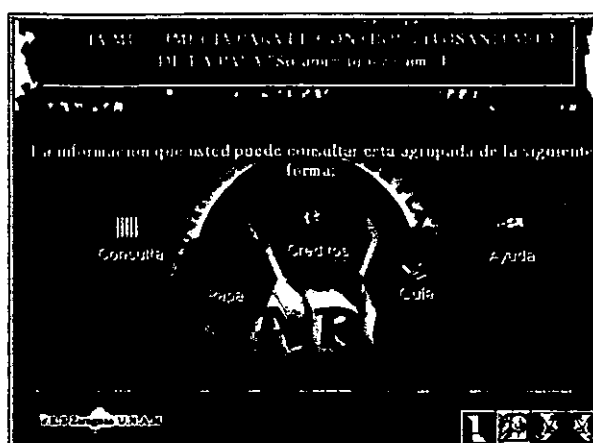
Cuadro de dialogo de la instalación del sistema.

5. Concluida la instalación será necesario copiar la carpeta denominada **RUNTIME**, que se encuentra dentro del CD-ROM, a la siguiente carpeta: **C:\Windows\Asym1**. La copia se puede realizar desde **Mi PC** o desde **el explorador de Windows**. Para mayor información de cómo copiar archivos puede consultar la ayuda de Windows.

4.1.3 Como usar Icarus.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo navegar dentro del sistema, el cual esta basado en el supuesto de que el usuario quiera revisar la mayor parte de la información contenida dentro del sistema.

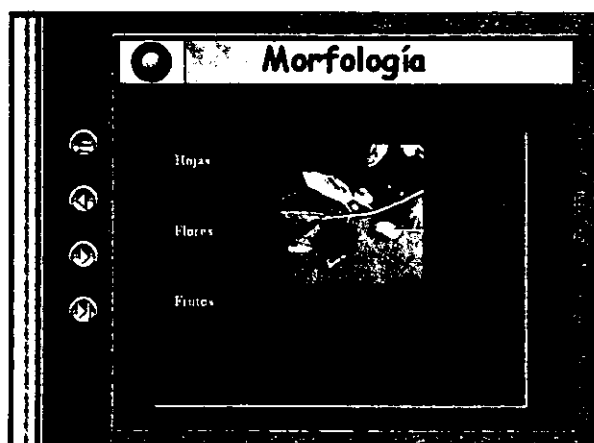
Una vez dentro del menú principal podemos elegir de entre 5 opciones diferentes: (a) consulta, (b) papa, (c) créditos, (d) guía y (e) ayuda.



Menú principal.

Si se quisiera consultar información referente a la papa se tiene que seleccionar el botón papa y darle un clic para que nos remitiera al submenú sección papa. Dentro del cual tenemos tres opciones a elegir: (a) Descripción, (b) sus enemigos..., y (c) importancia.

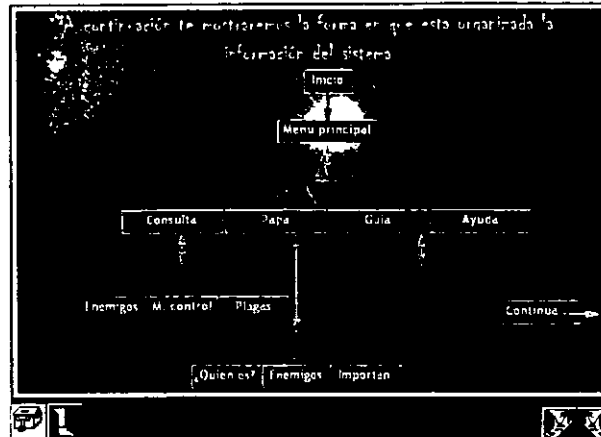
En el caso de que se quisiera consultar información acerca de quien es la papa se tendría que presionar el botón que dice: "Descripción", el cual nos mandaría a las pantallas que nos dan información respecto a la clasificación, morfología, variedades, etc., de la papa.



Información acerca de la morfología de la papa.

La pantalla cuenta con botones de navegación que nos desplazan por las demás pantallas del libro, uno de los botones nos regresa al submenú y de ahí nos manda al menú principal.

En caso de querer obtener ayuda, el usuario tendría que presionar el botón de ayuda el cual nos envía al libro de ayuda, que de manera sencilla y resumida nos proporciona información referente a la estructura del libro y sus botones.



Parte de la ayuda del sistema.

Las pantallas de ayuda también cuentan con botones de desplazamiento entre páginas, conteniendo también, un botón que nos regresa al menú principal.

En el dado caso de que se quisiera consultar la información de la guía, tendríamos que encontrarnos dentro del menú principal, una vez ahí, seleccionaríamos el botón "guía" para desplazarnos a la pantalla que contiene el submenú de la guía de control de plagas y enfermedades de la papa. Una vez aquí la mecánica para consultar información de la plaga o enfermedad es muy sencilla, solo hay que seleccionar cualquiera de las siguientes opciones: (a) plagas subterráneas, (b) plagas del follaje, (c) hongos, (d) virus o (e) bacterias; una vez seleccionada cualquiera de las opciones anteriores, el sistema nos envía a una pantalla en donde podemos seleccionar de entre una lista, al organismo del cual deseamos conocer su medio de control.



Una vez seleccionado uno de los organismos de la lista, aparece la pantalla con información del mismo.

Una vez dentro de la pantalla del organismo seleccionado, se puede consultar información referente a este en cuanto a su biología, el medio de control para combatirlo y los síntomas y daños provocados por esta plaga o enfermedad.

Cabe mencionar que aun cuando el sistema no tiene una estructura lineal, hay que seguir una regla en cuanto a la navegación dentro del mismo, para regresar al menú principal, siempre hay que pasar por el submenú. Por otro lado, si una quisiera dirigirse a otra sección o salir del sistema, no se puede hacer desde cualquier parte, hay que estar ubicados siempre en un submenú o e en el menú principal.



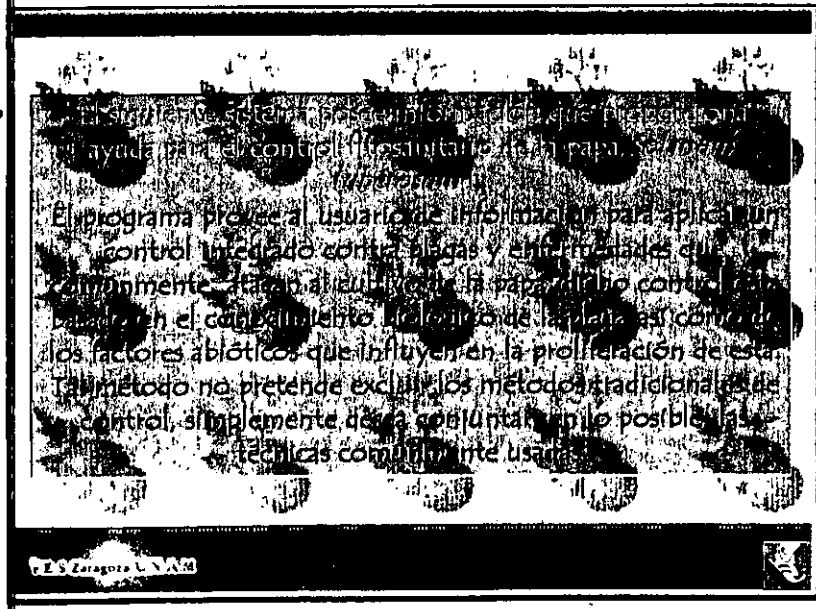
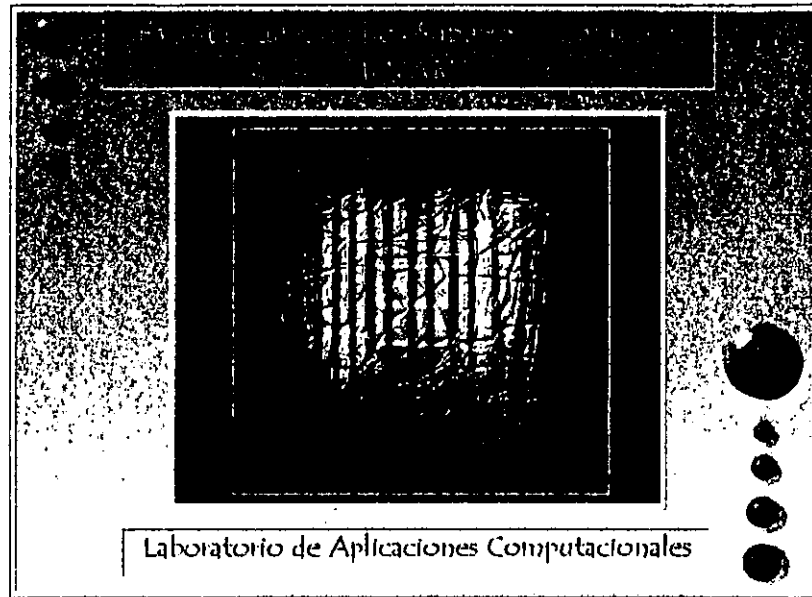
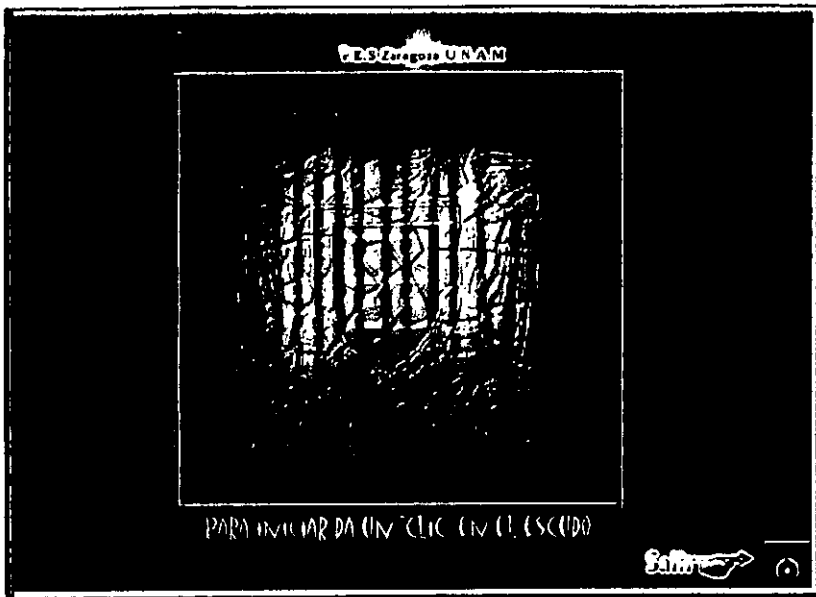
PANTALLAS DEL SISTEMA INFORMÁTICO COMPUTACIONAL ICARUS

Creditos

Autores:
 Biól. L.Roberto Flores Pérez.
 Biól. Ana Laura Jordan Olvera.

Asesores:
 M. en C. Armando Cervantes S.
 Dr. Alejandra Tezpa J.

Colaboró:
 M. en C. Patricia Rivera Garcia.



La papa o patata (*Solanum tuberosum*)

Enfermedades

Medios de control

Plagas

La papa o patata (*Solanum tuberosum*)

Descripción

Sus enemigos...

Importancia

CARACTERÍSTICAS

LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

Variedades

- Precocidad.
- Color del tubérculo.
- Forma del tubérculo.
- Contenido de almidón
- Intoperiodo.

A screenshot of a multimedia guide interface. The title bar at the top reads "SU IMPORTANCIA". On the left side, there is a vertical toolbar with five circular icons: a magnifying glass, a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, a double left-pointing arrow, and a double right-pointing arrow. The main content area is a large, empty rectangular frame with a dark background and a white border.

A screenshot of a multimedia guide interface. The title bar at the top reads "Morfología". On the left side, there is a vertical toolbar with five circular icons: a magnifying glass, a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, a double left-pointing arrow, and a double right-pointing arrow. The main content area is a large, empty rectangular frame with a dark background and a white border. The text "Raíces.", "Tallos.", and "Tubérculos." is displayed in the center of the frame.

A screenshot of a multimedia guide interface. The title bar at the top reads "A nivel mundial". On the left side, there is a vertical toolbar with five circular icons: a magnifying glass, a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, a double left-pointing arrow, and a double right-pointing arrow. The main content area is a large, empty rectangular frame with a dark background and a white border.

A screenshot of a multimedia guide interface. The title bar at the top reads "Morfología". On the left side, there is a vertical toolbar with five circular icons: a magnifying glass, a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, a double left-pointing arrow, and a double right-pointing arrow. The main content area is a large, empty rectangular frame with a dark background and a white border. The text "Hojas.", "Flores.", and "Frutos." is displayed in the center of the frame.

SUS ENEMIGO

Gallina ciega *Phyllopaga* sp
 Gusano de alambre
 Tizador *P. pfl.*
SEMIACIDOS
Meloidogyne incognita

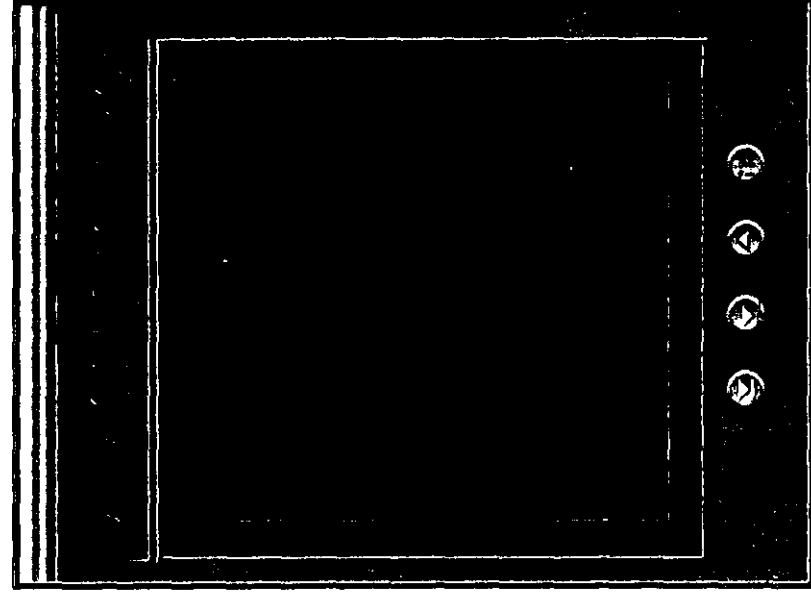
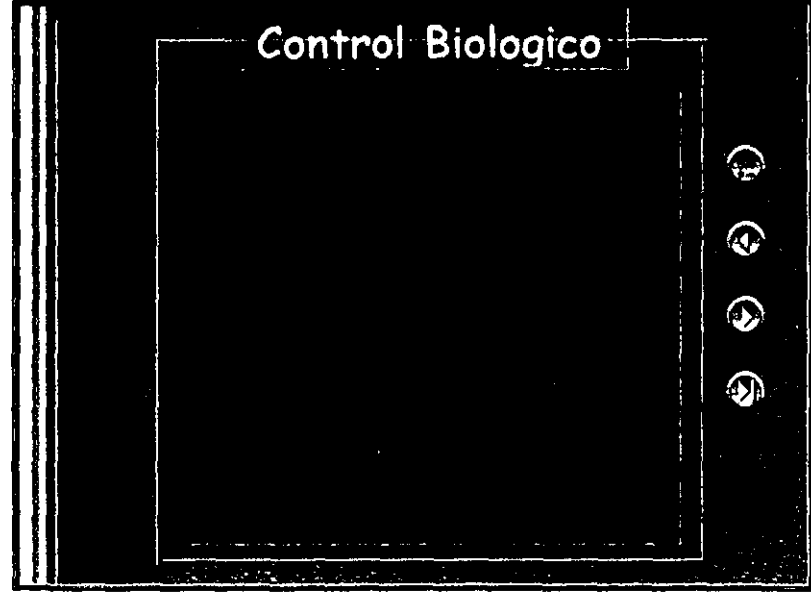
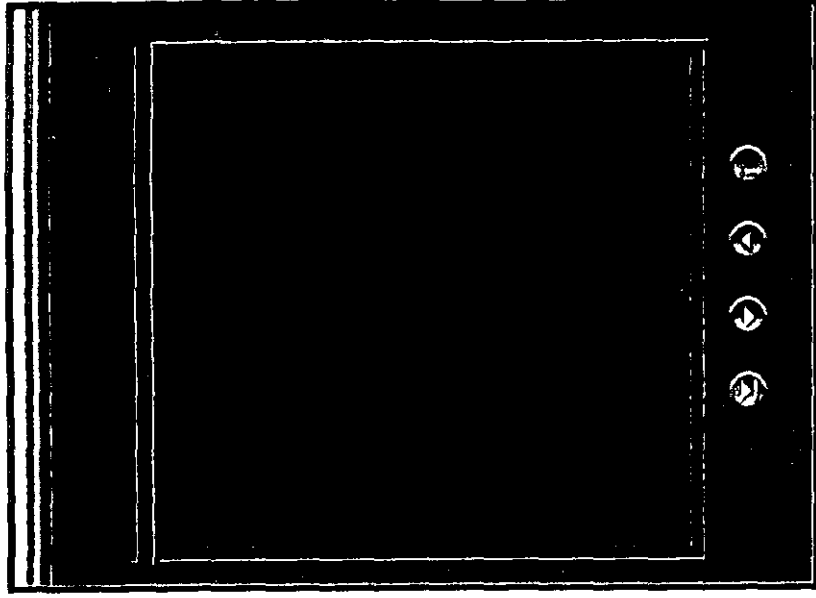
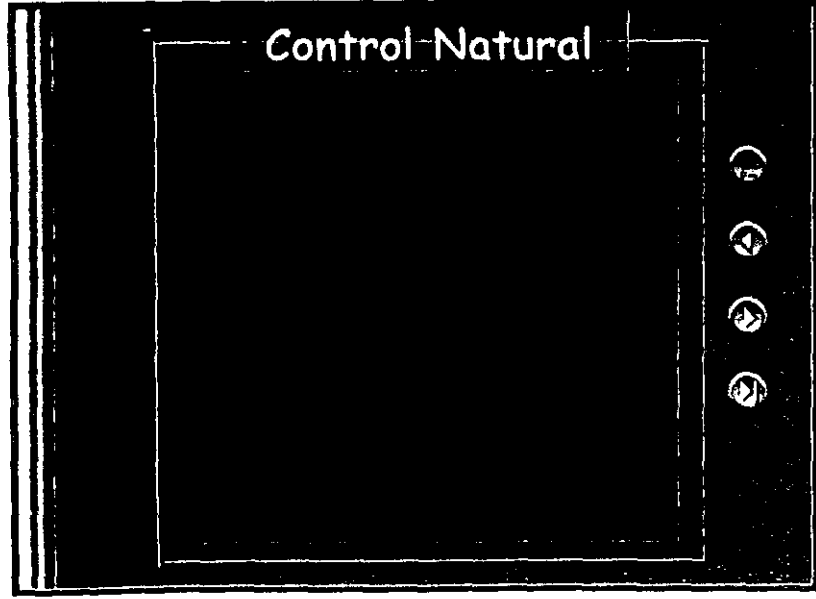
En México

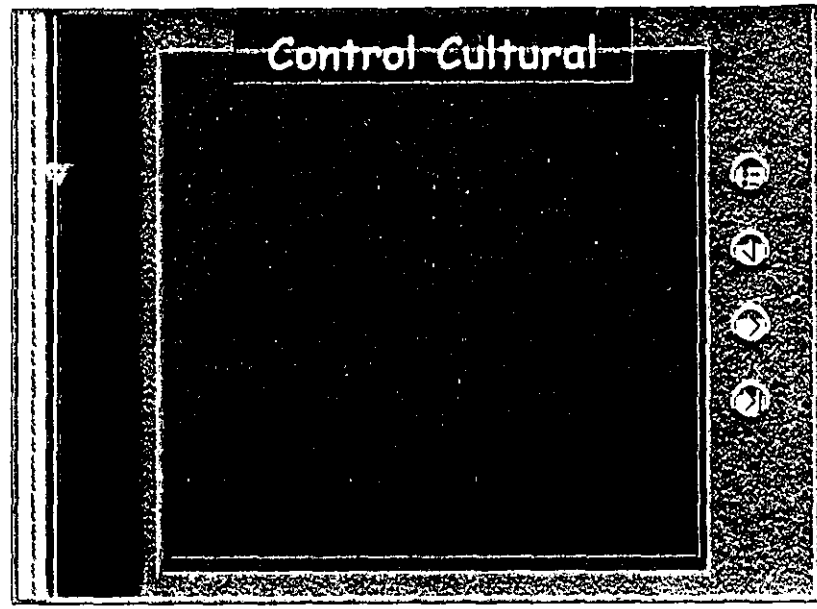
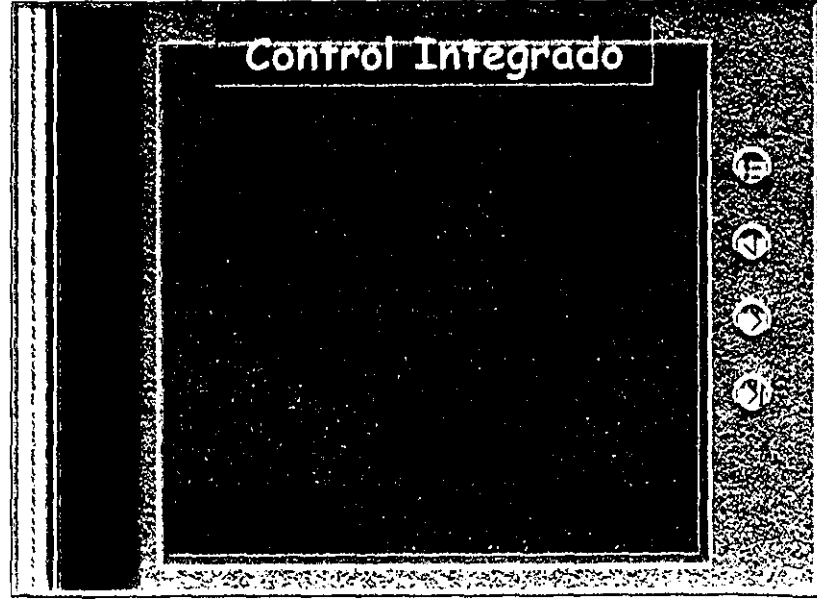
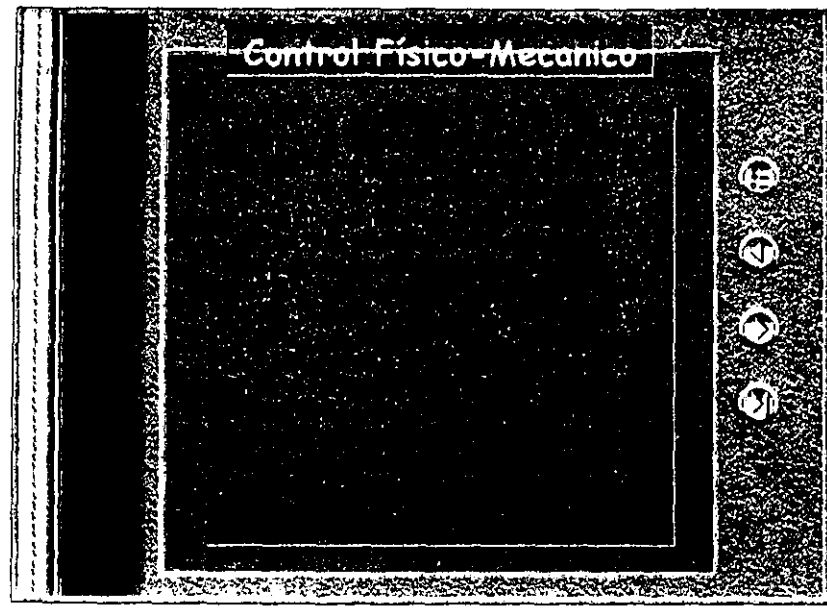
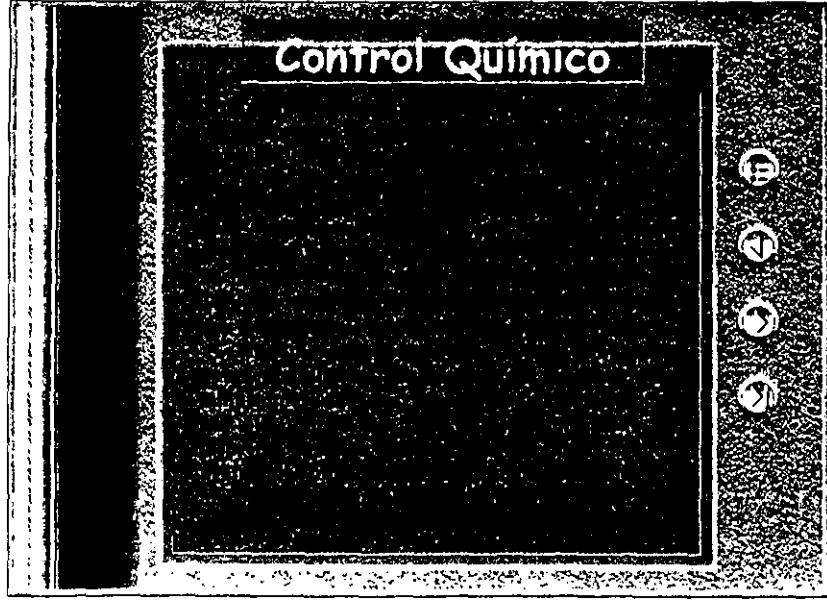
SUS ENEMIGO

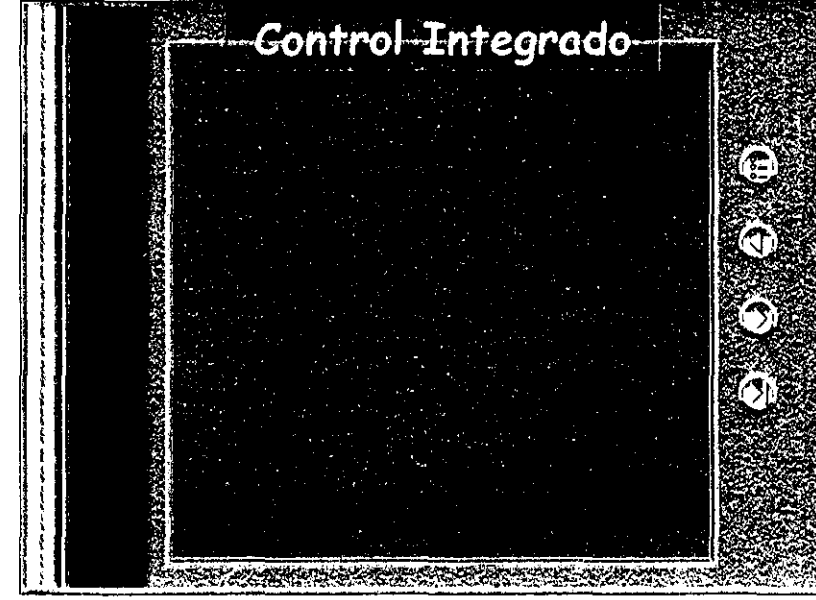
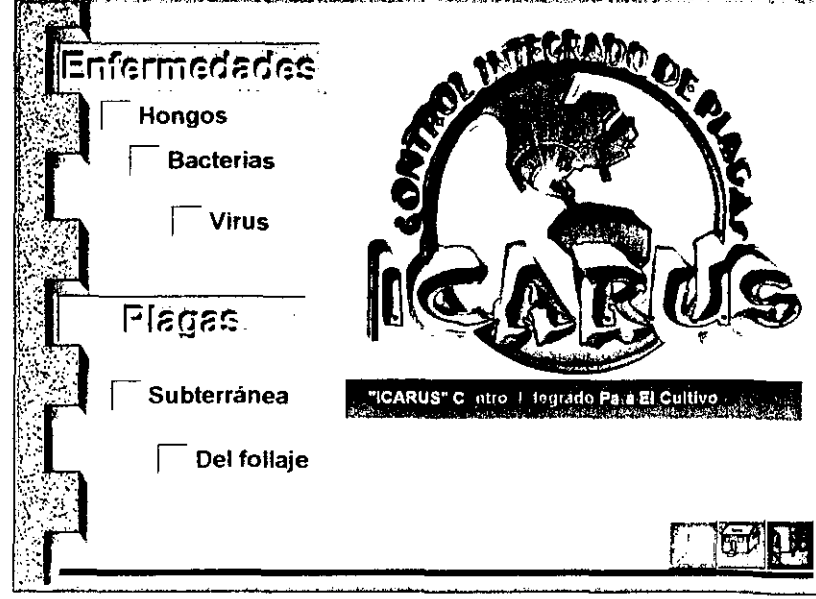
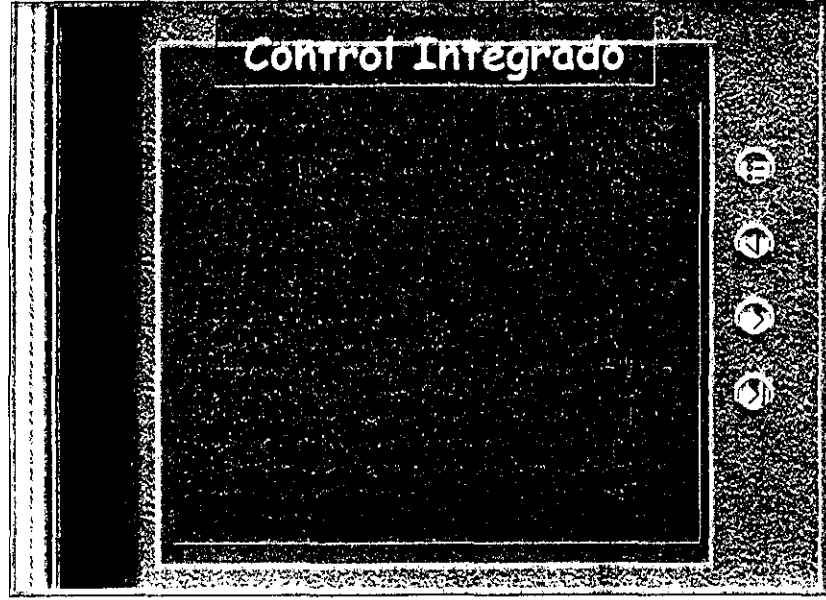
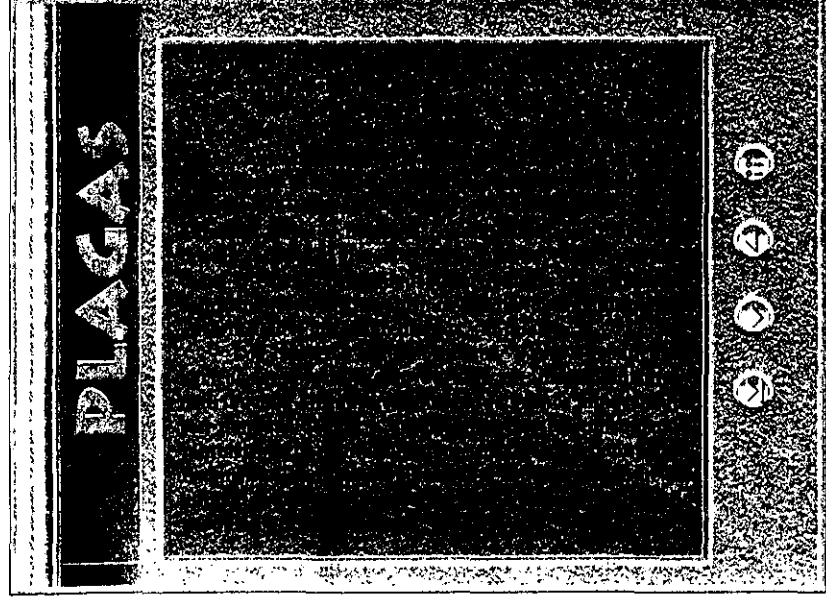
Phytolimna operculella
Myzus persicae
 Tizón tardío
 Tizón temprano
 Rhizoctonia
 enrollamiento de la hoja

SUS ENEMIGO

Dioscorea o escarabajo de la papa








Plagas

Gallina ciega
Gusano de alambre

Esta clasificación de plagas esta basada en el daño ocasionado por organismos (insectos, nemátodos) que generalmente se encuentran enterrados en




Inicio Ant. Sig. Ultima

Plagas del

Pulgón
Palomilla de la papa

Esta clasificación de plagas esta basada en el daño ocasionado por insectos que generalmente lesionan la parte aérea de la planta



Inicio Ant. Sig. Ultima

Hongos

Tizon temprano
Tizon tardío

El control sanitario contra hongos puede comenzar por tomar medidas de higiene, además de lograr un



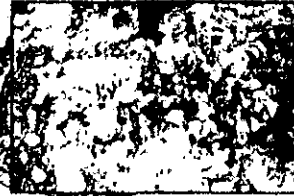
Inicio Ant. Sig. Ultima

Virus

Enrollamiento de la hoja
Mancha morada

El cultivo de papa puede ser atacado por algunos virus, algunos síntomas de virosis en la planta son:

- Decoloración de la hoja en forma de mosaico
- Amarillamiento de la hoja



Inicio Ant. Sig. Ultima

Bacterias

Marchitez bacteriana

Las enfermedades bacterianas atacan a los cultivos principalmente durante la maduración, algunas medidas de

Inicio Ant. Sig. Última

Gusano de alambre

(Fam. Elateridae)

Control

Sintomas y daños

Los gusanos alambres son los más comunes en algunas localidades, menos frecuentes en otras. Las larvas blancas, gruesas, llegan a medir hasta 10 cm y son muy resistentes a los pequeños insecticidas.

Gallina ciega

(*Phyllophaga* sp)

Control

Sintomas y daños

Gusanos (larvas) blancos, con alas en forma de C, pertenecientes al orden de la familia Scarabaeidae.

Rallador

(*Epirix* sp)

Control


Sintomas y daños

Los ralladores de la familia escarabajos negros pequeños, que saltan con un ruido sobre el follaje, al ser molestados circulares pequeños de 2-3 mm de diámetro.



Trozadores
(Fam. Noctuidae)

Los gusanos cortadores son larvas de varias especies de mariposas de la familia Noctuidae o polillas nocturnas que cortan los tallos de las plantas tiernas.

Control




Síntomas y daños



Nematodo
(*Globodera rostochiensis*)

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen a la clase Nematoda. Recientemente fueron introducidos al género *Globodera* a causa de su forma redonda, globular de sus quistes. La papa la ataca en sus etapas de desarrollo. *Globodera*: *G. rostochiensis*.

Control




Síntomas y daños

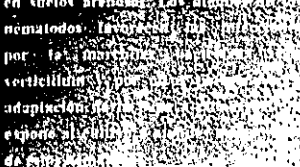

Nematodo de agallas
(*Meloidogyne* sp)

Los nematodos del nódulo de la raíz son polifagos y se encuentran principalmente en las zonas cálidas. Sus daños son particularmente graves en suelos arenosos. Los principales nematodos que atacan a las plantas por la raíz son los nematodos de las agallas, que se adaptan a las plantas de raíz gruesa y espesa al cultivarlas.

Control




Síntomas y daños



Nematodo lesionado
(*Pratylenchus* sp)

Los nematodos lesionadores son polifagos y se encuentran principalmente en las zonas cálidas. Sus daños son particularmente graves en suelos arenosos. Los principales nematodos que atacan a las plantas por la raíz son los nematodos de las agallas, que se adaptan a las plantas de raíz gruesa y espesa al cultivarlas.

Control



Síntomas y daños





Pulgón


(*Myzus* sp)

Alida aproximadamente 1.5 a 2.5 mm de largo y tiene forma alitera. En la torcaz apta al volar y su cabeza es notablemente más grande. Este áfido es generalmente de color verde claro, aunque también puede ser de un color oscuro.

Control



Síntomas y daños




Palomilla de la papa


(*Plutonitaca operculella*)

El insecto causante del daño es en su estado adulto, una pequeña polilla o mariposilla que científicamente conoce con el nombre de *Plutonitaca operculella* Zell. Tiene una longitud de 7 a 9 mm y algo menos del ancho. En otro extremo de las alas están los ojos enteramente blancos.

Control



Síntomas y daños




Tizon temprano


(*Alternaria solani*)

El Agente causal del tizon temprano es el hongo *Alternaria solani*, un miembro de los hongos filarios. También ha sido catalogado como *Alternaria solis* (Fr.) Sacc. Deuteromycota, Filariofilales, familia Helicostictaceae.

Control



Síntomas y daños




Tizon tardío


(*Phytophthora infestans*)

Según Alexopoulos y Mims, 1979:
 División: Mastigomycota
 Subdivisión: Dityomastigomycota
 Clase: Oomycetes
 Subclase: Oomycotiales
 Orden: Peronosporales
 Familia: Phytophthorales
 Género: Phytophthora
 Especie: infestans

Control




Síntomas y daños




Viruela de la papa (*Rhizoctonia solani*)

Este patógeno se incluye dentro del orden Mycelota Sterilia debido a que durante muchos años se pensó que era incapaz de producir algas vivas. Las esporas ya son asquias de las algas. Actualmente se sabe que producen hifas esporas en las que se reproducen perfectamente, siendo así un organismo basidiomiceto. El cuerpo del micelio y sus...

Control




Síntomas y daños




Enrollamiento de la hoja (*PLRV*)

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) causa una de las más importantes enfermedades víricas del cultivo. La enfermedad afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos. También reduce el intercambio del material debido a las distorsiones de certificación. Cuarentena naturalista. El...

Control




Síntomas y daños




Punta morada (*Fitoplasma*)

Un estudio realizado por Cadena(1974) demostró que enfermedad denominada punta morada es causada por el mismo agente que produce el "barrido" y "asterotra" enfermedad de su vez es denominada "chicharrita" (fitoplasma) taxifrono (fitoplasma) considerado...

Control




Síntomas y daños




Marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*)

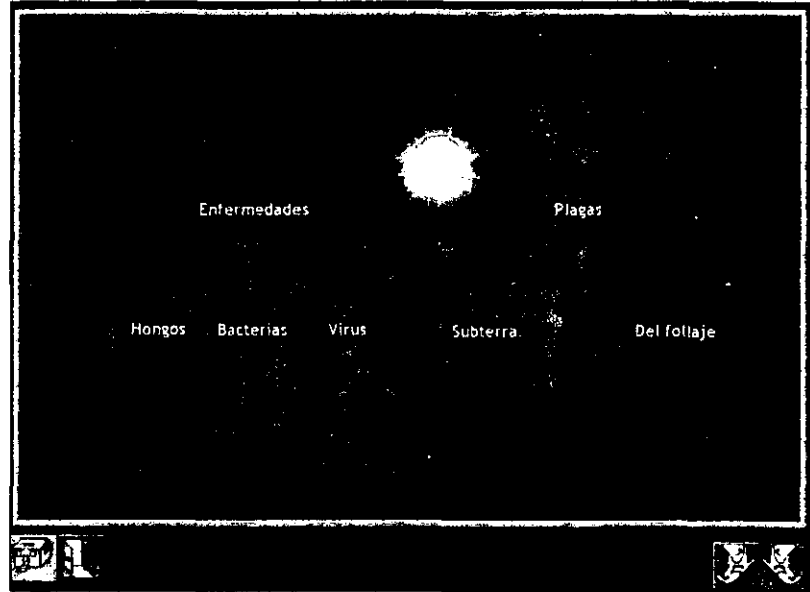
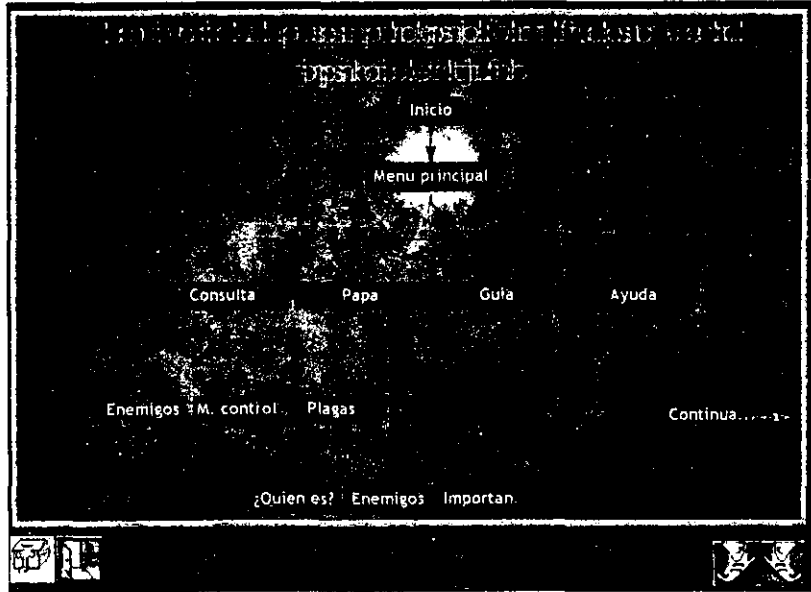
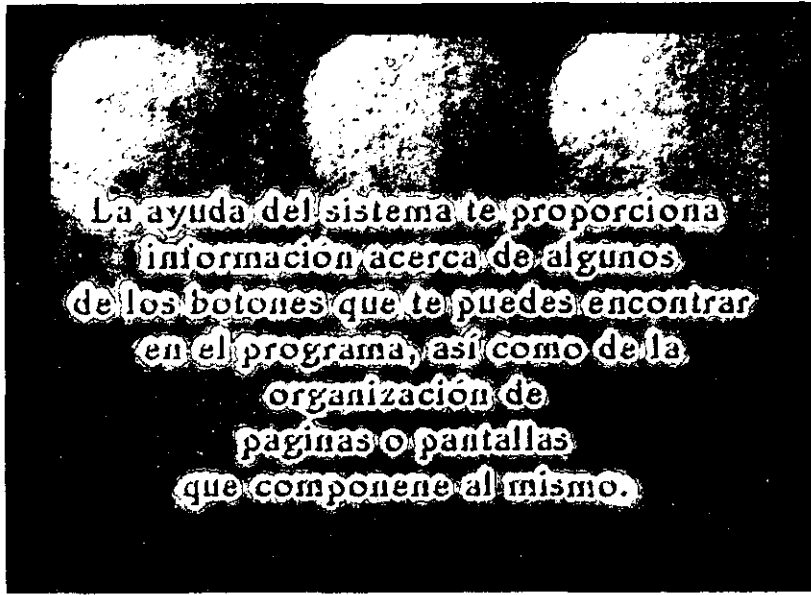
Pseudomonas solanacearum es una bacteria aerobia, bastarda y Gram negativo que generalmente es inmóvil. Su gran variación ha llevado a los sistemas de clasificación, el sistema de razas y el sistema de biotipos. El sistema de razas se basa en el tipo de hospedamiento y el tipo de campo. Se pueden encontrar razas...

Control



Síntomas y daños





Sintomas y daños

Las larvas de la gallina ciega, *Phyllophaga* sp, habitan en el suelo y se alimentan de las raíces de sus hospederos, hasta por 4 años antes de pupar. El daño causado puede ocasionar la pérdida completa de la cosecha; especialmente si el ataque ocurre cuando las plantas son jóvenes. En el cultivo de papa, las larvas del tercer estadio causan daño al alimentarse de las raíces, lo que favorece la entrada de otros patógenos que causan pudriciones. La distribución del daño en el campo es por lo

Control

Las medidas de combate más importantes para las gallinas ciegas están basadas sobre tres observaciones con respecto al ciclo de vida:

(a). La larva prefiere alimentarse de plantas de la familia de las gramíneas, tales como el maíz y otros cereales de papa, o de frapa, mientras que las leguminosas tales como el habo, alfalfa y trifol soyó son dañadas mucho menos severamente. Consecuentemente la tierra en la cual se encuentran numerosas gallinas ciegas al

Sintomas y daños

Los gusanos de alambre se encuentran entre los insectos más difíciles de combatir, los cuales están catalogados como las plagas más destructivas y más ampliamente distribuidas en el maíz, granos pequeños, pasto, papa y otros cultivos de raíces, hortalizas y flores. Los cultivos que son atacados por los gusanos de alambre a veces fallan en su germinación, puesto que los insectos comen el germen de las semillas, o comen el caso de la papa. Las larvas se alimentan de los tubérculos

Control

Los barbechos de verano limpios y el descaño de la tierra cada 2 o 3 años, las labores poco profundas para evitar el crecimiento de toda la vegetación, especialmente hierbas grandes, en la primera parte del verano; y el evitar las labores de arado profundas que permitan que los gusanos de alambre penetren en el suelo con mayor éxito, son los sistemas recomendados. Por otra parte, cuando se una profundidad de 22.5 cm por los primeros días de agosto

Sintomas y daños

Los minadores de la papa son escarabajos negros pequeños, de 2 a 3 mm, que saltan con mucha facilidad sobre el follaje, allí producen huecos circulares pequeños, menores de 3 mm de diámetro. Las hojas fuertemente dañadas pueden secarse completamente, lo que afecta la capacidad de fotosíntesis y el rendimiento de la planta. Las larvas también son perjudiciales porque se alimentan de las raíces, estolones y tubérculos. En los tubérculos rasgan la

Control

Las plantas de papa tienen cierta capacidad para soportar los daños del follaje, pero pasado esos límites hay que recurrir al uso de insecticidas. La eliminación de las malezas hospederas de la plaga y la buena preparación del terreno contribuyen a disminuir las poblaciones de esta plaga.

Sintomas y daños

Los gusanos cotadores son larvas de varias especies de mariposas de la familia noctuida o polillas nocturnas que comen las fallas de las plantas tiernas. Durante el día las larvas permanecen enterradas al pie de las plantas con el cuerpo enrollado. Las larvas llegan a medir hasta 5 cm, son robustas y de color grisáceo. A veces dañan los tubérculos más superficiales. Algunas especies de la misma familia preferentemente se alimentan de las hojas. Dañan las plantas estos gusanos de 4

Control

Por lo general las infestaciones en un campo se presentan por manchas o focos de plaga que sí hay necesidad de aplicar insecticidas, se debe aplicar en forma localizada y no general. También pueden prepararse cebos tóxicos basados en atracho, melaza, agua y un insecticida. El cebo debe aplicarse al pie de la planta al atardecer. Uno de los métodos para evitar el daño de estos insectos, consiste en la rotación del cultivo de una manera tal que la papa no

1b) Síntomas y daños

La planta no presenta síntomas específicos en la parte aérea. Es común que haya un crecimiento deficiente, enanismo, amarillamiento y senescencia temprana. La única característica específica se da en las raíces y, a veces, en los tubérculos: el cuerpo esférico de las bombas (0.5 a 1.0 mm de diámetro) que son blancas o amarillentas. Las bombas finalmente se convierten en un color marrón y se convierten en quistes llenos de huevos cuya estabilidad persiste por varios años.

1b) Control

Cuando aparecen síntomas visibles, los nematodos están ya presentes en grandes cantidades. Una vez que los nematodos del suelo se han establecido es muy difícil, sino imposible erradicarlos. Sin embargo, hay métodos para reducir el daño que causan. Se requiere combinar prevención y control en un programa integrado el cual incluya además aspectos de irrigación y fertilización adecuada.

El manejo integrado puede reducir una alta densidad de población de nematodos a

1b) Síntomas y daños

Los síntomas en la parte aérea de la planta no son específicos. Las plantas hacen débilmente, con escasas hojas pequeñas y cloróticas que tienden a marchitarse en tiempos calurosos. Las raíces infectadas presentan nudos o agallas de tamaño variado según la intensidad del daño. Los tubérculos también se infectan, y pueden presentar agallas, deformarse, o tener síntomas internos del ataque del nematodo. Las plantas fuertemente atacadas pueden morir prematuramente.

1b) Control

Diversas medidas culturales reducen la población de los nematodos o sus daños; rotación de cultivos con cereales, períodos de barbecho con rotación del suelo y abonamientos con cantidades grandes de materia orgánica. El tratamiento con fumigantes de suelo suele ser muy costoso. La aplicación de nematocidas puede tener un efecto temporal favorable.

Hay cultivos que se deben evitar como el algodón, frijol, tomate, y cucurbitáceas. El daño potencial a un cultivo se puede

1b) Síntomas y daños

Los nematodos de la raíz radicular son endoparásitos migratorios. Poblaciones altas causan lesiones necróticas de color marrón oscuro en el tejido cortical de la raíz. En los tubérculos se presentan pustulas o verrugas levantadas, como verrugas de color marrón purpúreo que disminuyen su valor comercial. La parte aérea de la planta generalmente presenta un color amarillado.

1b) Control

La cosecha oportuna y el almacenamiento refrigerado reduce los daños del nematodo. Los tubérculos infectados no deben ser usados como semillas; los tubérculos de semilla deben ser tratados con nematocidas o con agua caliente a 50°C durante 45-60 minutos.

ICARUS

1b) Síntomas y daños

Ninguna plaga es específica de la papa preojo tanto a los productores de papa como al pulgón *Myzus persicae*, pues afecta a las plantas amarillan las hojas inferiores, enchina las terminales y transmite el virus del enrollamiento de la hoja, el virus del mosaico púrpura y los virus Y, A y M de la papa.

Las colonias de pulgones se conforman fácilmente en los brotes y en la área inferior de las hojas en el campo, pero también se presentan en los brotes de

1b) Control

Los pulgones son atacados por muchos enemigos naturales que constituyen el control biológico de esta plaga. Algunos insectos predadores como los escarabajos coccinídeos y parasitoides (como la crispa *Aphidius* sp.) se alimentan de los pulgones. También hay hongos que causan su muerte (*Entomophthora* sp.) si es necesario.

ICARUS

Sintomas y daños.

Varias especies de polilla o papavillas atacan a la papa en el campo y en el almacén. Estas especies se hallan ampliamente distribuidas en áreas cálidas y secas. En el campo los daños son especialmente severos en condiciones cálidas y secas.

P. operculella está diseminada en todos los lugares cálidos y secos donde se cultiva la papa. La larva perfora los tubérculos, mina las hojas y perfora los tubérculos en el campo. En almacenes puede causar daño

Control

Varias medidas culturales permiten reducir la incidencia de la plaga:

- Ø Evitar las épocas más calurosas y secas del año para el cultivo de la papa.
- Ø Controlar los riesgos para evitar que se formen resquebraaduras en el suelo que permitan el acceso de la polilla a los tubérculos.
- Ø Efectuar un buen aporque para cubrir los tubérculos.
- Ø Usar plantas con semillas sexuales para capturar y cuantificar las poblaciones

Sintomas y daños

Aparecen lesiones de apariencia húmeda en el follaje que, en pocos días, se vuelven necróticas, de color castaño cuando están secas o negras cuando están húmedas. Bajo condiciones de humedad intensa se hace visible una esporulación blanca, especialmente en el envés de las hojas. Las lesiones en los tallos son frías y se quebran frecuentemente en punto de lesión. Bajo ciertas circunstancias puede aparecer la marchitez de los tallos lesionados.

Control

El tizón tardío de la papa puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas: semillas, variedades resistentes y espesores con compostos químicos aplicados adecuadamente en la temporada.

Control cultural:

Esta afectada al disminuir la enfermedad implementando una o varias prácticas para evitar el desarrollo anticipado del inoculo primario por medio de:

Sintomas y daños

En las hojas y en menor grado en los tallos se forman manchas necróticas, marcadas internamente por series de anillos concéntricos. Las lesiones en las hojas rara vez son circulares porque son restringidas por las nervaduras principales. Usualmente aparecen al alrededor de la floración y van aumentando a medida que van madurando las plantas. Las lesiones se forman primero en la parte superior. Pueden coalescer y causar un amarillamiento generalizado, caída de hojas y muerte precoz. La pudrición en el

Control

Procurar brindar condiciones adecuadas para su crecimiento vigoroso durante toda la temporada, especialmente en la irrigación y la fertilización de los tallos. La aspersion del follaje con fungicidas orgánicos reduce la diseminación del tizón temprano. La resistencia se encuentra entre las variedades de maduración tardía.

Sintomas y daños

Las lesiones en la parte de la brotes causan retardo o falta de emergencia. Cancros pardos ligeramente hundidos de varios tamaños y formas afectan los estolones y los tallos, arriba o debajo del suelo. Estos cancros pueden circundar el tallo y generar la formación de tubérculos aéreos, marchitez y muerte de la planta. Los estolones así circundados tienden a no producir tubérculos.

En la superficie de los tallos se forman esclerocios duros de color marrón oscuro o

Control

Los tubérculos de la papa comúnmente presentan esclerocios lo que es conveniente evitar la introducción de material infectado en los terrenos de cultivo. Los tubérculos infectados pueden confundir a los tallos de la planta y los nuevos tubérculos, por lo que se recomienda el uso de semillas lo más limpia posible de esclerocios. Las rotaciones largas con cereales y pastos pueden reducir la incidencia de la enfermedad. La rotación por dos años con frijol o soya y papa: atis y papa: trébol

Sintomas y daños

Los síntomas se manifiestan en enrollamiento de las hojas superiores especialmente de los tallos. Estas hojas tienen un color verde amarillento pálido. En muchos cultivos pueden tomar un color púrpura, rosado o rojo. Las infecciones tardías pueden no producir síntomas que al momento de cultivar pueden pasar inadvertidas sin presentar síntomas evidentes que algunos cultivares y variedades desarrollan síntomas reticulada internamente.

Control

Las plantas afectadas por RLRV no pueden ser usadas como material genético. Las medidas preventivas incluyen:

- Uso de tubérculos-semillas sanos.
- Eliminación de las plantas infectadas.
- Control de vectores.
- Utilización de la resistencia al RLRV.

Una de las plagas más importantes que afectan al tubérculo-semilla libre de enfermedades es una condición que puede causar un alto rendimiento. Los tubérculos-semilla deben

Sintomas y daños

Incluye el enrollamiento de las hojas o tubérculos aéreos o ambos. Los síntomas de las hojas. Las plantas son afectadas por enrollamiento y las hojas apicales por enrollamiento están tornan un color púrpura o amarillo. Las plantas pueden marchar. Los tubérculos de plantas infectadas no brotan normalmente. A menudo estos se marchan por rotura, hinchazón y deformación de los brotes o en brotes amarillos.

Control

El insecto que actúa como "cigarrita" (*Macrostelus formicivorus*) es el principal vector de esta enfermedad y puede ser parcialmente controlada mediante la eliminación de malezas hospederas y de donde el insecto vector visita el cultivo de la papa. La transmisión por las cigarritas puede ser controlada evitando los pastos después de su aparición. Los pastos infectados vegetales ocasionales en pastos, pastos y cereales. En estudios realizados en la Universidad Autónoma de Chapingo se ha encontrado que el insecto vector se

Sintomas y daños

La característica principal es el marchamiento inicial de solo la parte de la planta o la flor, o incluso un solo tallo o hoja o tallo. Este síntoma inicial provoca una pérdida de las hojas en horas calurosas del día (medianoche). Los síntomas avanzados son la marchitez severa y sequedad, que conducen a la ruina de la planta. Los síntomas variables se observan en el sistema de raíces transversal al tallo, se nota la existencia de un muclago que cubren el tallo en los casos leves. Esto se puede observar mediante la observación de sus flujos.

Control

El control de *Phytophthora* es difícil debido a su amplia gama de hospedantes, su supervivencia en el suelo y su variación biológica. Una combinación de medidas de control es lo más apropiado. Los siguientes componentes de control deben ser considerados.

Resistencia. Para los agricultores la utilización de variedades resistentes es el disponible más práctico de control.

Salud de los tubérculos-semillas. Deben utilizarse solo tubérculos-semillas libres de la enfermedad. Para asegurar que están

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo principal del trabajo fue desarrollar una guía informática en ambiente multimedia para el control fitosanitario durante el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), que proporcionara los elementos necesarios para un manejo integral de dicho cultivo.

Luego entonces, se tomo la decisión de trabajar con información referente a la papa, debido a la importancia que tiene esta como cultivo hortícola en nuestro país, ya que es el segundo a nivel nacional y es uno de los más consumidos en nuestro país. Contiene una gran cantidad de nutrientes y de energía, por su contenido de almidón. Su contenido de proteínas y grasas es bajo. Además de poderse comercializar en fresco, presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por el consumidor en general.

Por otro lado, la papa, al igual que cualquier cultivo vegetal, se ve atacada por distintas plagas y enfermedades durante su ciclo de cultivo, provocando con esto una perdida considerable del producto. Este tipo de situaciones provoca, en gran medida, un uso y abuso de productos fitosanitarios (la mayoría de productos químicos) casi sin control alguno. De hecho, técnicamente, el sistema moderno de cultivo tiene una productividad muy alta, pero, esto es cierto si se ignoran un sinnúmero de costos reales de producción. El reconocimiento de algunos de estos costos indirectos, propició el desarrollo del concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

La publicación de los libros "Primavera silenciosa" (Silent Spring) de Rachael Carson y "El círculo vicioso de los plaguicidas" (The Pesticide Treadmill), de Robert Van den Bosh marca el inicio del sistema postmoderno de agricultura. A partir de estas publicaciones se observó un incremento en el número de propuestas alternativas sobre agricultura, que variaban desde críticas leves sobre prácticas específicas, hasta fuertes denuncias de todo el sistema.

En la actualidad existe una tendencia hacia la agricultura sostenible, la cual reconoce abiertamente los problemas asociados con la agricultura moderna, reconociendo la necesidad de buscar soluciones a los mismos.

Por tal motivo es importante y, a la vez necesario, conjuntar la información que permita plantear un sistema de control de plagas y enfermedades que reduzcan las poblaciones de organismos dañinos, un sistema que reúna y acople, en la medida de lo posible, todos aquellos métodos (físicos, químicos, biológicos, naturales, biológicos, etc) comúnmente usados para el control plagas y enfermedades, esta es la propuesta que aporta el sistema con respecto a este tema ya que contiene información al respecto, pero enfocado a los problemas que pasa la papa durante su cultivo, problemas tales como el ataque de plagas y el contagio de enfermedades que merman la calidad del producto.

El sistema informático computacional **Icarus** es, sin duda, una fuente más de consulta, en la que se puede apoyar toda aquella persona que requiera información al respecto. Sin embargo, hay que tomar en cuanto que el sistema, no es un medio clásico para la transmisión de información, es un sistema informático computacional interactivo, lleno de imágenes, texto,

hipertexto, sonidos, etc., que sin duda, acapara la atención del usuario y hace mucho más amena y fácil la consulta de información.

Esta es una gran ventaja con respecto a otros medios, como por ejemplo los impresos; en la que se incluyen libros, revistas, folletos, entre otros. Cualquier cómico sobresaliente sabe (o debería saber) que lo importante no es el chiste, si no la forma de contarlo. Ese es el punto fuerte de multimedia y lo que distingue a este sistema de otros medios tradicionales como los libros y la televisión. Multimedia cuenta las mismas historias y los mismos hechos, pero lo hace de manera diferente. Este sistema puede hacer que factores mundanos sean emocionantes o que una excelente acción resulte aburrida. Utilizar multimedia no siempre significa mejorar la presentación. Al igual que las bromas, el éxito depende en gran medida de quien las cuente.

El desarrollo de *Icarus* no fue del todo fácil, como se menciona anteriormente, la escasez de información fue una limitante importante para el desarrollo del sistema (aunque, desde luego, nunca hay demasiada información para cualquier tema). Fue necesario entonces, una búsqueda, selección y sistematización de la información recopilada. Por otro lado, fue necesario la creación y digitalización de imágenes que se considerarían podrían ser incluidas en el sistema, además de la creación y edición de archivos de sonido y algunos archivos de animación, y sobre todo el texto.

Es importante mencionar que el trabajo en la integración de medios dentro de un sistema multimedia, no es solo digitalizar imágenes, cortar y pegar texto, grabar sonidos y videos, etc. Hay un gran trabajo detrás de la conjunción de cada uno de los medios, el caso de las imágenes, por ejemplo, después de digitalizar hay que retocar, eliminar, defectos de la misma imagen, hacer un balance de color, cambiar formato, entre otros; esto es en el mejor de los casos, ya que la imagen existe, pero en ocasiones hay que empezar de cero y la creación de una imagen puede tardar desde un día hasta una semana. En el texto por ejemplo, hay que tratar de condensar lo más posible para que el sistema no sea de aquellos que solo ver la cantidad de texto que tienen, den ganas de mejor leer un libro (que en principio no sería grave).

Un punto importante en cuanto al sistema, son los usuarios potenciales. Un primer grupo de usuarios a cautivar sería a todas aquellas personas que tengan que ver con la producción de, ya sea a nivel industrial, local, o incluso para uso domestico, ya que les proporciona información importante con respecto a las plagas y enfermedades más comunes que atacan al cultivo de papa, incluyendo por su puesto, las medidas de control para cada uno de los casos problema a los que se enfrenta durante el cultivo. Cabe mencionar que las plagas y enfermedades que se mencionan en le sistema son las más frecuentes a nivel nacional.

Por otra parte, el programa podría resultar útil a todos aquellos estudiantes de biología y agronomía cuyas investigaciones estuvieran enfocadas al control de plagas, enfermedades y cultivo de hortalizas; sobre todo el de papa. Con esto el estudiante contaría con un medio más pde información, que le ayudase en determinado momento a adquirir nuevos conocimientos de manera más amena e interactiva.

Otra posibilidad de uso, son todas aquellas instituciones educativas, privadas y de gobierno, que difundan conocimiento de tipo biológico a sus alumnos. Es importante mencionar en este punto, que la información dentro de *Icarus*, se trato de hacer lo menso técnica posible, para que toda aquella persona con un conocimiento mediano en biología lo pudiese consultar y sobre todo comprender.

Las posibilidades de difundir el sistema son muchas y variadas. Una de las principales es la difusión mediante unidades de CD-ROM, el sistema, una vez en el CD, se podría instalar en la computadora de la persona y/o institución que adquiriera el programa. La difusión vía Internet es otra alternativa para el programa, este medio sería el que le daría mayor difusión al sistema, contando con la posibilidad de ser consultado por millones de personas en todas partes del mundo.

Una última posibilidad de difusión, y no menos importante, es la distribución del sistema en "papel", con formato de folleto. Esto es, la mayor parte de la información del sistema se encuentra plasmada en este trabajo de tesis, luego entonces, aquella persona que no contara con la posibilidad de adquirir el CD-ROM o consultarlo vía Internet, podría tener acceso a la información consultando el capítulo de "Aspectos biológicos".

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

- El control integrado de plagas puede convertirse en realidad si varios componentes tecnológicos son adoptados por los agricultores y son combinados y adaptados de acuerdo a sus propias condiciones y necesidades. Se requiere de investigación y extensión interdisciplinaria para promover a los agricultores con mejores componentes que les permitan tener un control efectivo de plagas y enfermedades. Bajo este enfoque, **Icarus** aporta su grano de arena para seguir promoviendo un control integrado de plagas, sobre todo en lo que se refiere al cultivo de papa en México y a las plagas que comúnmente lo atacan.
- **Icarus** es un sistema con una forma diferente de mostrar información y transmitir conocimiento de tipo biológico, con características que lo hacen fácil de usar, ameno y sobre todo interactivo. Aportando información importante referente al cultivo de papa en México y el control de plagas y enfermedades que atacan a esta. Esto le da una trascendencia realmente importante debido a que le da un giro a las formas tradicionales de transmitir información, sobre todo con el auge que tienen las computadoras en nuestro tiempo.
- Para que **Icarus** cumpla con su función principal, transmitir información de tipo biológica a todas aquellas personas que así lo requieran, La difusión del sistema es uno de los puntos importantes a considerar; ya que esta se puede hacer de diferentes formas y medios (aun cuando el principal sea vía PC). Luego entonces, se ha pensado desde la difusión en papel (en forma de folleto), para todas aquellas personas, organizaciones, centros de enseñanza, etc., que no cuenten con una computadora, hasta en CD-ROM u hoja electrónica.
- El gran avance que ha tenido la computación en nuestros días y su cada vez mayor penetración en la educación, industria, medicina, ciencias, etc., ha hecho posible en gran medida la realización de este sistema; aunado a los recursos tecnológicos que van aparejados con esta. Esto nos da la posibilidad no solo de disponer y manejar determinados medios, sino también de integrarlos de tal forma que se conviertan en una forma distinta de dar a conocer información.
- Gracias a la participación de un grupo multidisciplinario, de áreas tales como la computación, fitopatología, diseño, y por supuesto biólogos, se desarrollo el sistema informático computacional **Icarus**. La participación de cada uno de los expertos en su área dio forma al sistema, logrando con esto un producto versátil, interactivo y de calidad. El desarrollo de un sistema computacional requiere de ciertos pasos para que este se pueda lograr. Pasos tales como la sistematización, selección de información y su depuración, diseño de la interfase de usuario, etc. El trabajo pues, entre diferentes profesionales enriquece más aun la información obteniendo resultados con una mayor aplicación.

Bibliografía

1. AgrEvo. "Manejo integrado de tizón tardío". Ed. AgrEvo. México. 8 págs.
2. Agrios, G. N. (1995). "Fitopatología". Ed. Limusa S.A. de C.V. México. 808 Págs.
3. Bayer® (1984). "Manual fitosanitario de la papa". Ediciones Bayer de México. S.A. de C.V. México. 29 Págs.
4. Bayer® (1991). "Manual para la protección de la papa". Ediciones Bayer de México S.A. de C.V. México. 39 Págs.
5. Bahena, T. P. A. (1999). "Fluidiza, desarrollo de un sistema computacional multimedia para explicar el proceso de fluidización aplicado a farmacia industrial". Tesis de licenciatura, Q.F.B. F.E.S. Cuatitlán. U.N.A.M. México. pp. 50-72.
6. Bovey, R. (1989). "La defensa de las plantas cultivadas". Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 39-72.
7. Cadena, H. A. (1974). "Estudio sobre la *punta morada* de la papa, en México". Colegio de posgraduados. Chapingo, México. pp. 4-12.
8. Centro Internacional de la Papa (1996). "Principales nematodos e insectos de la papa". Unidad de comunicaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 111 Págs.
9. "Controlling vegetable pest" Ortho books (1991). Cheuran Chemical Company. San Ramon E.U. pp 117-137.
10. Christie, J. R. (1986). "Nematodos de los vegetales". Ed. Limusa. México. pp. 2-3.

11. De la isla, L. (1994). "Fitopatología". Ed. Limusa, S.A. de C.V. México. 375 Págs.
12. Domínguez, G., Tejero F. (1981) "Plagas y enfermedades de las plantas". Mundi-Prensa. Madrid España. pp. 381-389.
13. Domínguez, G. F. (1989). "Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas". Mundi prensa. Madrid, España. pp. 25-27.
14. Dupont®. "Curzate® M-8, el fungicida sistémico especial para controlar el tizón tardío". Departamento de productos agrícolas. México.
15. E. Rich. A. (1983). "Potato diseases". Academic Press. New York. E.U.A. pp. 27-81.
16. Ferrer, S. T. (2000). "Criterios generales para la elaboración de un manual de calidad para la industria farmacéutica, en ambiente multimedia". Tesina de especialidad en procesos farmacéuticos. F.E.S. Zaragoza. U.N.A.M. México. pp. 78-95.
17. Fichter G. S. (1993). "Plagas de insectos". Trillas. México. pp. 4-27.
18. Frater, H. Paulissen, D. (1994). "El gran libro de multimedia". Ed. Marcombo. Barcelona España. pp. 25-31.
19. Franco, J. (1986) "Nematodos del quiste de la Papa" Boletín de Información Técnica 9. Departamento de Capacitación y Comunicaciones del CIP. Lima, Perú. 19 págs.
20. Guzmán, A. A. (1995). "Control químico de la costra negra (*Rhizoctonia solani* Kühn) y roña polvorienta (*Spongospora subterranea* Wallr) de la papa, en Almoloya Hidalgo". Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 4-20.

21. Huamán, Z. (1980) "Botánica sistemática y morfología de la papa". Boletín de información técnica 6. Centro Internacional de la Papa. Lima,, Perú. 20 Págs.
22. <http://lukasnet.com/pyme/papa.htm>
23. <http://uxmccl.iimas.UNAM.mx/~scoria/papamex/invpapa.html>
24. <http://www.nyscies.cornell.edu/ent/hortcrops/spanish/eblight.htm>
25. <http://www.infoagro.cr/tecnología/papa/enfermedades-papa.htm>
26. <http://www.infoagro.cr/tecnología/papa/practicas-papa.htm>
27. <http://www.infoagro.cr/tecnología/papa/plagas-papa.htm>
28. <http://200.9.33.130/fichaprocesopapa.htm>
29. <http://www.cgiar.org/cip/espanol/espanol.htm>
30. http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/centro_origen_papa.html
31. http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/carateristicas_papa.html
32. http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/organo_consumo_papa.HTML
33. http://www.scc.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/papa/diveresidad_papa.htm
34. <http://www.vwr-mexico.com/meta12/manejo.htm>

35. <http://www.CATIE.ac.cr/información/rmip/rmip52/tc52.htm>
36. <http://www.fao.org/noticias/1998/ipm-5.htm>
37. Jatala, P. (1986). "Nematodos parásitos de la papa". Centro Internacional de la Papa. Lima. Perú. 19 Págs.
38. Jayasinghe, S. U. (1988). "El virus del enrollamiento de la hoja de la papa". Boletín de información técnica 22. departamento de capacitación y comunicación del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú. 19 Págs.
39. Jiménez, D. J. R. (1998). "Manual de buenas practicas de manufactura en un sistema multimedia". Tesis de licenciatura, Q.F.B. F.E.S. Cuatitlán. U.N.A.M. México. pp. 87-95.
40. Kaufmann, L., F. J. (1990). "Conozca multimedia". Noriega editores. México. pp. 14. 29-40.
41. Manuales para la educación agropecuaria (1996). "Horticultura". Ed. Trillas. México. 112 Págs.
42. Manuales para la educación agropecuaria (1995). "Papas". Ed. Trillas. México. 54 Págs.
43. Martin C.; Edward, R. (1985). "La marchitez bacteriana de la papa". Boletín de información técnica 8. departamento de capacitación y comunicación del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú. 16 Págs.
44. Mc Gregor R., Gutiérrez O. (1983) "Guía de insectos nocivos para la agricultura en México". De. Alhambra. México. pp. 115-116.

-
45. Metcalf, R. L. (1962). "Insectos destructivos e insectos útiles". Cia. Editorial Continental S.A. de C.V. México. pp. 534-681.

 46. National Academy of Sciences (1992). "Control de plagas de plantas y animales". Tomo 5. Noriega editores. México. pp. 27-33.

 47. National Academy of Sciences (1992). "Control de plagas de plantas y animales". Tomo 6. Noriega editores. México. pp. 461-493.

 48. Raman K.V. (1984). "Estudio de poblaciones de afidos". Departamento de Comunicaciones de capacitación y comunicaciones, Lima, Perú. pp. 3-4.

 49. Rivera, G., P.; Cervantes, S. A.; Landois P. L. (1994). "Multimedia, texto, animación, sonido y video en computadoras personales". Tópicos de investigación y posgrado. III (4): 7-13.

 50. Rosch, W. L. (1995). "Todo sobre multimedia". Prentice Hall Hispanoamérica. México. pp. 3-39

 51. Salazar, L. F. (1995). "Los virus de la papa y su control". Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. pp. 7-21.

 52. Soto, E. J. L. (1994). "Elaboración de un sistema de enseñanza y aprendizaje asistido por computadora para la elaboración de tablas de vida". Tesis de licenciatura, Biología. F.E.S. Zaragoza. U.N.A.M. pp. 33-36.