



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**ORIGEN E IMPORTANCIA DE LA PIERNA  
NEGRA EN LA PAPA**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

**P r e s e n t a :**

**Dolores Leticia Ramírez Escoto**

**México, D. F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO

INTRODUCCION.

### CAPITULO 1. CARACTERISTICAS DE LA PATATA.

- 1.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA
  - 1.1.1 Hojas
  - 1.1.2 Flores y fruto
  - 1.1.3 Semilla
  - 1.1.4 Tallo y raíces
  - 1.1.5 Tubérculos
  
- 1.2 CULTIVO
  - 1.2.1 Temperatura
  - 1.2.2 Humedad
  - 1.2.3 Luz
  - 1.2.4 Suelo
  - 1.2.5 Tratamiento del suelo
  - 1.2.6 Rotación de cultivos
  - 1.2.7 Fertilizantes
  - \*1.2.8 Requerimientos nutritivos
  - 1.2.9 Papa semilla
  - 1.2.10 Siembra
  - 1.2.11 Riego
  - 1.2.12 Recolección o cosecha
  - 1.2.13 Consideraciones generales para la protección fitosanitaria.
  
- 1.3 DESARROLLO DE LA PLANTA

- 1.4 ANATOMIA DE LA PLANTA
  - 1.4.1 Tallo
  - 1.4.2 Tubérculo
  
- 1.5 COMPOSICION QUIMICA DEL TUBERCULO
  
- 1.6 VARIEDADES
  - 1.6.1 Clasificación
  - 1.6.2 Descripción
  - 1.6.3 Métodos de reproducción
  
- 1.7 DAÑOS
  
- 1.8 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE
  - 1.8.1 Temperatura y humedad
  - 1.8.2 Bodegas
  - 1.8.3 Selección, clasificación, limpieza y empaclado
  - 1.8.4 Transporte.

## CAPITULO 2. HISTORIA

- 2.1 HISTORIA DE LA PIERNA NEGRA EN LA PATATA

## CAPITULO 3. TAXONOMIA Y CLASIFICACION DE Erwinia carotovora vora var. atroseptica

- 3.1 TAXONOMIA Y CLASIFICACION
  - 3.1.1 Clasificación

## CAPITULO 4. SINTOMAS DE LA PIERNA NEGRA

- 4.1 DEFINICION
- 4.2 CLASIFICACION

- 4.3 DESCRIPCION DE SINTOMAS
  - 4.3.1 Síntomas secundarios
    - 4.3.1.1 Follaje y hojas
    - 4.3.1.2 Tubérculos aéreos
  - 4.3.2 Síntomas primarios
    - 4.3.2.1 Tallo
    - 4.3.2.2 Tubérculo madre y tubérculos hijos

#### 4.4 EXPLICACION DE SINTOMAS

### CAPITULO 5. CICLO DE LAS ENFERMEDADES

- 5.1 DEFINICION
- 5.2 DESCRIPCION
- 5.3 ENZIMAS
- 5.4 HISTOLOGIA
  - 5.4.1 Xilema
  - 5.4.2 Floema
  - 5.4.3 Corteza
  - 5.4.4 Hojas
  - 5.4.5 Citoplasma y protoplasma

### CAPITULO 6. RELACION MEDIO AMBIENTE - PARASITO

- 6.1 CONDICIONES PREDISPONENTES
- 6.2 TEMPERATURA
- 6.3 HUMEDAD
  - 6.3.1 Relaciones Humedad - Temperatura y Humedad - Anaerobiosis.

- 6.4 DISTRIBUCION GEOGRAFICA, INCIDENCIA Y ESTACIONES DEL - AÑO.
- 6.5 VIABILIDAD DE Erwinia carotovora variedades atroseptica y carotovora
  - 6.5.1 Efecto de la humedad del suelo bajo condiciones de invernadero
    - 6.5.1.2 Efecto de la humedad del suelo bajo condiciones de campo
  - 6.5.2 Supervivencia de las bacterias en el invierno

## CAPITULO 7. RELACION HUESPED - PARASITO

- 7.1 RELACION ENTRE EL MICROORGANISMO PATOGENO Y LOS TEJIDOS DEL HUESPED
  - 7.1.1 Fuente de inóculo
    - 7.1.1.1 Tubérculo madre
  - 7.1.2 Penetración
    - 7.1.2.1 Lenticelas
      - 7.1.2.1.1 Anatomía y morfología de las lenticelas
    - 7.1.2.2 Heridas
- 7.2 MECANISMOS DE DEFENSA Y RESISTENCIA
  - 7.2.1 Definiciones
  - 7.2.2 Mecanismo de defensa
    - 7.2.2.1 Formación de barreras de protección
    - 7.2.2.2 Oxidación de fenoles y polifenoles
    - 7.2.2.3 Fitoalexinas
    - 7.2.2.4 Alcaloides
    - 7.2.2.5 Etileno
    - 7.2.2.6 Protefnas
    - 7.2.2.7 Carbohidratos
- 7.3 VARIEDADES RESISTENTES Y SUSCEPTIBLES AL PIE NEGRO

## CAPITULO 8. FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO

- 8.1 INSECTOS
  - 8.1.1 Orden Díptera
    - 8.1.1.1 Antómidos
    - 8.1.1.2 Drosofilidos
  - 8.1.2 Orden Coleóptera
    - 8.1.2.1 Elatéridos
    - 8.1.2.2 Crisomélicos
    - 8.1.2.3 Escarabeidos
    - 8.1.2.4 Estafilínidos
  - 8.1.3 Orden Hemíptera
    - 8.1.3.1 Afídidos
    - 8.1.3.2 Psílidos
  - 8.1.4 Orden Lepidóptera
    - 8.1.4.1 Gelechiidae
    - 8.1.4.2 Noctuidos
    - 8.1.4.3 Acherontia atropos
  - 8.1.5 Insecticidas
    - 8.1.5.1 Insecticidas por ingestión
    - 8.1.5.2 Insecticidas por asfixia
    - 8.1.5.3 Insecticidas por contacto
    - 8.1.5.4 Insecticidas sistémicos
  
- 8.2 PRACTICAS CULTURALES O DE CULTIVO
  - 8.2.1 Cuchillos utilizados para trocear la papa semilla
  - 8.2.2 Maquinaria
  - 8.2.3 Lavado de los tubérculos cosechados
  - 8.2.4 Almacenamiento

## CAPITULO 9. CONTROL DE LA PIERNA NEGRA

- 9.1 TRATAMIENTO DEL SUELO, ROTACION DE CULTIVOS, FERTILIZANTES Y SIEMBRA



- 9.2 PAPA SEMILLA
- 9.3 IRRIGACION
- 9.4 RECOLECCION
- 9.5 ALMACENAM ENTO Y TRANSPORTE
- 9.6 SANIDAD
  - 9.6.1 Desinfección de la maquinaria
  - 9.6.2 Adaptación de los sistemas de desinfección en el equipo
- 9.7 MANIPUALACION DE LOS TUBERCULOS SEMILLA
- 9.8 VARIEDADES
- 9.9 TRATAMIENTOS QUIMICOS
  - 9.9.1 Tubérculo semilla
  - 9.9.2 Follaje
  - 9.9.3 Características de fungicidas y bactericidas
    - 9.9.3.1 Compuestos de cobre
      - 9.9.3.1.1 Caldo brodelés
    - 9.9.3.2 Compuestos mercúricos
      - 9.9.3.2.1 Cloruro mercúrico
      - 9.9.3.2.2 Organo-mercúricos
    - 9.9.3.3 Compuestos de azufre
      - 9.9.3.3.1 Metaisulfúricos
        - 9.9.3.3.1.1 Thiram
        - 9.9.3.3.1.2 Ferbam y ziram
        - 9.9.3.3.1.3 "Dithane"
        - 9.9.3.3.1.4 Zineb, maneb y mancozeb
    - 9.9.3.4 Compuestos de cloro
      - 9.9.3.4.1 Cloranil
      - 9.9.3.4.2 "Dichlone"
      - 9.9.3.4.3 Captan
      - 9.9.3.4.4 Antibióticos

- 9.9.4 Medidas para garantizar la eficacia de la aplicación de sustancias químicas.

## CAPITULO 10. RELACION DE LA PIERNA NEGRA CON OTRAS ENFERMEDADES Y MICROORGANISMOS

### 10.1 ENFERMEDADES BACTERIANAS

#### 10.1 Bacillus

### 10.2 PUTREFACCION ANULAR

- 10.2.1 Microorganismo causal
- 10.2.2 Síntomas
- 10.2.3 Ciclo de la enfermedad
- 10.2.4 Relación Pierna Negra-Putrefacción Anular
- 10.2.5 Control

### 10.3 PUTREFACCION PARDA O CAFE

- 10.3.1 Microorganismo causal
- 10.3.2 Síntomas
- 10.3.3 Ciclo de la enfermedad
- 10.3.5 Relación Pierna Negra - Putrefacción Parda
- 10.3.6 Control

### 10.4 SARNA COMUN

- 10.4.1 Microorganismos causal
- 10.4.2 Síntomas
- 10.4.3 Ciclo de la enfermedad
- 10.4.4 Condiciones predisponentes
- 10.4.5 Resistencia y susceptibilidad
- 10.4.6 Relación Pierna Negra - Sarna Común
- 10.4.7 Control

## ENFERMEDADES PROVOCADAS POR HONGOS

### 1 .5 TIZON TARDIO

- 10.5.1 Microorganismo causal
- 10.5.2 Síntomas
- 10.5.2 Ciclo de la enfermedad
- 1 .5.4 Condiciones predisponentes
- 10.5.5 Relación Pierna Negra - Tizón Tardío
- 10.5.6 Control

### 10.6 PUTREFACCION ROSADA

- 10.6.1 Microorganismo causal
- 10.6.2 Síntomas
- 10.6.3 Condiciones predisponentes
- 10.6.4 Relación Pierna Negra - Putrefacción Rosada
- 10.6.5 Control

### 10.7 GANGRENA

- 10.7.1 Microorganismo causal
- 10.7.2 Síntomas
- 10.7.3 Condiciones predisponentes
- 10.7.4 Relación Pierna Negra - Gangrena
- 10.7.5 Control

### 10.8 VERTICILOSIS

- 10.8.1 Microorganismo causal
- 10.8.2 Síntomas
- 10.8.3 Condiciones predisponentes
- 10.8.4 Relación Pierna Negra - Verticilosis
- 10.8.5 Control

### 1 .9 FUSARIOSIS

- 10.9.1 Microorganismos causales
- 10.9.2 Síntomas
- 10.9.3 Ciclo de la enfermedad

- 10.9.4 Condiciones predispsonentes
- 10.9.5 Relación Pierna Negra - Fusariosis
- 10.9.6 Control

#### 10.10 PUTREFACCION SECA

- 10.10.1 Microorganismos causales
- 10.10.2 Síntomas
- 10.10.3 Condiciones predisponentes
- 10.10.4 Control

#### 10.11 SARNA NEGRA

- 10.11.1 Microorganismo causal
- 10.11.2 Síntomas
- 10.11.3 Condiciones predisponentes
- 10.11.4 Relación Pierna Negra - Sarna Negra
- 10.11.5 Control

#### ENFERMEDADES VIRALES

- 10.12 ENROLLADO DE LAS HOJAS
- 10.12.1 Microorganismo causal
- 10.12.1 Síntomas
- 10.12.3 Relación Pierna Negra - Erollado de las hojas
- 10.12.4 Control

### CAPITULO 11. MATERIALES Y METODOS

#### 11.1 RECOLECCION Y AISLAMIENTO

#### 11.2 IDENTIFICACION DE Erwinia carotovora var. atroseptica

- 11.2.1 Características bioquímicas
- 11.2.1.1 Tinción de Gram
- 11.2.1.2 Prueba de Hugh & Leifson
- 11.2.1.3 Oxidasa

- 11.2.1.4 Producción de levana
- 11.2.1.5 Putrefacción de discos (rebanadas) de papa
- 11.2.1.6 Crecimiento a 37°C
- 11.2.1.7 Producción de sustancias reductoras de sucrosa
- 11.2.1.8 Producción de ácidos a partir de carbohidratos
  
- 11.2.2 Características serológicas
  
- 11.3 MEDIOS

## CAPITULO 12. IMPORTANCIA DE LA PIERNA NEGRA

COMENTARIOS

BIBLIOGRAFIA

APENDICE

- I. MEDIOS DE CULTIVO
- II. FIGURAS

## INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es describir las posibles causas de la enfermedad llamada pierna negra o pie negro en la patata, su origen, importancia y métodos aplicados para su control.

La pierna o pie negro es una putrefacción causada por Erwinia carotovora var. atroseptica en las papas y está considerada como enfermedad que causa pérdidas al cultivo en el campo o durante el almacenamiento.

Es posible que el tubérculo utilizado como semilla también denominado como la "papa semilla" o el "tubérculo madre" esté deteriorado al momento de la siembra o se infecte después de la misma.

El microorganismo patógeno puede ser localizado en la papa semilla y en el suelo, y generalmente penetra a los trozos semilla a través de heridas causadas por la larva de insectos, quemadas producidas por fertilizante, heladas, magullas duras o lesiones causadas por otras bacterias patógenas u hongos.

Los factores mas importantes que favorecen la infección son la temperatura y la humedad. En el suelo, las condiciones óptimas para el microorganismo patógeno son la temperatura baja y la humedad alta pero nada favorables para la planta infectada, ya que disminuyen el crecimiento normal y previenen la formación de un tejido protector que limitaría la diseminación de la infección.

El control de esta enfermedad puede ser efectivo - usando semilla sana, llevando a cabo prácticas sanitarias, rotación de cultivos, sembrando en lugares bien irrigados, previniendo cualquier clase de heridas o enfermedades que puedan permitir la entrada del microorganismo patógeno, variedades resistentes, tratamiento de la semilla y condiciones de almacenamiento adecuadas para los tubérculos recién cosechados y cortes de papa que puedan ser cosechados de inmediato.

## CAPITULO 1

## CARACTERISTICAS DE LA PATATA

La patata o papa se considera una Hortaliza ya que está constituida por una planta herbácea de la cual se utiliza al tubérculo como alimento natural.

## 1.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA

La planta de la patata presenta la siguiente taxonomía: Orden Solanales, Familia Solanácea, Género Solanum, Especie tuberosum.

Es una planta dicotiledónea herbácea que alcanza de 61 a 92 cm. de altura pero llega a medir 183 cm.

Las células o unidades morfológicas del cuerpo pluricelular de la planta, se asocian de distintas maneras formando masas coherentes o tejidos. Las dicotiledóneas se componen de tres sistemas de tejidos<sup>166</sup>: el dérmico, el vascular y el fundamental. El sistema dérmico forma la envoltura protectora exterior de la planta y está representado en el cuerpo primario de la planta por la Epidermis. Durante el crecimiento secundario, la epidermis puede ser sustituida por otro sistema dérmico, la peridermis, con células de corcho o súber formado un nuevo tejido protector. El sistema vascular se compone de dos tejidos conductores, el floema y el xilema. El sistema de tejidos fundamentales incluye los demás tejidos que no forman parte de los sistemas dérmico y fundamental. Entre éstos se tienen: el parénquima, el colénquima y el esclerénquima.

Los tres órganos vegetativos, raíz, tallo y hojas, se



distinguen en la distribución de los tejidos vascular y fundamental. El sistema vascular del tallo ocupa una posición limitada entre la epidermis y el centro del eje. Tal disposición deja un tejido fundamental, el córtex, entre la epidermis y la región vascular, y la médula, en el centro del tallo.

Los tres sistemas de tejidos del cuerpo primario derivan de los meristemos apicales; es decir, del tejido embrionario no diferenciado, formado por células que conservan la capacidad de división.

**Epidermis.**- Tejido primario que procede de las células superficiales del meristemo apical. Envuelve parcial o totalmente el cuerpo de la planta. Protege contra la pérdida excesiva de agua, a la vez que permite el intercambio de ciertas sustancias. Las células epidérmicas varían de forma, pero a menudo son tabulares. Otras células epidérmicas son las células de los estomas y varios pelos o tricomas, incluyendo los pelos radicales. La característica más importante de las células epidérmicas de las partes aéreas de la planta es la presencia de la cutícula en la membrana externa. En los tallos y raíces con crecimiento secundario la epidermis es substituída por la epidermis.

**Peridermis.**- Conjunto del felógeno, súber y felodermis. Recubre los órganos vegetales dorados de crecimiento en grosor y substituye a la epidermis. Las células suberosas (corcho) son de forma tabular, dispuestas de manera compacta, carecen de protoplasma en la madurez y tienen paredes suberificadas.

**Parénquima.**- Tejido vegetal modificado de células vivas, por lo común de membranas delgadas. Deriva del meristemo y existen diferentes tipos: clorofílico, protector, aerífero,-

acuifero y de reserva. Este último es el más importante para la planta de papa. El parénquima de reserva se encarga de almacenar carbohidratos y otras sustancias metabolizables en el tubérculo.

Las células parenquimáticas son de origen primario en el córtex, la médula y las hojas y de origen primario o secundario en los tejidos vasculares. Son de formas variadas, a menudo poliédricas, pudiendo ser también estrelladas o alargadas. Al parénquima incumbe la fotosíntesis, el almacenamiento de sustancias y la cicatrización de heridas.

Colénquima.- Tejido de sostén de las plantas jóvenes y en pleno desarrollo; se le considera como una forma de parénquima especializado. La forma de las células varía desde la prismática a la muy alargada.

Esclerénquima.- Tejido mecánico o de sostén de las plantas en los órganos ya desarrollados. Las células esclerenquimáticas pueden formar masas continuas o presentarse en grupos pequeños. Tienen paredes gruesas. Se distinguen dos formas de células: esclereidas y fibras. Las esclereidas pueden variar de forma desde la poliédrica hasta la alargada y las fibras son largas y delgadas.

Xilema.- Las células del xilema forman un tejido estructural y funcionalmente complejo, el cual asociado al floema, se extiende de manera continua por todo el cuerpo de la planta. Tiene por misión la conducción del agua, el almacenamiento y el soporte. Puede ser de origen primario o secundario. Las células conductoras del agua son las traqueidas y los miembros de los vasos; estos miembros están unidos por los extremos formando los vasos. El almacenamiento se presenta en las células parenquimáticas.

Floema.- Las células del floema constituyen un tejido complejo, que se presenta a lo largo de la planta junto con el xilema, pudiendo ser de origen primario y secundario. Sus funciones son: transporte y almacenamiento de sustancias nutritivas y posee elementos de sostén. Las principales células conductoras son las cribosas y los miembros de los tubos cribosos.

1.1.1 HOJAS.- Se denominan pinadas o compuestas, están constituidas por segmentos ovales, la vena central de las hojas es el peciólulo, el cual está unido al eje central o raquis y éste a su vez al tallo principal de la planta. Tiene una hoja terminal unida al eje central, de tres a cinco pares de folíolos (hojas que forman una hoja compuesta) o limbos a ambos lados del mismo y hojillas intercaladas entre los pares, el tamaño tanto de los folíolos como de las hojillas disminuye conforme se acercan al tallo, de mayor a menor se llaman primarios, secundarios y terciarios respectivamente.<sup>65</sup>

Las diversas variedades de papa se distinguen por el tipo, forma, distribución y tono de verde de las hojas. Se clasifican en abiertas y compactas de acuerdo al tipo de folíolos, los cuales se pueden encontrar unos cercanos a otros, sobrepuestos o muy espaciados a lo largo del raquis.<sup>65</sup>

1.1.2 FLORES Y FRUTO.- La cantidad de flores varía con la estación, el cultivar y el clima; los húmedos y frescos favorecen su desarrollo. Son de color blanco, rosa y lila pálidos, éste es un factor determinante en la variedad (Fig. 1). El tallo de la flor se origina en la unión del tallo principal y el raquis, aunque en algunas ocasiones proviene del peciólulo o del tallo principal; es posible clasificar a las variedades de la patata en base a la posición del tallo de las flores. La corola es de forma acampanada, pentalobulada, tiene cinco estambres incertados en el tubo de la misma que convergen alrede

dor del pistilo y forman un cono central amarillo denominado -  
cáliz; los estambres contienen las anteras, las cuales desprenden el polen<sup>65</sup>.

La fecundación del huevo determina el desarrollo de una semilla a partir del óvulo y de un FRUTO a partir del ovario ya que el estilo y estigma se secan después de la polinización. El fruto de la planta de la patata puede ser partenocárpico, es decir, la formación del fruto se presenta sin desarrollo de la semilla y sin fecundación. Se clasifica en:

1.1.2.1 Sincárpico.- Ya que proviene de flores muy modificadas cuyos carpelos están unidos desde la base hasta el ápice y forman un gineceo con un solo ovario, estilo y estigma.

1.1.2.2 Epiclamídeo.- Porque es un fruto libre o flor hipogina<sup>42</sup>.

1.1.3 SEMILLA.- La semilla de Solanum tuberosum es similar a la del tomate, cuyo diámetro es de 1.9 a 3.17 cm. El fruto de la mayoría de las variedades contiene semilla viable especialmente en los cultivares Sebago y Russet Rural<sup>65</sup>.

1.1.4 TALLO Y RAICES.- El tallo es ramificado, anguloso, engrosado en los nudos, el diámetro mide de 1.27 a 3.17 cm. De acuerdo a su forma se clasifican en:

1.1.4.1 Redondos.- Tallos pequeños con superficie lisa, casi totalmente redondos con ramificaciones cortas y anchas.

1.1.4.2 Tipo "Alas".- Tallos con superficie rugosa, ramificaciones largas y delgadas, las cuales son rectas o un poco onduladas<sup>65</sup>.

Consta de tallo vegetativo aéreo y subterráneo, este último es denominado "estolón", que al igual que las hojas crece en forma alterna y cuya terminación adquiere un aspecto modificado ya que se ensancha y acumula sustancias de reserva -- formándose alrededor de 20 tubérculos por planta.

Las raíces de la planta son largas y finas, alcanzan una longitud de 20.82 cm., las prolongaciones laterales miden 7.62 cm. como máximo dependiendo de la humedad de la tierra y carácter del subsuelo<sup>65</sup>.

1.1.5 TUBERCULOS.- Los tubérculos nacen en la parte terminal de los estolones y algunas veces en la parte media de los mismos o pegados al tallo principal. Están provistos de yemas u ojos los cuales son capaces de germinar para dar una nueva planta; los ojos se encuentran en la superficie del tubérculo, indicando su tendencia fototrópica ya que se desarrollan en dirección de la luz. La yema apical es la que se desarrolla primero dominando el crecimiento de las demás yemas en el tubérculo madre; la destrucción de dicha yema ocasiona aumento en el número de estolones provenientes de la papa madre<sup>65</sup>.

La patata posee de fuera hacia adentro una piel suberificada de color ocre claro hasta morado oscuro, una corteza delgada de células amilíferas y una pulpa o parte comestible que va de blanco a amarillo o a morado. Los tubérculos son de forma y tamaño variables pero su peso aproximado es de 100 gr. (Fig. 2)<sup>65</sup>.

## 1.2 CULTIVO

La patata, por su disponibilidad de variedades seleccionadas y por su adaptabilidad a los más diversos ambientes, se puede cultivar prácticamente en todas partes, es decir, des

de el nivel del mar hasta 1500 m. de altitud, no olvidando que es afectada por las temperaturas altas y la sequedad; se desarrolla satisfactoriamente en los climas templados con humedad moderada pero constante<sup>65</sup>.

1.2.1 TEMPERATURA.- No debe exceder de 21.1°C cuando se siembra. El clima define el rendimiento del cultivo; el período crítico en la ontogenia de la planta se presenta 6 semanas después de la siembra, es decir cuando los tubérculos empiezan a brotar. Los climas cálidos dan como resultado folíolos más pequeños y angostos, mientras que los húmedos producen tubérculos muy redondos.

1.2.2 HUMEDAD.- La irrigación debe ser distribuida equivalentemente en todo el cultivo, está en función del tipo de terreno y estación del año. El crecimiento ótimo se logra suministrando 2.54 cm<sup>3</sup>. de agua por semana. Sin embargo, la planta puede soportar hasta un promedio de 38.1 a 43.1 cm<sup>3</sup>. de agua por cosecha. Se producen 192 y 80 arbustos /acre en las tierras bien irrigadas y con déficit de irrigación respectivamente<sup>65</sup>.

Los agricultores utilizan el color de la planta como parámetro para detectar la deficiencia de agua, el azul-verdoso oscuro indica lo anterior.

Los surcos de los terrenos arenosos son más angostos y superficiales que en los pedregosos.

El nivel de agua se debe mantener abajo de los trozos semilla o a la altura de la progenie, de lo contrario, los tubérculos contendrán humedad alta y lenticelas grandes. El número de estolones depende de este factor.

La deficiencia de la irrigación afecta tanto a la planta como a los tubérculos, mientras que la sobre-irrigación produce reducción de la cosecha, incremento de magulladuras y deterioro de la cáscara. La irrigación se debe interrumpir dos semanas antes de la cosecha.

1.2.3 LUZ.- La luz es otro factor importante en el desarrollo de la planta; la longitud de los días provoca los efectos siguientes:

Días largos: (Se consideran días largos cuando el período de la luz va de 10 a 12 hrs.). Afectan la elongación del tallo presentándose estolones largos, ramificados y numerosos. Incremento de la cantidad de carbohidratos y, como la formación de los tubérculos está en función de los carbohidratos que quedan en exceso después de que la planta ha utilizado los necesarios para su crecimiento y respiración, por consecuencia hay mayor rendimiento pero calidad pobre. Retardan la maduración<sup>65</sup>.

Días cortos: Se producen plantas con hojas terminales gigantes, menor rendimiento de los tubérculos pero calidad superior. Favorecen la maduración por lo que se concluye que son más eficientes para la producción de tubérculos. Según Garner y Allard (1923), Tincker (1925), Werner (1940), y Meeleland (1928) y Hackbord (1935), las variedades de maduración temprana son favorecidas por los días largos y las de maduración tardía por los días cortos<sup>65</sup>.

La intensidad de la luz afecta la predisposición de la planta a la putrefacción. Si se exponen al sol los cortes de papa semilla durante algunas horas, se incrementa la descom

posición de los mismos; ésto se debe a que los rayos ultra violeta y los gamma inhiben la suberización de la médula cortada<sup>170</sup>

1.2.4 SUELO.- El suelo o terreno donde se siembra patata debe presentar las siguientes propiedades: suelto (tierra de estructura fina), ligeramente arcilloso y turboso, bastante arenoso, estercolado, oroso, desmenuzable, profundo, permeable, fresco, de buena aereación y rico en sustancia orgánica humidificada; - estos tipos de suelos se cultivan con facilidad y benefician -- el desarrollo de los tubérculos. Los terrenos con estiércol -- producen variedades con mayor cantidad de nitritos que los arcillosos, mientras que los mejores rendimientos se proporcionan en los suelos arcilloso-arenosos con tierra suelta, de estructura fina cuyo diámetro es inferior a 2 mm.

El rendimiento del cultivo está en función del tipo de suelo y de la variedad de la patata.

Las propiedades químicas del suelo más favorables para el cultivo son:

pH	N <sub>2</sub>	materia orgánica (%)	P disponible (Kg/Ha)	Ca disponible (Kg/Ha)	K intercambiable (m.e./100g)	Na intercambiable (m.e./100g)
4.8-5.4	0.13	2.29	50	11	1.07	0.58
5.4-7.7						

La acidez o alcalinidad del suelo influyen en el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo. Según Smith (1937 -- 1938) la patata es el vegetal que tolera más acidez en la tierra. La planta se desarrolla satisfactoriamente cuando el pH del suelo está entre 4.8 y 5.4, correspondiendo al rendimiento óptimo entre 5.2 y 5.4. Los tubérculos incrementan el conteni-



do de almidón en el rango 5.4 a 6.5; el cultivo presenta sarna de la patata a pH de 5.8 a 6.8. Las plantas que crecen en tierras alcalinas contienen pocos tubérculos, hay reducción de su tamaño y, por consiguiente, muy bajos rendimientos. Es recomendable agregar fertilizantes neutros y ácidos cuando se siembra en tierras con pH 4.9 - 5.3 y 6.4 - 5.8 respectivamente.

1.2.5 TRATAMIENTO DEL SUELO.- La productividad de la patata - está relacionada con el tratamiento del terreno previo a la siembra, el cual involucra los sgts. pasos<sup>96</sup>:

1.2.5.1 Mantenimiento del suelo.- Esta labor cultural se inicia en la preparación de los terrenos tomándose en cuenta el tipo de suelo. Las labores realizadas para mantener al suelo son: desfonde, escarda, rastrillado y cava.

1.2.5.1.1 Desfonde.- Labor de preparación que se verifica en terrenos que nunca han sido cultivados. Se realiza con una estación de anticipación y consiste en que los materiales profundos son llevados a la superficie y permanecen expuestos a los agentes atmosféricos durante el tiempo necesario para que el terreno asuma estructura grumosa y adquiera los principios nutritivos para ser asimilados por la planta; sirve para eliminar las piedras y guijarros. El suelo debe laborarse cuando está en "tempero", o sea cuando la humedad es tal que ni forma pasta ni está resbaloso.

1.2.5.1.2 Escarda.- Labor ligera que tiene por objeto mantener blanda y libre de hierbas infestantes a la capa superficial del suelo; limita la evaporación del agua del suelo, permite la circulación del aire, la acumulación del calor durante el día y de la humedad durante la noche y favorece la absorción del agua.

1.2.5.1.3 Rastrillado.- Hace uniforme la superficie del suelo destinada a la siembra, disminuye el tamaño de los terrones después de la cava.

1.2.5.1.4 Cava.- Se limita a romper una capa ligera del terreno, sin deshacer los terrones, se efectúa principalmente para romper la costra superficial y para extirpar las hierbas infestantes.

1.2.5.2 Fertilización del suelo.- Técnica de enmienda del suelo cuyo objetivo es incrementar la productividad del cultivo.- Se llevan a cabo programas de fertilización que consisten en agregar abonos, correctivos adecuados y aporte de sustancia orgánica. El abonado requiere una buena preparación del suelo, la eliminación de malas hierbas y, a menudo, el empleo de fungicidas e insecticidas. Se define como materia orgánica a los restos de las plantas incorporadas al suelo, su porcentaje varía dependiendo de los tipos de suelos: los suelos minerales contienen de 1 a 5%, los suelos estercolados del 40 al 50%, la tierra de moldeo (arcilla + arena + materia orgánica humidificada) de 1.5 a 3.5%. Dicha materia es la fuente principal del humus de la tierra, a partir del cual la planta obtiene parte de su nitrógeno. Las funciones de la materia orgánica en el suelo son: mantener estables el abastecimiento de  $N_2$ , la porosidad y la aereación de la tierra, así como reducir la erosión. De acuerdo a Grantham, Millar y Nick (1939), el contenido de la materia orgánica en el cultivo de la patata se incrementa si se siembra después de la alfalfa, del trébol del campo y -- trébol de olor (sweet clover).

1.2.6 ROTACION DE CULTIVOS.- Se entiende por rotación, la sucesión de cultivos en la misma tierra por algunos años, esto es con el objeto de aprovechar la fertilidad residual o favorecer la acumulación de fertilidad nueva. Los factores que la -

afectan son: tipo de suelo, lluvias, topografía y prácticas culturales. Exhibe las siguientes ventajas: ayuda a la conservación de la materia orgánica y al control de las enfermedades provenientes del suelo y de las hierbas producidas por los insectos, entre los que se encuentran la larva del escarabajo -- del trigo y los gorgojos; se favorece la conservación del suelo, por la lucha contra la erosión, es decir, evitar la "esterilidad del terreno" ya que es un fenómeno caracterizado por el empobrecimiento en principios nutritivos y la acumulación de sustancias de desecho; presencia de óptimos rendimientos por la constancia de trabajo para los agricultores. Entre las desventajas de la rotación tenemos: mayor dificultad del control de los insectos y se tiene la necesidad de la utilización de campos con tierra muy pesada para el cultivo.

Según Dykstra (1948)<sup>65</sup> la patata se debe rotar con -- cultivos no susceptibles y que crezcan en un pH similar a ella, entre éstos se tienen a la alfalfa y al trébol de olor (Melilotus officinalis) y ambos preceden a su siembra. También se rota con cultivos que dejen gran cantidad de materia orgánica en el terreno. Es inconveniente rotar con árboles frutales y con col debido a la dificultad de controlar las enfermedades de la raíz de la col y la sarna de la papa, ya que la cal añadida -- para el control de la primera agrava la lucha contra la sarna. El siguiente esquema de rotación provee las condiciones óptimas (porcentaje mínimo de sarna, alto nivel de fertilización y nitrógeno en la tierra) para la siembra de patata:

Duración de la rotación: 6 años

- 10.- Patata
- 20.- Azúcar, remolacha, maíz, frijol o jitomate.
- 30.- Cebada o chícharos para enlatar
- 40.- Alfalfa

5o.- Alfalfa

6o.- Alfalfa

1.2.7 FERTILIZANTES.- Los fertilizantes para el cultivo de la patata se clasifican de la siguiente manera<sup>65,102</sup>:

1.2.7.1 Fertilizantes fisiológicamente alcalinos.- Son correctores de los suelos ácidos (óptimos para la siembra de los tubérculos):  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}_2\text{NO}_3$  y cianamida cálcica.

1.2.7.2 Fertilizantes minerales.- Se clasifican de acuerdo al elemento que aportan en mayor proporción.

1.2.7.2.1 Fertilizantes nitrogenados:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ , cianamida cálcica,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Los dos últimos no son prácticos porque incrementan la acidez de la tierra y favorecen la sarna.

1.2.7.2.2 Fertilizantes calcáreos: Correctivos a base de calcio entre los que están la cianamida cálcica, superfosfatos -- y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

1.2.7.2.3 Fertilizantes complejos: Para el cultivo de la patata se usan los Binarios, es decir contienen dos elementos -- fertilizantes: fosfopotásicos. Las ventajas de estos fertilizantes se resumen: obtención de abono completo y equilibrado -- con un solo suministro; uniformidad de distribución gracias a la forma granular en que están preparados; ninguna interferencia con el pH del suelo ya que la reacción de estos productos es neutra; posibilidad de mezcla con otros productos, lo cual no es posible con fertilizantes no neutros (dan origen a sales).

1.2.7.2.4 Fertilizantes fosfóricos: Fosforita y apatito, su--

perfosfatos minerales (correctores de terrenos alcalinos por su contenido en  $\text{Ca SC}_4$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

1.2.7.2.5 Fertilizantes Potásicos:  $\text{KCl}$  (sal soluble de uso inmediato, contiene  $\text{K}_2\text{O}$ , es fisiológicamente alcalino), salino - potásico (fisiológicamente alcalino y contiene  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ , -  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (contiene  $\text{K}_2\text{O}$  asimilable y S). En presencia de este último el contenido de almidón es mayor y hay formación de tubérculos con cáscara más suave.

1.2.7.2.6 Fertilizantes orgánicos: Su función principal es el aporte de principios nutritivos, tienen gran capacidad de enriquecer al suelo de Humus y fijar las sustancias nutritivas solubles. Entre los ejemplos más comunes están el estiércol, las harinas de pescado y las harinas de sangre. El primero es el más común para la siembra de la patata por ser una fuente abundante de nutrientes e incrementar su rendimiento; su composición química muestra un contenido elevado de  $\text{H}_2$  y K y una dosis moderada de P; se aplica alrededor de los tubérculos (5.08 a 7.62 cms.) y debe distribuirse con las labores preparatorias del terreno y posteriormente en las hojas hasta la recolección. Tanto el  $\text{N}_2$ , P y K aportados por el estiércol son suficientes para satisfacer las exigencias de los tubérculos y de la raíz. Es recomendable agregarlo uno o dos años antes de la siembra, porque es un fertilizante de efecto retardado, el cual presenta su efecto máximo al término del primer año. Después de la siembra, debe distribuirse abono nitrogenado seguido de fertilizante complejo fosfopotásico en la fase que precede y sigue a la floración (dos meses y medio después de haber sembrado), con el fin de favorecer la acumulación de sustancias de reserva en los tubérculos<sup>102</sup>.

Las harinas de pescado proporcionan P y una porcentaje de  $\text{N}_2$ . Las harinas de sangre contienen 12% de  $\text{N}_2$ , 1% de --

$P_2O_5$  y 0.9% de K.

La cantidad de fertilizante varía dependiendo del tipo que se trate: (qm/Ha) estiércol 400 a 500; fosfóricos 4-8; nitrogenados 2-5; potásicos 2-4; compeljos 4-6. Los factores siguientes también influyen: lluvias, tipo de terreno y rotación de cultivos. En los lugares muy lluviosos, la fertilización es constante y abundante. Las aplicaciones innecesarias de fertilizante ocasionan la acumulación de K.

Los nutrientes que se aportan con los fertilizantes son: (Kg/Ha)

$N_2$	$P_2O_5$	$K_2O$
149	209	268

1.2.7.3 Recomendaciones de Fertilización<sup>134</sup>.- Ricardo Ramirez propone las siguientes recomendaciones tentativas para la fertilización de la papa, bajo las diferentes condiciones del suelo existentes en la región de León, Gto. Las necesidades de fertilización de las siembras de papa después de maíz o alfalfa, difieren en que las últimas requieren menos nitrógeno. En los suelos que no han sido fertilizados ni estercolados, se sugiere el uso de una proporción más alta de fósforo y la inclusión de potasio. En los suelos estercolados se debe tomar en cuenta que durante el almacenamiento del estiércol hay pérdidas del nitrógeno disponible y, por lo tanto, es recomendable reforzar la aplicación de estiércol con abono nitrogenado. -- También se considera conveniente efectuar una pequeña cantidad de fósforo al cultivo de la papa, después de abonar con estiércol, cuando el suelo contiene un nivel bajo de fósforo asimilable por las plantas.

RECOMENDACIONES TENTATIVAS PARA LA FERTILIZACION DE LA PAPA BA  
JO CONDICIONES DEL SUELO, EN LA REGION DE LEON, GTO.

Papa sembrada después de:	Suelos de la zona Nte. y partes de la zona sur, abonados con ferti- lizantes y estiércol.			Suelos de la zona sur no estercolados ni fertilizados.		
	Kg/Ha			Kg/Ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Maíz	70	80	0	70	120	40
2. Alfalfa	50	80	0	50	120	40
3. Maíz en terrenos esterco- lados	30	0	0	30	40	0

En los suelos de la zona nte. y partes de la zona sur abonadas con fertilizantes y estiércol, la papa sembrada después del maíz debe fertilizarse con 70-80-0; la papa sembrada después de alfalfa, debe fertilizarse con 50-80-0; y las siembras después del maíz, en terrenos que han sido estercolados, deben fertilizarse con 30-0-0.

Los suelos de las partes de la zona sur que en años anteriores han recibido poco o nada de fertilizantes y estiércol, deben fertilizarse en las siembras de papa después del maíz con 70-120-40; la papa sembrada después de la alfalfa con 50-120-40; y los sembradíos de papa hechos después del maíz -- en terrenos estercolados con 30-40-0.

12.8 REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS.- La papa toma la mayor parte de sus nutrientes de la tierra, ésto se observa en la tabla siguiente <sup>65</sup>:

Kg. de nutrientes tomados de la tierra/acre de cosecha.

N <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
63.5	13.6	90.71	27.2	13.6

La absorción de los nutrientes depende de los factores: tipo de suelo, humedad, temperatura, aereación, cantidad de materiales coloidales y sustancias disponibles en el suelo; se lleva a cabo más rápidamente al principio que al final del período vegetativo. Según Lorenz (1944), la planta absorbe el N<sub>2</sub> 40 a 70 días después de la emergencia.

La eliminación de fertilizantes nitrogenados reduce la absorción del P y K e incrementa el porcentaje de Ca en todas las partes de la planta. Los fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos no influyen en el contenido de Mg<sup>65</sup>.

El N<sub>2</sub>, P y K se absorben en una proporción de 5-1-6.

Los suelos arcilloso-arenosos proporcionan las características óptimas para que la planta absorba sus nutrientes.

Cada elemento nutriente tiene una función específica:

#### 1.2.8.1 Elementos mayores (N<sub>2</sub>, P y K)

1.2.8.1.1 Nitrógeno: Incrementa el período vegetativo y la productividad, mejora el sabor del tubérculo y retarda la madurez de la planta. La abundancia de dicho elemento favorece las enfermedades virales y el tizón tardío, así como también disminuye la resistencia de la planta hacia las infecciones bacteriales; su carencia produce amarillamiento o aclaramien-



to del follaje<sup>65,170</sup>.

1.2.8.1.2 Fósforo: Aunque se encuentra en cantidades trazas es un factor limitante, ya que ayuda a la formación del tallo y de la raíz, así como a la maduración del tubérculo y a la --elaboración de proteínas. Su deficiencia produce oscurecimiento de las hojas y crecimiento de la planta. Su abundancia incrementa la susceptibilidad de la planta hacia las enfermedades bacterianas<sup>65,170</sup>.

1.2.8.1.3 Potasio: Incrementa el rendimiento, influye en la -formación del almidón y por lo tanto en la gravedad específica del tubérculo (a mayor cantidad de K corresponde menor grave--dad específica); afecta la longitud de las raíces y de los tubérculos. Su carencia produce enanismo y hojas verdes muy oscuras con enrulamiento hacia abajo.

Tanto el P como el N<sub>2</sub> favorecen la longitud del tubér--culo, mientras que el K tiene el efecto contrario.

1.2.8.2 Elementos menores (Ca, B, Cu, Zn, y Mn).

La deficiencia de Mg se observa primero en las hojas inferiores y posteriormente en las superiores; produciéndose -pérdida en la coloración natural y muerte de los bordes y de -las puntas. La deficiencia de B se caracteriza por la produc--ción de tubérculos con cáscara muy débil (se despedaza al co--cerse) y la de Mn produce necrosis de las venas de las hojas<sup>65</sup>.

### 1.2.9 PAPA SEMJILA

1.2.9.1 Reproducción.- La reproducción puede hacerse por semi--lla (procedimiento usado para la reproducción de nuevas varie--dades o para regenerar una variedad) o bien, más comunmente --

por siembra de tubérculos enteros o en trozos<sup>65</sup> (ambos denominados papa semilla o tubérculo madre) que posean dos yemas como mínimo<sup>22</sup> (Fig. 3). Si los cortes se hacen de papas flácidas, los trozos se oscurecen y se vuelven gomosos<sup>22</sup> (Fig. 4).- Se emplean 1 o de 3 a 5 Kg/m<sup>2</sup> según sean los tubérculos enteros o cortados. La reproducción se verifica por medio de los tubérculos que deben ser escogidos entre los de forma regular, sanos, con yemas enteras y bien desarrolladas; deben cultivarse cuando la cicatrización del estolón tiene un callo (suberización) que servirá de barrera contra los insectos u otro tipo de parásitos vegetales.

La papa semilla apta para la siembra posee las siguientes características: alta productividad, carencia de enfermedades, excelente condición física y continuación de la variedad<sup>65</sup>. El control de enfermedades y de insectos es indispensable para que no se degeneren. Las condiciones físicas a controlar son: magulladuras, lesiones y heridas.

El Pie Negro se origina en la papa semilla.

El número de brotes y tallos provenientes de cada papa semilla determinan el número y tamaño promedio de los tubérculos.

1.2.9.2 Tratamientos Químicos.- El objetivo de aplicar tratamientos químicos es eliminar las enfermedades originadas en la superficie del tubérculo (entre las que se encuentra el Pie Negro). Los métodos más comunes son<sup>65</sup>.

- 1) Soluciones Mercuriales: Calomel, HgO<sub>2</sub> y Semesan---  
Bel.
- 2) Soluciones de formaldehído.

El tratamiento químico se lleva a cabo antes del corte de la papa semilla y se sumerge en la solución dependiendo de su concentración y de la temperatura.

1.2.9.3 Corte de la Papa Semilla.- Los trozos de papa semilla están más sujetos a la invasión de microorganismos que los tubérculos enteros.

El tamaño de los trozos semilla estará en función del tamaño original del tubérculo. No son recomendables los tubérculos con diámetro menor de 2.54 cm. o de menos de 28.35 gr. - de peso. Se requieren trozos semilla de mayor tamaño para sembrar variedades con menos yemas. El rendimiento se incrementa con el tamaño del trozo semilla. En 1929, Denny concluyó que la progenie puede ser utilizada como papa semilla 6 semanas -- después de la siembra.

Se recomienda la desinfección de los cuchillos de corte.

La sanidad en la maquinaria especializada para el corte es esencial. Es conveniente sembrar algunas horas después del corte<sup>65</sup>.

1.2.10 SIEMBRA.- Se efectúa directamente en el campo. La -- plantación debe efectuarse en surcos profundos de 15 a 25 cm., de 30 cm. de distancia entre ellos y de 50 cm. entre las hileras<sup>102</sup>. La profundidad afecta a la emergencia de la planta, -- a la incidencia de las heridas y a la facilidad de recolección. La emergencia es muy lenta si se siembra muy profundo<sup>65</sup>. La -- siembra a "vuelo" (manual) puede mejorarse empleando los aparatos adecuados que perfeccionan la uniformidad de la distribución; pero es mejor la siembra en hileras que permite el laboreo adecuado para mantener el terreno suelto y limpio de hier-

bas y la posibilidad de enterrar las semillas o papas semillas a la profundidad adecuada. Estas se recubren con una capa de fertilizante (mineral orgánico) distribuido a través de un tamiz. Los surcos se rellenan y se ejerce una leve presión sobre la capa superficial para mantener en su sitio a las semillas o papas semillas y favorecer el arraigo de las raicillas que nacerán<sup>102</sup>.

La época ideal para la siembra de patata se presenta cuando el clima es templado y la humedad moderada. Se planta entre febrero y julio en las regiones septentrionales y entre septiembre y diciembre en las centro-meridionales<sup>102</sup>.

1.2.10.1 Maquinaria de Siembra.- El cultivo se realiza con maquinaria automática, la cual abre los surcos con unos discos y distribuye el fertilizante alrededor de donde va a ir cada papa semilla, desciende a través de otro tubo y el surco es rellorado de tierra con el par de discos posteriores.

Los tipos de maquinaria de siembra son; escardadora y tipo de plataforma, la primera es más usual pero tiene el inconveniente que llega a picar los tubérculos semilla y ocasiona el Pie Negro. Se siembran de dos a cuatro hileras a la vez con ambos aparatos<sup>65</sup>.

1.2.10.2 Epocas de Siembra.- Siguiendo las Normas Técnicas de la Papa en México<sup>116</sup>, las épocas de siembra siguen las reglas:

- 1) La papa de consumo debe sembrarse a partir del 20 de octubre hasta el 31 de diciembre.
- 2) La primera papa que debe sembrarse es la Nacional, luego la holandesa para semilla, después la francesa para consumo y por último la canadiense.

- 3) La papa para semilla debe sembrarse entre el 20 de octubre y el 15 de diciembre.

Papa Nacional: Tamaño pequeño 25.4 cm., mediano -- 30.48 cm. y grande 40.46 cm. Los tamaños pequeño y mediano pueden sembrarse a máquina, mientras que la grande manualmente.

Papa Canadiense: Tamaño pequeño de 20.32 a 25.4 cm. mediano de 30.48 a 35.56 cm. y grande de 35.56 a - 40.64 cm. El tamaño pequeño se siembra entero.

Papa Europea: Calibre de 22 a 35: 20.32 cm., calibre 35 a 45: 25.4 cm. y calibre de 45 a 55: 30.48.

Se considera que con las distancias de siembra anteriores se tienen las siguientes poblaciones por área de siembra:

Distancia (cm.)	Plantones/Ha.
20.32	55 110
22.86	48 994
25.4	44 300
30.48	36 900
35.56	32 000

1.2.11 RIEGO.- El riego debe limitarse al período previo a la floración, siendo lo más racional el mantenimiento del frescor del suelo por medio de escardas, con las que se desmenuza la tierra alrededor de la base de la planta, que debe ser recalzada cuando hayan aparecido de 3 a 4 hojas<sup>102</sup>.

Los tipos de riego pueden ser:

1.2.11.1 Fertilización: Distribución de fertilizantes mediante el riego. Se emplean instalaciones que efectúan automáticamente la dosificación y la mezcla del agua y de los fertilizantes.

1.2.11.2 Riego de Auxilio: Suministrar agua a temperatura ambiente en dosis bajas hasta su absorción total.

El riego de las partes aéreas es con chorro finamente nebulizado.

1.2.11.3 Pluvirrigación; Distribución en forma de lluvia finamente nebulizada, que permite la utilización del agua uniforme y completa. Se utilizan aguas duras para el cultivo de la patata. En lo referente a la temperatura conviene que no haya mucha diferencia con la del ambiente, para no provocar cambios bruscos de temperatura y daños a la planta. La necesidad hídrica es elevada durante la primera fase vegetativa y aumenta en correspondencia con el máximo desarrollo foliar, luego disminuye gradualmente hasta la conclusión del ciclo. Las irrigaciones abundantes son causa de deformación de tubérculos, debido a la solubilización de las sustancias de reserva o por la formación anticipada de las yemas y de nuevos tubérculos a costa de los ya formados<sup>102</sup>.

1.2.12 RECOLECCION O COSECHA.- En las zonas septentrionales y meridionales se cosecha entre mayo y septiembre y en las centrales y meridionales entre diciembre y marzo<sup>102</sup>.

Las papitas se cosechan cuando la parte aérea todavía es verde, mientras que las mayores cuando la planta ha llegado a la madurez completa, o sea cuando las hojas muestran un amarillamiento natural y la piel del tubérculo no se pela al hacerse fricción con el dedo<sup>65</sup>.

Los tubérculos contienen menor cantidad de almidón y de proteínas si la cosecha se efectúa antes de la madurez, ya que ambos componentes se incrementan con el desarrollo de la planta<sup>65</sup>.

La papa destinada para semilla puede recolectarse un poco antes de su completa madurez para lo cual se aconseja eliminar el follaje. Existen tres métodos para este cometido<sup>65</sup>:

1.2.12.1 Sustancias Químicas defoliantes: Nitritos, arsenia--tos y cianamidas, aplicadas de 15 a 20 días antes de la reco--lección.

1.2.12.2 Maquinaria quemadora del follaje:

1.2.12.3 Desmenuzadora mecánica.- Tritura la planta, se mueve a 700 r.p.m. Sus ventajas son: rapidez, no produce basura que cubra a los tubérculos y no hay pérdidas de materia orgánica.

Según Whitney P.J.<sup>170</sup> se ha estimado que el crecimiento de los tubérculos se interrumpe cuando se ha eliminado 75% del follaje.

La recolección manual es la que origina menores putrefacciones porque se evitan los daños mecánicos pero tiene la -inconveniencia de ser un proceso lento.

Si se cosecha con maquinaria, el saque se realiza con el grado de humedad necesario para que las sacadoras realicen su trabajo eficiente y los tubérculos no sean dañados. La recolección se hace tan pronto como los tubérculos sean extraí--dos del suelo por la sacadora.

### 1.2.13 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PROTECCION FITOSANITARIA DE LA PAPA<sup>116</sup>

1.2.13.1 Aplicación de defoliantes en papas que se van a utilizar como semillas: Equipo caña 70 con boquillas de cono de baja aspersión, dispuestas directamente en la barra de aspersión. La aplicación se hace a 10 atm. de presión y con las boquillas a 25-30 cm. de distancia del cultivo.

1.2.13.2 Aplicación de fungicidas: Se consideran los sgts. - aspectos:

- a) Período en que se planta el cultivo: Temprano (fuera de época, antes del 15 de octubre); intermedio (del 15 de octubre al 15 de diciembre) y tardío (después del 15 de diciembre).
- b) Condiciones climáticas.
- c) Grado de susceptibilidad de las variedades a las plagas y enfermedades.
- d) Coordinación entre el riego y las aplicaciones.

1.2.13.3 Producción de papa de consumo.- En las plantaciones tempranas e intermedias de papa de consumo, las aplicaciones de fungicidas comenzarán a realizarse a partir de que se observen las primeras manchas en las hojas inferiores de las plantas, es decir 30 a 40 días después del cultivo, y en las áreas tardías de consumo cuando 70% de los tubérculos han brotado, haciéndose las aplicaciones aproximadamente cada 7 días hasta que la plantación haya alcanzado los 45 días, fecha a partir de las cuales producirán los tratamientos a intervalos de 5 días.

Las aplicaciones de insecticidas en plantaciones tempranas, intermedias y tardías de papa de consumo se harán cuando se encuentren presentes las plagas.



#### 1.2.13.4 Producción de papa semilla.-

- a) Selección de las áreas de cultivo y preparación previa de sus suelos.
- b) Plantar en la época óptima de siembra.
- c) Plantar semillas enteras de alta calidad.
- d) Controlar las malas hierbas.
- e) Lucha química contra las plagas y enfermedades fungosas.
- f) Inspecciones eficientes.
- g) Defoliación de los campos 75 días antes de la recolección.
- h) Selección y clasificación de los tubérculos
- i) Técnica apropiada de almacenamiento y conservación.

#### 1.2.13.5 Características para el acopio (recolección):

- a) Pasar una chapeadora antes del saque si en el momento de la cosecha el campo está enyerbado.
- b) El saque debe iniciarse en surcos alternos, cuando la planta haya perdido el 90% del follaje y realizarse de 6:30 a 11:30 a.m. y de 2 a 5 p.m.

Después de la cosecha se lleva a cabo la selección, en la cual se escogen las papas libres de tierra y restos de vegetación. No se envasarán las papas rajadas mecánicamente, las verdes o las quemadas por el sol o con tizones.

#### 1.2.13.6 En las patatas destinadas a los frigoríficos se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) La papa de consumo debe tener un peso mayor de 80 gr.
- b) Exposición a los rayos solares el menor tiempo posible durante el transporte.
- c) No maltratar los tubérculos durante su manipulación.

- d) Protección a la lluvia durante el envío y envasado en sacos cuyo peso fluctúe entre 45.4 y 47.62 Kg.
- e) El almacenamiento en los frigoríficos se lleva a cabo máximo 20 hrs. después de haberse recibido.

La altura de las estibas (pilas) varía de acuerdo con el -- tiempo que el producto vaya a permanecer almacenado.

Hasta dos meses: La altura máxima está dada por la altura -- del frigorífico, nunca excediéndose de los 18 sacos.

Hasta tres meses: La altura máxima será de 16 sacos.

Más de tres meses: La altura no debe exceder los 14 sacos.

- f) La temperatura de almacenamiento es de 4 a 5°C y la humedad relativa de 85 a 90%.

### 1.3 DESARROLLO DE LA PLANTA

1.3.1 Se divide en tres etapas<sup>65</sup>:

1.3.1.1 Crecimiento rápido de la planta.- Se designan prácticas culturales para que la planta se desarrolle sana y rápidamente.

1.3.1.2 Mantenimiento de la planta y desarrollo de los tubérculos.- Se protege contra las enfermedades y los insectos y -- se preserva al sistema radicular para que la planta sintetice los carbohidratos necesarios para el desarrollo de los tubércu los.

1.3.1.3 Etapa de Maduración.- La planta madura y crecen los -- tubérculos.

El período de vida de Solanum tuberosum es de 80 a -- 150 días dependiendo de la variedad, esto es desde la siembra hasta la maduración de las patatas<sup>65</sup>.

El Período vegetativo es el tiempo que transcurre entre la germinación y el momento en que la planta llega a la completa madurez. La duración del ciclo de producción varía con el cultivar, condiciones ambientales y dimensiones del tubérculo. La germinación está en función de: la duración y condiciones del almacenamiento, fecha de la siembra, madurez del tubérculo madre en el momento de la cosecha y del tamaño de la papa semilla. Se ve incrementada con períodos largos de almacenamiento y temperaturas altas.

La Tuberización es la iniciación de los tubérculos -- por llevarse a cabo un ensanchamiento y la acumulación de sustancias de reserva en la parte terminal de los estolones, se presenta 6 semanas después de la siembra; aparece en respuesta a las condiciones que favorecen el almacenamiento de los -- carbohidratos solubles, los cuales son utilizados para el crecimiento y respiración de la patata<sup>55</sup>. Gran proporción de la punta de los estolones es tejido cortical, pero conforme el tubérculo va creciendo dicho tejido disminuye porque se transforma en médula o tejido parenquimático. El crecimiento se lleva a cabo por división celular y por el almacenamiento de los carbohidratos en el tejido parenquimático. Los factores que influyen en la tuberización son: humedad, temperatura y ausencia de la luz alrededor del estolón. Se cosechan menos tubérculos en tierras de humedad alta que baja. Se obtienen 25 y 56 patatas si las plantas se mantienen a temperaturas constantes de 15.27 y 20°C respectivamente<sup>56</sup>.

#### 1.4 ANATOMIA DE LA PLANTA

1.4.1 Tallo.- La anatomía de los estolones contrasta con la del tallo vegetativo aéreo, en el que el crecimiento longitudinal se presenta durante el desarrollo, mientras que, en los estolones aparece un acortamiento de los entrenudos y aumento de la cantidad de parénquima de reserva<sup>42</sup>.

El ensanchamiento de los estolones, o sea de los tubérculos se manifiesta como complemento al descenso existente en la actividad del cámbium vascular, teniendo como resultado la transformación de los fragmentos del tejido vascular en parenquimático<sup>42,65</sup>. Las trazas foliares constituyen una parte prominente del sistema vascular del tallo aéreo, el cual muestra una estructura variable relacionada con la posición de las hojas. El sistema vascular es morfológicamente más homogéneo en el tubérculo debido a que las trazas de las escamas foliares que soportan las yemas axilares son muy pequeñas<sup>42</sup> (Fig. 5). Tanto el tallo aéreo como el tubérculo constan de floema interno y externo, pero en el último el floema interno se halla disperso por la médula, de forma que solamente una estrecha zona parenquimática del interior queda libre de elementos floemáticos<sup>42,65</sup>. El floema interno es muy parenquimático y se manifiesta como el principal tejido de reserva del tubérculo. La planta de la patata presenta un haz vascular bicoloral, es decir floema a ambos lados del xilema<sup>42</sup> (Fig. 6).

1.4.2 TUBERCULO.- Las partes del tubérculo de afuera hacia adentro son<sup>65</sup>: peridermo, córtex, anillo vascular, médulas externa e interna, esta última denominada como "médula". El peridermo externo o epidermis es, en su mayor parte, tejido de corcho, actúa como capa protectora y es formado por el peridermo interno o endodermis, el cual contiene o carece del pigmento que da el color característico de la piel en las diversas variedades. Las células del peridermo externo son rectangulares, mientras que las del córtex y zonas medulares son poliédricas, usualmente pentagonales<sup>65</sup>. Las paredes celulares son delgadas a excepción de las de los tejidos xilemáticos y endodermis.

El parénquima del tubérculo contiene amidas y proteínas en el jugo celular almidón en el citoplasma; esta última -

sustancia se encuentra en: parénquima de córtex, parénquima de la médula, tejidos vasculares (por lo tanto en el parénquima del xilema y del floema), frutos, cotiledón y hojas (predominando como carbohidrato de reserva)<sup>42</sup>.

#### 1.5 COMPOSICION QUIMICA DEL TUBERCULO. (TABLA 1).

La composición química de la patata cambia con la variedad, edad, condiciones de crecimiento y otros factores más. Los resultados de los análisis varían si se utiliza un tubérculo pelado o entero, esto se debe a que difieren la composición del córtex y de las yemas medulares<sup>65</sup>.

Hay mayor cantidad de azúcares durante la tuberización que en las patatas maduras (0.2- 6.8%). Lampit y Goldenburg<sup>65</sup> indicaron que los aminoácidos libres presentes son: histidina, lisina, arginina y tirosina. La globulina tuberina, proteína vegetal, rica en lisina, constituye del 48 al 67% del nitrógeno total. También hay bases púricas, indicios del alcaloide solanina (2- 10 mg./100 gr. de tubérculo fresco, cantidad que no presenta peligros de toxicidad)<sup>134</sup>. Según Artschwager (1924) la solanina se encuentra en mayores cantidades en los tubérculos jóvenes que en los maduros, se localiza en la región de las yemas. Los ácidos presentes son: oxálico, cítrico, málico, succínico y tartárico. Entre las enzimas están: amilasa, catalasa, deshidratada, fosforilasa, peroxidasa y tirosinasa<sup>65</sup>.

El porcentaje mayor de almidón está alrededor del anillo vascular.

Gran parte de las proteínas se concentran en el córtex<sup>65</sup>.

TABLA 1. COMPOSICION QUIMICA DE LA PATATA

VALOR ENERGETICO (cal.)	gr/100 gr. de parte comestible						gr./100 gr. de parte comestible						Porción no comestible.
	Humedad (Nx 6.25)	Prot.	Lípidos	Glucidos	Fibra	Cenizas	Ca	P	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Ac. ascórbico	
Cruda 67	78.7	3.1	2.0	16.5	0.6	0.9	11	51	1.1	0.03	1.4	27.8	22
Cocida 71	79.4	2.5	0.1	16.7	0.4	0.8	8	38	0.7	0.9	1.3	17.0	--

La papa Solanum tuberosum debe su valor nutritivo al contenido elevado de almidón (12.4 - 17.8%), bajo contenido -- proteico (2.6) y de lípidos (0.2%), y muy especialmente al alto contenido de ascórbio<sup>65,144</sup>.

Se considera buena fuente de K, P y Fe (TABLA 2). -- Proporciona 710 cal/Kg de papa cocida. Se utiliza para neutra lizar exceso de acidez ya que su alcalinidad es de 9 cm<sup>3</sup>/100 - gr. de papa cruda<sup>144</sup>.

La cantidad de agua y azúcares disminuyen conforme -- los tubérculos alcanzan su madurez, mientras que las cenizas, -- proteínas, almidón y las materias secas aumentan<sup>65</sup>.

Las células parenquimáticas acumulan derivados del -- fenol (ácidos clorogénico y cafeico) y sustancias minerales.

La pérdida de minerales por cocción directa del agua -- y sin cáscara es menor del 10%. Al cortar la papa cruda, la -- lesión del tejido produce en su cicatrización un mayor ritmo -- metabólico en la intensidad respiratoria y en la formación del ácido ascórbico, por lo que éste suele presentar un aumento -- 3 ó 4 hrs. después de haber cortado la papa. La cáscara pro-- tege contra la disolución y oxidación de la vitamina C<sup>144</sup>.

Se pueden producir pérdidas por enzimas oxidantes pe-- ro éstas se inactivan por inmersión de la papa en agua hirvien-- te<sup>144</sup>.

Al cortar trozos, es posible que se presente pardea-- miento enzimático oxidativo, ya que se tienen los componentes-- necesarios para ello; oxígeno, la enzima polifenoloxidasas que, al actuar sobre los ácidos clorogénico y cafeico (componentes-- fenólicos de la papa), causan dicho fenómeno<sup>144</sup>.

TABLA 2.

Contenido mineral de la porción comestible de la patata

Mineral	%	Mineral	%
Potasio	0.496	Aluminio	0.0009
Fósforo	0.053	Zinc	0.0004
Cloro	0.035	Manganeso	0.0001
Azufre	0.029	Cobre	0.0001
Magnesio	0.027	Nikel	Trazas
Sodio	0.024	Cobalto	Trazas
Calcio	0.013	Bario	Trazas
Hierro	0.001	Yodo	Trazas

## 1.6 VARIEDADES

Se define como variedad o cultivar (cv) a los diversos tipos de papas tomándose en cuenta sus características morfológicas, genéticas y fisiológicas. Las variedades se distinguen por sus dimensiones, forma, color de la piel, desarrollo del aparato aéreo, resistencia a las enfermedades e insectos, rendimiento y tolerancia al calor y a la luz. Existen más de mil variedades distintas de papatas<sup>65</sup>.

1.6.1 Clasificación.- Hay infinidad de clasificaciones pero las tres más importantes se basan en el color de la piel, en la consistencia de la pulpa y en las características del follaje, de los tallos y de las flores y del crecimiento.

1.6.1.1 Color de la piel: De acuerdo al color de la piel los tubérculos se dividen en cinco grupos: amarillos, rosados, rojos, violáceos y abigarrados.

1.6.1.2 Consistencia de la pulpa<sup>102</sup>: Según la consistencia -



de la pulpa, las variedades de pulpa amarilla tienen consistencia más compacta, mientras que la de las de pulpa blanca es -- primordialmente harinosa. Estas características están ligadas a la composición del tubérculo; en el primer caso, tienen mayor porcentaje de proteínas.

1.6.1.2.1 Variedades de Pulpa amarilla: Sisterma, Palongan, Prímula, Duquesa Bintje; son de buena conservación: Alava, Goya, Víctor; las de origen holandés: Alpha, Vorán y Arka; las inglesas: Duque de Kent y Kerr Pink.

1.6.1.2.2 Variedades de Pulpa blanca.- Origen inglés: Royal King, King Edward, Glastone Avián, Banner y Fluke, variedades francesas: Rose, Early Rose e Institut de Beavies; españolas: Olalla y Gallega; y canadienses: Pontiac y Red Pontiac.

Las variedades de Pulpa blanca o harinosas son destinadas a la preparación de purés, mientras que las de pulpa dura a la preparación de papas fritas.

1.6.2 DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES. (TABLAS 3 a 6).- Según la combinación de algunas características, la papa se divide en 26 grupos<sup>65</sup>: (TABLAS 3 y 4).

1.6.3 MÉTODOS DE REPRODUCCIÓN.- Existen 4 métodos para la reproducción de variedades: hidridización, mutación, selección natural y multiplicación.

1.6.3.1 Hibridización: Se realiza por medio de la técnica de polinización cruzada. La variedad o cultivar Katahdin se considera padre de gran número de variedades actuales, puesto que produce alta cantidad de polen viable. Entre las variedades producidas por este método están: Chippewa, Erie, Houma, Katahdin, Mohawk, Ontario, Pontiac, Sequoia y Warba<sup>65</sup>.

TABLA 3  
DESCRIPCION DE LA PLANTA

Según la combinación de características se divide en 26 grupos.

VARIEDAD	CRECIMIENTO	TOLLAJE (Tono del color)	H (Tipo)	C (Tamaño)	A	S (Textura)	F L (Color)	O R (Número)
Burbank	vertical	claro	abierta	mediano		media	blanco	escaso
Chippewa	horizontal	medio	media	grande		suave	lila	medio
Cobbler	vertical	oscuro	media	mediano		media	lila	medio
Early Ohio	vertical	claro	abierta	mediano		media	blanco	escaso
Erie	medio	claro	media	mediano		media	blanco	medio
Green Mountain	vertical	medio	media	mediano		suave	blanco	abundante
Houma	horizontal	medio	media	mediano		suave	blanco	abundante
Jersey	medio	oscuro	compacta	pequeño		media	lila	medio
Katahdin	horizontal	medio	media	grande		áspera	lila	abundante
Kennebec	medio	medio	media	grande		áspera	blanco	escaso
Mohawk	vertical	medio	media	mediano		suave	lila	medio
Norkota	medio	medio	media	grande		suave	blanco	escaso
Ontario	vertical	medio	media	mediano		suave	lila	escaso
Pawnee	medio	oscuro	media	pequeño		media	púrpura	escaso
Pontiac	horizontal	oscuro	compacta	mediano		áspera	lila	escaso
Red Mc Clure	medio	medio	media	mediano		media	lila	escaso
Red Warba	horizontal	oscuro	compacta	mediano		áspera	lila	escaso
Rural	vertical	oscuro	media	pequeño		media	púrpura	medio
Russet Burbank	vertical	claro	abierta	mediano		media	blanco	escaso
Russet Rural	vertical	oscuro	media	pequeño		media	púrpura	medio
Sebago	vertical	medio	media	mediano		media	lila	abundante
Sequoia	vertical	medio	media	mediano		media	blanco	medio
Teton	horizontal	medio	media	mediano		media	blanco	medio
Triumph	horizontal	oscuro	compacta	mediano		media	lila	medio
Warba	horizontal	oscuro	compacta	mediano		áspera	lila	escaso
White Rose	horizontal	claro	abierta	mediano		suave	blanco	escaso

TABLA 4

DESCRIPCIÓN DE LOS TUBEROS

Según la combinación de características se divide en 26 grupos.

VARIEDAD	COLOR DE LA PIEL	TEXTURA DE LA PIEL	FORMA	NÚMERO DE LOS OJOS	PROFUNDIDAD DE LOS OJOS	COLOR DE LAS PUNTAS DE LOS BROTES
Burbank	blanco	suave	elíptica	abundantes	superficial	rosa
Chippewa	blanco	suave	oblonga	escasos	superficial	rosa
Cobbler	blanco	suave	cúbica	abundantes	profundos	rosa
Early Ohio	ocre	suave	redonda-ovalada	abundantes	superficial	rosa
Erie	blanco	suave	ovalada	mediano	regular	rosa
Green Mountain	blanco cremoso	rugosa (red)	ovalada	ovalada	abundantes	blanco
Houma	blanco	suave	redonda-ovalada	escasos	superficial	rosa
Jersey	rojo	suave	ovalada			
Jersey	rojo	suave	elíptica	abundantes	superficial	magenta
Katahdin	blanco	suave	redonda-ovalada	escasos	superficial	rosa
Kennebec	blanco	suave	"	mediano	regular	rosa
Mohawk	blanco	rugosa	plana-ovalada	escasos	superficial	rosa
Workota	blanco	rugosa	ovalada	mediano	regular	blanco
Ontario	blanco	suave	ovalada	mediano	superficial	púrpura
Pawnee	blanco	suave	ovalada	escasos	superficial	magenta
Red Mc Clure	rosa	dura(red)	redonda-ovalada	mediano	superficial	magenta
Red Warba	rojo	suave	cúbica	abundantes	regular	magenta
Pontiac	rojo oscuro	suave	redonda	abundantes	regular	magenta
Rural	blanco	suave	ovalada	escasos	superficial	púrpura
Russet Burbank	ladrillo claro (red)	(red)	elíptica	abundantes	superficial	rosa
Russet Rural	ladrillo oscuro (red)	(red)	ovalada	escasos	superficial	púrpura
Sebago	blanco	suave	redonda-ovalada	mediano	superficial	rosa
Sequoia	blanco	suave	ovalada	escasos	superficial	blanco
Teton	blanco	suave	ovalada	escasos	superficial	blanco
Triumph	rosa oscuro	suave	cúbica	abundantes	regular	magenta
Warba	blanco	suave	cúbica	abundantes	profundos	rosa
White Rose	blanco	suave	elíptica	abundantes	superficial	magenta

TABLA 4  
DESCRIPCION DE OTRAS VARIETADES

VARIEDAD	PROCEDECENCIA	MADURACION	RENDIMIENTO	TUBERCULOS	PLANTA	ENFERMEDADES
Desirre	Holanda y Nacional	Semitardía	Muy buena, pobre en almidón	Grandes, bien formados, largos, ovales, ojos superficiales, piel roja.	Tallos robustos, foliaje denso, se desarrolla rápidamente; tallos muy largos.	Medianamente susceptible a <u>Phytophthora</u> en el follaje, resistente a <u>Alternaria</u> - poco susceptible en el tubérculo, fácil enrulamiento de las hojas, resistente al virus Y, inmune a la sarna verrugosa; susceptible a <u>pierna negra</u> y <u>putrefacción bianda</u> .
Arka	Holanda, Francia Nacional	Semitardía	Muy bueno, rico en almidón (magníficas condiciones para el almacenamiento).	Piel rosa, largos, ovales, regulares, pulpa amarilla clara; buenas condiciones para la mecanización en la cosecha; posee las mejores características para la producción de semilla nacional.	Desarrollo rápido pero lento en relación a Red Pontiac, tuberización tardía, tallos numerosos, ligeramente ondulados, hojas grandes, poco divididas, ovales, de color verde oscuro, muy resistentes a la sequía, estolones largos y con desarrollo lateral.	Poco susceptible a <u>Phytophthora</u> y medianamente a <u>Alternaria</u> y a la costra, inmune al virus A y a la sarna verrugosa, moderadamente susceptible al enrollamiento de las hojas y al virus Y.
Claudia	Francia	Semitardía	Excelente, pobre en almidón (por lo que no es recomendable su almacenamiento).	Oblongos, ovales, piel amarilla clara, ojos superficiales, tubérculos numerosos, grandes de tamaño uniforme, se deforman con facilidad; malas características para la mecanización de la cosecha; debe sembrarse para consumo inmediato.	Bastante corta, tallos ligeramente café en las axilas, ramificaciones onduladas, follaje verde con hojas muy largas, estrechas y simétricas.	Medianamente susceptible a la sarna común ( <u>Actinomyces scabies</u> ), resistente a la sarna verrugosa, susceptible a <u>Phytophthora</u> en el tubérculo, sensible en el follaje y muy susceptible al enrollamiento de las hojas; algo susceptible a la <u>pierna negra</u> ( <u>Erwinia atro septica</u> ) resistente a <u>Alternaria</u> .

VARIEDAD	PROCEDECENCIA	MADURACION	RENDIMIENTO	TUBERCULOS	PLANTA	ENFERMEDADES
Red Pontiac	Canadá	Semitardía	Regular, pobre en asimilación.	Grandes, piel roja intensa, suave e reticulada, ojos medio hundidos, pulpa blanca.	Crecimiento vigoroso, tallos gruesos, ligeramente pigmentados, con hojas de anchas a medianas, y gruesas, color verde oscuro.	Susceptible a los tizones ( <i>Phytophthora infestans</i> y <i>Alternaria solani</i> ), a la pierna negra ( <i>Erwinia atroseptica</i> ), a la sarna verrugosa, a la costra común y a las enfermedades virales.
Pontiac	Canadá	Semitardía	Alto	Grandes, oblongos a redondos, piel suave e reticulada, color rojo claro, ojos medio hundidos, pulpa blanca.	Flores lilas con las puntas blancas.	Susceptible a la sarna común y enfermedad viral.
Cherokee	Estados Unidos	Temprana	-	Medianos, redondos, piel suave color amarillo claro, ojos medio hundidos, pulpa blanca.	Flores blancas	Resistente al tizón tardío, sarna común y necrosis en las hojas.
Chippewa	Estados Unidos	Semitardía	-	Grandes, oblongos, piel suave, color rojo superficial, pulpa blanca.	Flores lilas con las puntas blancas.	Susceptible a la sarna verrugosa, enrollamiento de las hojas, resistente al mosaico leve.
Houma	Estados Unidos	Intermedia	Alto	Grandes a medianos, redondos, planos en las puntas, más anchos que largos, piel suave, ojos poco hundidos, pulpa blanca.	Flores blancas	Resistente al mosaico leve, necrosis, sarna verrugosa y a las sequías.
Katahdin	Estados Unidos	Tardía	-	Largos, elípticos a redondos, piel suave amarillo claro, ojos superficiales, pulpa blanca.	Flores lilas con las puntas blancas.	Resistente al mosaico leve, necrosis y putrefacción café, inmune a la sarna verrugosa.

VARIEDAD	PROCEDENCIA	MADURACION	RENDIMIENTO	TUBERCULOS	PLANTA	ENFERMEDADES
Kennebec	Estados Unidos	Tardía	-	Largos, elípticos a redondos, ojos superficiales, piel suave, color amarillo claro, pulpa blanca; var. más utilizada para uso doméstico y procesos industriales.	Flores blancas	Resistente al tizón tardío, al mosaico leve y a la necrosis en los tubérculos; - <u>susceptible a la pierna negra.</u>
Mohawk	Estados Unidos	Intermedia	-	Largos, ovalados, piel suave, ojos superficiales, buen horneado.	Flores lila con apices blancos.	Resistente al mosaico leve, susceptible al enrollado de las hojas, necrosis, sarna común y tizón.
Ontario	Estados Unidos	Intermedia	Muy alto	Oblongos, piel suave, color ocre, ojos superficiales, color rosa a púrpura, pulpa blanca.	Flores color lila con bordes blancos.	Resistente a la sarna tendencia a formar tubérculos 2ºs. - que se originan en el corte del estolón.
Pungo	Estados Unidos	Intermedia	Muy alto	Ovalados y largos, piel poco rugosa, color ocre, pulpa blanca.	Flores blancas	Resistente al tizón tardío y mosaico leve.
Red Warba	Estados Unidos	Temprana	Muy alto	Medianos, anchos y redondos, piel suave color rojo, ojos hundidos pulpa blanca.	Flores rosas	Susceptible a enfermedades virales.
Russet Sebago	Estados Unidos	Tardía	Muy alto	Caracts. idénticas a la var. sebago excepto las agts.: piel color rojizo oscuro y + resistencia a la sarna.	Flores lilas	Susceptible a la <u>pierna negra</u> , resistente a la sarna.
Sebago	Estados Unidos	Tardía	Muy alto	Largos, ovalados, piel suave, color marfil, ojos superficiales, pulpa blanca.	Flores lilas con apices ligeramente más claros.	Resistente al mosaico leve y a la necrosis, tallos y tubérculos resistentes al tizón tardío, susceptibles a la sarna <u>verrugosa</u> y al <u>pie negro.</u>

VARIEDAD	PROCEDENCIA	MADURACION	RENDIMIENTO	TIPO DE FRUTO	PLANTA	ENFERMEDADES
Sequoia	Estados Unidos	Tardía	Alto	Grandes, redondos, piel suave blanca; ojos superficiales, yema apical hundida; pulpa blanca.	Flores blancas	Resistente al mosaico leve, tizón tardío y a picaduras de insectos, inmune a la sarna.
Teton	Estados Unidos	Semitardía	Alto contenido de almidón	Medianos, redondos; piel reticulada, color crema, ojos medio hundidos a superficiales; pulpa blanca.	Flores blancas	Resistente a la putrefacción anular y al mosaico leve.
Early ohio	Estados Unidos	Temprana	-	Medianos, redondos, piel suave, la color rosa más claro en la parte lateral que en las apices; lentículas prominentes, ojos numerosos y superficiales, color rosa; pulpa blanca.	Flores blancas	Susceptible a las enfermedades virales y a la sarna verrugosa.
Green Mountain	Estados Unidos	Tardía	Alto	Alargados, yema apical hundida; piel suave o reticulada, blanca; ojos medio hundidos; pulpa blanca.	Flores blancas	Inmune a la sarna - verrugosa, desarrollo de necrosis, durante el almacenamiento.
Irish Cobbler	Inglaterra	Temprana	-	Grandes o medianos, redondos con yema apical hundida; piel suave, color blanco cremoso, ojos superficiales; pulpa blanca.	Flores lilas con ápices blancos.	Susceptible a las enfermedades virales, - muy susceptible a la sarna común; resistente al mosaico leve e inmune a la sarna verrugosa.
Russet Rural	Estados Unidos	Tardía	-	Grandes, oblongos, piel reticulada, rojiza; pocos ojos superficiales, pulpa blanca.	Flores violeta con ápice color lila.	Muy susceptible a la sarna verrugosa, algo resistente a la sarna común.

VARIEDAD	PROCEDENCIA	MADURACION	RENDIMIENTO	TUBERCULOS	PLANTA	ENFERMEDADES
Smooth Rural	Estados Unidos	Tardía	-	Grandes, oblongos, piel suave o reticulada, blanco arenoso; pocos ojos, superficiales, pulpa blanca.	Flores violáceas con ápices lilas.	Susceptible a enfermedades virales, marchitamiento causado por <u>Fusarium</u> , muy sensible a la sarna verrugosa.
Triumph	Estados Unidos	Temprana	-	Grandes a medianos, redondos, piel suave, color rojo, pulpa blanca.	Flores rosas	Susceptible a la mayoría de las enfermedades.



1.6.3.2 Mutación.- Consiste en que hay cambios fisiológicos o morfológicos notables de una generación a otra. Se denominan periclinales o sectoriales si los cambios son en la superficie total o en una sección del tubérculo respectivamente. -- Algunos ejemplos de las primeras son: Russet, Rural, Pioneer - Rural, Red Pontiac y Red Mc Clure; dentro de las segundas se consideran a: Pearl, Red Warba y Russet Sebago provenientes de Peoples, Warba y Sebago<sup>65</sup>.

1.6.3.3 Selección Natural.- Implica reproducir a través de semillas naturales denominadas semillas de papa: Burbank, Green Mountain, Rural, Early Ohio, Garnet Chili, Irish Cobler y Rural New Yorker # 3<sup>65</sup>.

1.6.3.4 Multiplicación.- La multiplicación consiste en programas de mantenimiento que se complementan con el "Sistema de -- Certificación de Semillas"; su objetivo es mantener la Sanidad, el carácter genético y la pureza varietal, aprovechando de esta forma el potencial de productividad de cada cultivar<sup>22</sup>.

Según Butzonitch (1972), un programa de mantenimiento debe iniciarse con material libre del virus, controlando las multiplicaciones para evitar una infección y erradicando las plantas que se infectan<sup>22</sup>.

La multiplicación se puede hacer en forma clonal o masal<sup>22,65</sup>. En el primer caso la descendencia de una planta forma un clon que se incrementa año a año, sin mezclarse con las demás descendencias, manteniendo en consecuencia su individualidad. Esto facilita la eliminación de las plantas infectadas. Luego de varios años de multiplicación clonal el gran volumen del material obtenido lleva a la utilización de la forma masal, donde las descendencias de diferentes plantas se multiplican mezcladas.

El esquema de multiplicación utilizada es el sgte. - (Butzonitch, 1972): el primer año se plantan tubérculos individualizados en macetas grandes, bajo condiciones de invernadero, con el fin de evitar las infecciones. Las plantas provenientes de dichos tubérculos se denominan A-clones. El material seleccionado cambia de categoría en el momento de ser --- plantado. La descendencia del A-clon, al ser plantada en el campo, se denomina B-clon y en el tercer año la descendencia del B-clon se denomina C-clon (Figs. 7 y 8). En este momento se finaliza con la multiplicación clonal. En el cuarto año el material se planta en forma masal, denominándose a esta categoría premultiplicación. Las siguientes multiplicaciones se designarán superélite, élite, base y plantel; esta última categoría produce la Semilla Certificada<sup>22</sup>.

Cuando se multiplica el material en el campo se toman medidas a fin de evitar nuevas infecciones: por ejemplo se - - aíslan de otros cultivos de papa, se aplican insecticidas granulados sistémicos durante la plantación y se realizan pulverizaciones periódicas<sup>22</sup>.

1.6.3.4.1 Certificación de Semillas.- La "Certificación de Semillas" consiste en la aplicación de una técnica cuyo propósito es lograr, a través de un servicio de fiscalización de -- los cultivos, semilla de alta sanidad y garantía de pureza varietal. El valor real de la certificación se puede resumir -- así: contribuye a controlar las enfermedades, principalmente -- las producidas por virus y algunas bacterias (Erwinia atroseptica), y a proveer un tipo estandarizado de semilla de calidad<sup>22</sup>.

El multiplicador tiene la obligación de erradicar todas las plantas enfermas del cultivo.

Técnica.- Realizar pruebas anticipadas de sanidad (PAS) bajo condiciones de invernadero. Se cultivan alrededor de 200 clones (plantas provenientes de tubérculos obtenidos de muestreos realizados a campo); cuando las plantas se han desarrollado, se extrae una yema de cada clon y se siguen las siguientes técnicas: evaluación visual, prueba del A-6 y serología. Se evalúan visualmente los virus del enrollado de las hojas, mosaico deformante e Y; por la prueba del A-6 se detectan los virus Y y A; los virus X y S son evaluados serológicamente. Estas pruebas complementan las realizadas durante el período vegetativo y sus resultados son definitivos para la aprobación o rechazo del cultivo<sup>22</sup>.

Para realizar la certificación se debe contar con un laboratorio de virología, con centrifugas, máquinas eléctricas extractoras de jugos de las hojas, cámara termostatzada para la reacción de la hoja desprendida del clon A-6 de Kohler e invernaderos para cultivar las yemas brotadas de los muestreos -- realizados en el campo.

En México Jesús Fernández Barrera (1976)<sup>22</sup> describió la producción y certificación de papa:

La semilla se clasificó en tres categorías: básica, registrada y certificada. El reglamento contempla el tamaño de los tubérculos (superior a 60 gr.) y, en el momento del embolse se establecen las siguientes tolerancias:

	(%)
Punta seca (fusariosis)	2
Afectado por <i>Phytophthora</i>	libre
Lesiones mecánicas serias, grietas, ahujeros y tubérculos mal formados	4

	(%)
Sarna común cubriendo más del 50% del tubérculo	0.5
Sarna común cubriendo del 5 al 50% de los tubérculos	4
Tubérculos con brotes superiores a 4 mm.	1
Variedades extrañas	5

Los técnicos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, realizan cuatro inspecciones durante el cultivo por lo menos, éste es: durante la siembra, en la primera fase del desarrollo vegetativo (cuando la planta mide 20 cm, de altura), en plena floración, y antes de la cosecha.- Se descartan los campos que pasan las tolerancias para cada factor en la tercera inspección<sup>22</sup>.

TOLERANCIAS DE CAMPO EN LOS FACTORES QUE SE INDICAN PARA SEMILLA CERTIFICADA

FACTORES	TOLERANCIAS MAXIMAS BASADAS EN INSPECCIONES DEL FOLLAJE					
	Básica		Registrada		Certificada	
	2a.	3a.	2a.	3a.	2a.	3a.
Inspección						
Plantas con mosaico común y rugoso	1 en 100	1 en 200	3 en 200	1 en 200	2 en 100	1 en 100
Plantas con enrollamiento de la hoja	"	"	1 en 100	"	"	"
Punta morada	"	"	"	"	"	"
Otro virus	"	"	3 en 200	1 en 100	"	"
Total virus	"	"	2 en 100	"	3 en 100	1 en 100
Pierna Negra		Ninguna	1 en 200	Ninguna	3 en 200	Ninguna

Los tubérculos son inspeccionados durante la cosecha y en caso de duda se envían al laboratorio para que se analicen, éstos no deben poseer: Pierna Negra u otras putrefacciones bacterianas<sup>22</sup>.

#### Obtención de Semilla Básica en México:

Fernández Barrera explica la obtención de Semilla Básica en México por cuatro métodos: índice de tubérculo, unidad de tubérculo, selección clonal y esquejes<sup>22</sup>.

1.6.3.4.1.1 Índice de tubérculo: Se practica bajo invernadero. Se seleccionan tubérculos grandes y de cada uno de ellos se corta una porción de 15 gr. de peso que contenga un brote o yema. Estas porciones se plantan en macetas. Posteriormente se observa el comportamiento de la planta a que dió origen la yema y se registra su sanidad o la presencia de enfermedades. Solamente se dejan los tubérculos que dieron origen a plántulas sanas y vigorosas, que posteriormente se multiplican y dan lugar a cultivos de otras categorías.

1.6.3 4.1.2 Unidad de tubérculo: Se seleccionan tubérculos grandes que se seccionan en tres partes sin separarlos. Durante la plantación cada tubérculo es seccionado completamente, colocando cada pieza a una distancia de 20 a 30 cm. entre sí. De esta forma, cada grupo forma una unidad separada de otra a una distancia de 50 cm. Posteriormente cuando las plantas han emergido, se observa si la descendencia de cada tubérculo unidad está totalmente sana y en caso de encontrarse una o más plantas enfermas se elimina todo el grupo de tubérculo unidad. En los años subsiguientes, las descendencias de cada grupo se cultivan separadamente y son las que posteriormente forman el cultivo base.

1.6.3.4.1.3 Selección Clonal: Se eligen tubérculos para siembra que sean representativos de la variedad y sanos. Posteriormente se multiplican las descendencias de cada tubérculo formando clon de primer año, de segundo año y así hasta llegar al clon del quinto año (élite) que da lugar al material básico para la producción de otras categorías de semilla. En este sistema, como en los anteriores, se realiza verificación de infiltración de virus, así como también evitar infecciones por contacto entre plantas o por pulgones.

1.6.3.4.1.4 Esqueje: Consiste en eliminar los meristemos apicales cuando la planta alcanza una altura de 20 cm. Con esto se estimula el desarrollo de las yemas axiales y cuando éstas alcanzan una longitud aproximada de 10 cm. se cortan y se colocan en arena estéril y húmeda introduciéndolas de 2 a 4 cm. en la misma, con el fin de que formen raíces. A los 15 días el esqueje está en condiciones de ser trasplantado a macetas en el invernadero o en el campo. De cada esqueje, se pueden producir nuevos esquejes. De esta forma se logra, partiendo de material sano, un número muy elevado de plantas y de tubérculos que pueden dar lugar a multiplicaciones controladas de material básico para nuevas categorías.

## 1.7 DAÑOS

En los lugares de lluvias persistentes o muy intensas ocurre el encharcamiento de los campos o ciertas partes de ellos, en estos casos aparecen daños debido a la inundación. Si el agua permanece sobre el terreno por un período de dos o tres días en la época estival, el cultivo de papa se puede marchitar permanentemente (Fig. 9). Cuando estas plantas se ararrancan, se observa una descomposición general del sistema radicular y putrefacción húmeda de los órganos de reserva (Fig. 10). Los daños producidos son atribuidos a las inundaciones

debido a los efectos de una aportación reducida de oxígeno en los órganos subterráneos de la planta. Uno de los factores -- que causa dichos daños es la alteración de la flora microbiana del suelo. En los terrenos anegados, se produce el envenenamiento de la parte superior de la planta por la formación de sustancias tóxicas (nitritos) causada por el desarrollo de microorganismos anaerobios.

## 1.8 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Los tubérculos cosechados se almacenan limpios y carentes de lesiones y magulladuras. El almacenamiento debe hacerse con papas previamente desecadas al aire con buena aereación y en capas de no más de 80 cm. Los tubérculos inmaduros se encogen por la pérdida de agua en exceso que contienen.

1.8.1 BODEGAS DE ALMACENAMIENTO.- Son de dos tipos, subterráneas y sobre el piso<sup>131,154</sup>. Deben cumplir con las sgts. características: oscuras, frías, de alta humedad y temperatura entre 2.2 y 4.4°C: deben proveer una insulación y ventilación adecuadas y contener espacio suficiente para clasificar y poner los sacos. La velocidad del aire del sistema de ventilación no debe exceder los 5 m./seg. para evitar la mala distribución de la Energía cinética. La ventilación se controla mediante los métodos que describen el movimiento del aire en la bodega, éstos son:

1.8.1.1 Circulación del aire alrededor de los tubérculos. El aire (natural o artificial) circula entre tubérculo y tubérculo para lo cual se construye un espacio de 5.08 cm. alrededor de la bodega, denominado ducto.

1.8.1.2 Circulación en forma de concha.- Se construye un ducto entre las papas y la pared pero aquí el aire rodea al producto en forma de concha.

Los ductos pueden ser primarios o principales y secundarios.

La capacidad de almacenamiento se obtiene con la fórmula<sup>65</sup>:

$$\frac{h \times W}{1.244} = \text{capacidad en Bushel/pie de profundidad}$$

Donde h = altura de las pilas de las papas

W = peso de los tubérculos

1.8.2 TEMPERATURA Y HUMEDAD.- Las óptimas condiciones de almacenamiento son: temperatura entre 2.2 y 4.4°C y humedad relativa entre 80 y 90%, así se evitan las pérdidas por transpiración<sup>65</sup>. Las bodegas de almacenamiento deben proteger en contra de las heladas, mantener la temperatura uniforme, mantener la condensación, proveer oxígeno suficiente para producir la ventilación adecuada y controlar la humedad<sup>65</sup>.

La temperatura es el factor más importante del almacenamiento. Los procesos de respiración, cambios de carbohidratos y la duración de la latencia se incrementan con la temperatura<sup>65</sup>.

A temperaturas superiores de 4.4°C se favorece la germinación y con ella el aumento de solanina, los tubérculos presentan necrosis, oscurecimiento del corte del estolón y de la médula interna, también ocurre la acumulación de azúcares lo cual da un sabor dulce de la patata<sup>65</sup>. El almidón se hidroliza a azúcares por acción enzimática reversible, los cuales pueden ser metabolizados tan pronto como se forman a temperaturas entre -1.1 y 4.4°C esto se debe a que las oxidasas respiratorias se inhiben, mientras que las amilasas siguen activas<sup>144</sup>.



Los azúcares acumulados pueden ser sacarosa y azúcares reducidos.

La humedad relativa óptima está entre 80 y 90%, se debe evitar la pérdida de agua de los tubérculos (encogimiento) mediante buena ventilación y una superficie de condensación en las bodegas de almacenamiento, ésto es para que se condense -- la humedad natural de los tubérculos, dicha superficie puede ser una placa metálica.

El control de la Humedad y de la Temperatura durante el almacenamiento determina la fisiología de las patatas, la cual se ve influenciada por las tres fases presentes durante el almacenamiento<sup>131</sup>:

1.8.2.1 Período de Curado (Cicatrización).-- Se inicia en el momento en que las papas se almacenan, dura de una a tres semanas dependiendo de las condiciones de los tubérculos. La atmósfera de almacenamiento conduce a la suberización del tubérculo y a la cicatrización del corte del estolón y de las heridas provocadas durante la cosecha. La suberización se inicia de 2 a 5 días después del almacenamiento a 20 o 7.7°C respectivamente y una humedad relativa del 90%. La formación de la peridermis sucede entre el 13o. y el 15o. día a temperaturas de 20 y 7.7°C respectivamente, su función es proteger a los tubérculos de la putrefacción.

La cicatrización de heridas se lleva a cabo 4 días después de estar expuestos a las condiciones óptimas y se considera indispensable puesto que es la que controla la entrada de microorganismos patógenos (E. atroseptica y E. carotovora)-- a los tubérculos con lesiones y heridas, el grado de la infección se basará en el número y profundidad de las mismas.

En este período es cuando los tubérculos pierden la mayor cantidad de agua. El promedio de pérdidas es del 4 al 8% durante 5 a 7 meses de almacenamiento. Las pérdidas surgen por los procesos de respiración, evaporación del agua durante la ventilación (transpiración) y por daños microbiológicos<sup>53</sup>. Así como también se desarrolla el proceso de respiración, el cual se conoce como la combinación del  $O_2$  del aire con los almidones y azúcares de los tejidos de los tubérculos, y la eliminación de  $CO_2 + H_2O$  como productos finales, este desprendimiento de agua produce pérdida de peso en los tubérculos. La respiración se incrementa con la temperatura y en los tubérculos mallugados y decrece con la madurez<sup>131</sup>.

La pérdida de agua en forma de vapor (se denomina Transpiración o Evaporación) se lleva a cabo a través de las lenticelas y del peridermo. La pérdida de agua por respiración es menor que por transpiración<sup>131</sup>.

Los daños microbiológicos ocasionan pérdidas serias de agua, y se desarrollan si hay agua libre en la superficie de los tubérculos, por lo tanto es esencial evitar la condensación del vapor de agua proveniente del aire de la ventilación. Hylmo (1970), describió la condensación del vapor de agua en las pilas de papas durante el almacenamiento. Ocurren diferencias de temperatura en las pilas de papas cuando el aire de la ventilación se distribuye mas, esto es debido a que hay gran distancia entre los ductos secundarios. La temperatura del aire alrededor de la pila decrece si la temperatura externa (aire natural usado como ventilación) es muy baja, y enfría a los tubérculos de las capas superiores e inferiores respectivamente. Por lo tanto, como los tubérculos estarán más fríos que el aire del ducto principal, ocurre la condensación de los tubérculos inferiores. La variación de la temperatura en la capa superior de la pila provoca la condensación del vapor de --

agua cuando la temperatura externa disminuye y promueve la formación de putrefacción húmeda en las papas.

La condensación del vapor de agua se minimiza por sistemas de ventilación continua y calentamiento del aire de la parte superior de la pila.

1.8.2.2 Período de Descanso.- Fase en la cual las papas están en latencia. Se disminuye la temperatura de 15.5 a 4.4°C, en un tiempo de 4 a 6 semanas y la humedad relativa se mantiene al 85-90%. La temperatura se baja a 4.4°C ya que a dicha temperatura se induce la latencia. Los efectos de dicha reducción son:

1.8.2.2.1 Reducción de la transpiración y de la respiración.

1.8.2.2.2 Retardar o interrumpir la actividad de los microorganismos E. atroseptica y E. carotovora.

Se reduce 1°F por día hasta llegar a los 4.4°C. Los tubérculos utilizados para procesos se bajan hasta 10°C, mientras que los de consumo humano y papa semilla a 3.3 - 4.4°C.

Se pierde de 0.3 a 0.5% de agua por mes en este período. Los cambios químicos llevados a cabo son: acción reversible de almidón azúcares y conversión de éstos a  $CO_2 + H_2O$ . La conversión de almidón a azúcares es reversible entre 10 y 15.5°C y, a temperaturas menores se incrementa la producción de azúcares.

1.8.2.3 Período de Germinación.- Fase durante la cual progresa la germinación. Se agregan sustancias químicas para controlar esta fase y así prolongar la latencia. Otra vez se incrementa la temperatura a 10°C, manteniéndola constante hasta - -

unas semanas antes del cultivo. Entre los inhibidores de la germinación más usuales tenemos: Hidracida Maleica (MH) aplicado como pulverizado; Tetracloronitrobenceno (TCNB); ácido acético-naftaleno y feniluretano; los tres últimos son espolvoreos aplicados a los tubérculos después de su lavado y antes del almacenamiento.

Los tubérculos cosechados totalmente maduros germinan más rápido que los que se cosecharon inmaduros.

El agua y los sólidos totales que se mueven del tubérculo durante su latencia, actúan como alimentos para el nuevo brote durante la germinación.

La yema apical es la primera que brota.

1.8.3 SELECCION, CLASIFICACION, LIMPIEZA Y EMPACADO DE LOS TUBERCULOS.- La selección tiene el fin de eliminar los tubérculos en mal estado y fuertemente dañados, se lleva a cabo teniendo en cuenta los antecedentes de cada campo y muy especialmente la incidencia del Pie Negro<sup>65</sup>.

Las papas se clasifican en dos grupos de acuerdo a su destino:

1 8.3.1 Para almacenes frigoríficos: Deben estar libres de tierra y restos de vegetación (Características ya descritas).

1.8.3.2 Para Pilonas: Los tubérculos se conservan en pilones por un término de 30 a 60 días si se cumplen las exigencias requeridas en cuanto a la selección de los campos, la calidad de la cosecha y cuidado en el transporte y manipulación. Es necesario impedir que se tiren o maltraten los sacos durante su cargo, traslado y descarga. Los camiones para el transporte -

de los pilones deben tener suficientes ventanas para garantizar una ventilación adecuada, así como también estar desinfectados con una solución de oxiclóruo de cobre a razón de 1.36-Kg/378.54 lt de agua o espolvoreando con Zineb al 15%.

La limpieza se lleva a cabo mediante el cepillado y lavado de los tubérculos. El primero se realiza haciendo pasar a los tubérculos por rodillos con cepillos de cerdas para eliminar el polvo y la tierra. Se utiliza agua para el lavado y se aplican tres métodos: pulverizadoras (spray), roceadoras y abrasivos, en todos los casos se suministran 3785 lt/Ton. -- de patata<sup>65</sup>.

El empaqueo de las papas se lleva a cabo en sacos de capacidad de 45.35 Kg. netos<sup>116</sup>. También pueden guardarse en cajones de madera superpuestos o bien en una única capa cubierta de turba, la cual no es necesaria si la bodega de almacenamiento es oscura. Se forman montones protegidos de estratos alternantes de tierra y de paja cuando la cantidad de tubérculos a guardar es elevada, ésto se hace asegurando la circulación del aire mediante canalículos formados por armazones de madera<sup>102</sup>.

1.8.4 TRANSPORTE.- Los camiones que se utilicen en el transporte de la papa deben estar equipados con encerados, a fin de que no afecte en caso de lluvia. La transportación de los tubérculos con destino a frigoríficos debe garantizarse que sea efectuada antes de las 11 a.m. y posterior a las 2 p.m. para evitar la afectación de los mismos por los rayos solares<sup>116</sup>.

## 1.9 PRACTICAS CULTURALES PARA EVITAR PERDIDAS EN EL CULTIVO-DE LA PATATA<sup>116</sup>.

1.9 1 Efectuar la recolección cuando los tubérculos estén maduros y la piel totalmente suberificada (desarrollada).

1.9.2 Utilizar sacadoras con potencia para no dañar a los tubérculos. Debe haber suficiente cantidad de tierra sobre la cadena de la sacadora para que sirva de colchón a los tubérculos y se provengan las magulladuras.

1.9.3 Ajustar la velocidad de la sacadora y, si es necesario cambiar los agitadores (debajo de la cadena) por rodillos.

1.9.4 Proteger las partes de la sacadora que puedan causar daños o heridas, con llantas de carros, plásticos, materiales de goma y lonas.

1.9.5 Permitir que los tubérculos cortados se sequen y que la piel repose por lo menos durante una hora antes de que se recojan, lo anterior reduce los daños de la piel y las magulladuras de las patatas.

1.9.6 Almacenar los tubérculos en un área desinfectada, para lo que se utiliza un fungicida e insecticida que contenga  $\text{CaO}$  y  $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)_2$ .

1.9.7 Almacenar las papas recién cortadas durante 10 a 14 días a una temperatura entre 10 y 15.5°C, posteriormente disminuir la temperatura entre 1.1 y 3.3°C. Si las papas se mantienen a -1.1°C o a temperaturas menores se congelan, a temperaturas superiores de 4.4°C germinan y se endulzan entre -1.66 y 1.1 después de algunas semanas.

La humedad relativa del aire se mantiene entre 90 y 95%.

1.9.8 Si es necesario, utilizar ventilación sólo para mantener el control de la temperatura y de la humedad del área de almacenamiento, haciendo uso de termómetros e higrómetros.

1.9.9 Excluir la presencia de la luz en las bodegas de almacenamiento para evitar que las papas tomen una coloración verdosa.

CAPITULO 2  
HISTORIA

2.1 HISTORIA DE LA PIERNA NEGRA EN LA PATATA.

Las primeras descripciones de la Pierna Negra de la papa fueron publicadas en 1897 y 1899 por Erwin Frank Smith<sup>120</sup>, quien consideró a la bacteria Micrococcus phytophthorus como el organismo causal.

En 1901, Jones<sup>166</sup> nombró a Bacillus carotovarus como la bacteria causante de putrefacciones húmedas o blandas en vegetales.

Según Jennison<sup>79</sup> y Kotila y Coons, van Hall (1902) -- presentó una descripción de la enfermedad y diagnosticó que Bacillus atrosepticus era el microorganismo responsable de la misma<sup>37</sup>.

En Alemania (1903), el patólogo Appel manifestó los síntomas del Pie Negro y nombró al organismo causal Bacillus phytophthorus<sup>37,79,120</sup>.

L.R. Jones<sup>46</sup>, fitopatólogo americano, reportó una descripción de la enfermedad y su incidencia en Bélgica, Inglaterra, Francia, Alemania y Holanda en 1905; así como en Estados Unidos (Vermont) en 1906. Jones ya había estudiado y mencionado al microorganismo patógeno causante de la putrefacción blanda Bacillus carotovorus, pero no especuló que fuera el organismo causal de la Pierna Negra. Dicho investigador introdujo el nombre de la enfermedad manifestándola como traducción del alemán -- "schwarzbeinigkei"<sup>79</sup>.



En Canadá, Harrison<sup>67,78</sup> describió la enfermedad y -- nombró al organismo causal Bacillus solanisaprus (1907); decía que los tejidos vasculares se suavizaban tanto que los retoños-- (podridos y negos) caían al suelo. De la misma manera, fueron-- definidas las características externas de la enfermedad por --- Appel, quien a diferencia del primero sugería que las partes -- leñosas permanecen lo suficientemente fuertes para sostener a -- los retoños.

En el mismo año, Morse detectó la Pierna Negra en -- Maine (Noreste de Estados Unidos)<sup>46</sup>.

En 1910, Burkholder y Smith<sup>18</sup> dividieron en dos gru-- pos a los microorganismos aislados de diferentes fuentes:

- a) Erwinia carotovora (L.R. Jones) Holland.
- b) Erwinia atroseptica (van Hall) Jennison.

Sólo los microorganismos del segundo grupo provocaban síntomas del Pie o Pierna Negra sobre plantas de papa.

En el mismo año, Smith declaró que Bacillus solanisa-- prus (Harrison) tenía características similares pero no idénti-- cas a B. phytophthorus (Appel).

En Irlanda, Pethybridge y Murphy (1911) identificaron a Bacillus melanogenes como el organismo causal de una enfer-- medad similar a la Pierna Negra en la papa denominada tallo ne-- gro o putrefacción negra del tallo <sup>37,70,120</sup>. El microorganis-- mo que ellos aislaron de plantas enfermas difería muy poco a -- los descritos por Appel y van Hall, por lo que sugirieron que -- podría ser una variedad del mismo. Según los últimos investi-- gadores, el microorganismo se presentaba principalmente en pa-- res y era de menor tamaño, mientras que para Pethybridge & Mur--

phy también el microorganismo se presentaba en pares pero era de mayor tamaño.

Jennison (1913) realizó un estudio sobre Bacillus atrsepticus en Montana y, en 1915 investigó más a fondo las características morfológicas y fisiológicas del microorganismo causal del Pie Negro, esto último fué llevado a cabo en el Jardín Botánico de Missouri.

Hasta 1917, el microorganismo causal no había sido totalmente identificado en Gran Bretaña<sup>78,120</sup>, Morse concluyó que B. atrosepticus (van Hall), B. solanisaprus (Harrison) y B. melanogenes (Pthybridge y Murphy) poseían caracteres fisiológicos y morfológicos idénticos, por lo que los agrupó en una sola especie: B. atrosepticus; en el mismo año, Paine se refirió a dicha especie como la causante de la enfermedad.

Los estudios de Rosembau y Ramsey (1918) contribuyeron al conocimiento de la influencia de la temperatura en el Pie Negro de la papa<sup>79</sup>.

En 1919, Ramsey determinó que el microorganismo patógeno no sobrevivía el invierno y que la enfermedad se transmitía a la progenie si se sembraba papa semilla infectada<sup>79</sup>.

En 1920, Artshwager investigó la anatomía patológica de la Pierna Negra<sup>79</sup>.

Smith (1920) afirmó que entre Bacillus phytophthorus y B. carotovorus existía gran similitud, mientras que Paine y Chaudhuri (1923), St, John Brooks et. al. (1925), Menta (1925), Lacey (1926) y Berridge (1926) concluyeron lo contrario<sup>35</sup>. ---- Smith nombró al microorganismo patógeno igual que Appel ya que según van Hall, pierde su virulencia rápidamente en medios arti

ficiales.

Según Jennison (1921), en Irlanda el microorganismo causal de la enfermedad fué Bacillus atrosepticus.

En el mismo año, Shapavalov y Edson dieron una descripción exacta del microorganismo causal Bacillus phytophthorus (Appel).

En 1923, Bergey<sup>25</sup> describió tres especies de Erwinia: E. atroseptica, E. solanisapra y E. carotovora reportando que probablemente las dos primeras eran sinónimos.

Dowson (1941) consideró que Bacterium carotovorum y B. phytophthorum podían ser diferenciadas en base a algunas pruebas bioquímicas, como la utilización de la maltosa, xilosa e hidrólisis de la gelatina.

Posteriormente, Waldee en 1945 y Hellmers en 1959 sugirieron que E. solanisapra se consideraban sinónimos<sup>37</sup>.

Waldee (1945) denominó a la bacteria pectolítica conocida como la causante de la putrefacción blanda en un nuevo género: Pectobacterium, y sugirió a Pectobacterium carotovorum (Jones) Waldee como sinónimo de E. solanisapra<sup>37</sup>.

El género Erwinia, según Savulesco (1947), comprende tres especies: E. carotovora, E. phytophthora y E. solanisapra.

Algunos investigadores: Burkholder & Smith (1949), - Elliot (1951) y Bergey (1948 y 1957) mencionaron la existencia de dos especies de Erwinia: E. carotovora y E. atroseptica, -- para los tres primeros E. atroseptica era el agente causal de la Pierna Negra. Según Rudd Jones (1950), Hellmers & Dowson -

(1953), Volcani (1959), Hellmers (1959), Graham Dowson - -  
 (1960), Gorlenko & He (1961) "atroseptica" era variedad de - -  
 "carotovora", pero Bonde (1939) y Stapp (1961) sugirieron lo -  
 contrario.

A continuación se presentan sinónimos de la variedad-  
atroseptica utilizados en el pasado:

Bacillus atrospeticus van Hall, Bidjdragen tot de Kennis der  
 Bakteriele Plantanziekton, Tesis, 184, 1902.

Bacillus phytophthorus Appel, 1902.

Bacillus melanogenes Pethybridge & Murphy, 1911.

Erwinia atroseptica (van Hall) Jennison, 1923.

Bacterium atrosepticum (van Hall) Lehmann & Newman, 1927.

Erwinia phytophthora (Appel) Bergey et. al., 1934

Bacterium phytophthorum (Appel) Bur vits, 1935.

Erwinia phytophthora (Appel) Hauduroy et. al., 1937.

Pectobacterium phytophthorum (Appel) Waldee, 1954.

Pectobacterium atrospeticum (van Hall) Patel & Kulkarni, 1951.

Bacterium carotovorum (Jones) Bergey et. al. var. atrosepticum  
 (van Hall) Hellmers & Dowson, 1953.

Pectobacterium carotovorum (Jones) Waldee var. atrosepticum  
 (van Hall) Graham & Dowson, 1960.

Erwinia carotovora (Jones) Bergey var. atroseptica (van Hall)  
 Dye, New Zealand Journal of Science 12: 81 1969.

Hasta la fecha, el microorganismo es denominado Erwinia carotovora var. atroseptica según el Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8a. Ed., 174.

Los centros de colección de cepas que contienen a -  
Erwinia carotovora var. atroseptica son:

- NCPFB Colección nacional de bacterias patógenas de plantas; -  
Harpندن, Inglaterra.
- ICPB Colección Internacional de bacterias fitopatógenas: -  
U.S.A.
- ATCC Colección de Cepas americanas; U.S.A.
- PDDC División de la colección de cepas provenientes de plan-  
tas enfermas; Harpenden, Inglaterra.

## CAPITULO 3

TAXONOMIA Y CLASIFICACION DE Erwinia carotovora var.  
atroseptica

Según el Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8a Ed., de 1974, el organismo causal de la Pierna Negra de la patata presenta la siguiente clasificación:

## 3.1 REINO: PROCARIOTE

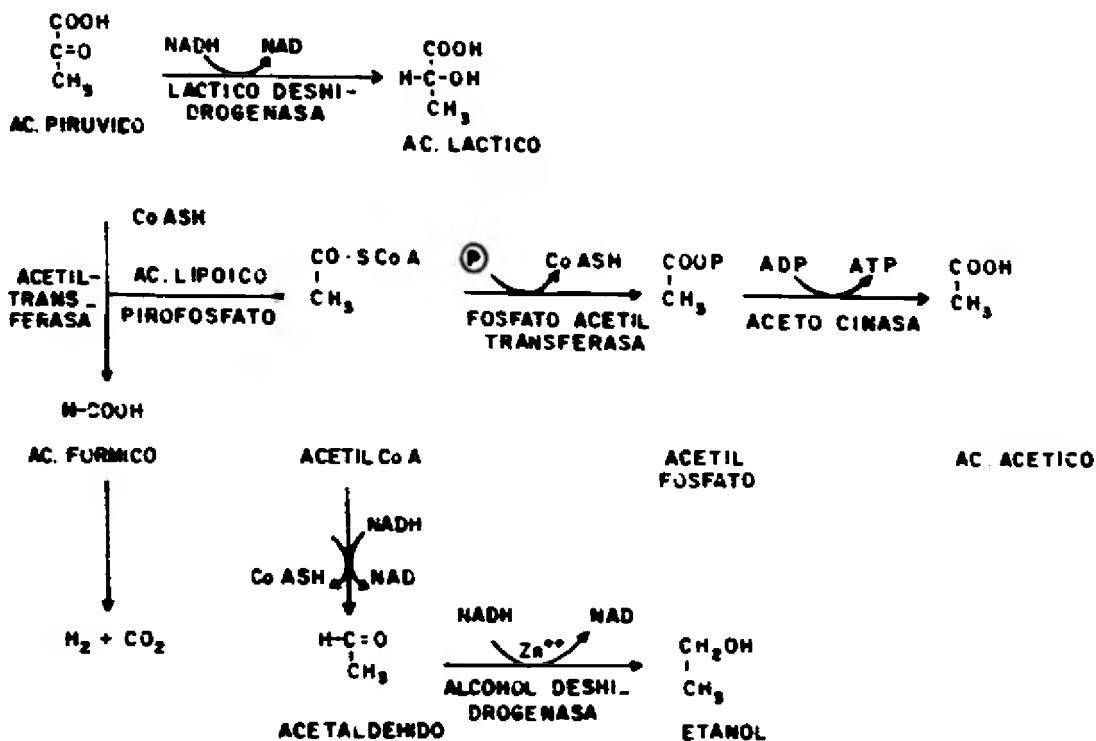
## DIVISION II: Bacterias

PARTE 8: Microorganismos Gramnegativos anaerobio-facultativos.

GENERO XII: Erwinia. Este género pertenece a la familia Enterobacteriaceae y a la tribu Erwiniae. La palabra Erwinia fue dada por Erwin F. Smith y proviene del latín<sup>17</sup>. Se conocen -- tres especies del género: E. amylovora, hervicola y carotovora.

3.1.1 CARACTERISTICAS<sup>16</sup>. - Bacilos gramnegativos, 0.5 a 1µm de diámetro por 1-3 µm de longitud; móviles por flagelos peritricos (1 a 6). Hidrolizan al almidón con obtención de dextrinas. Fermentan la fructuosa, glucosa, galactosa, metilglucósido y sacarosa, usualmente la manosa y ribosa pero muy raramente al adonitol, dulcitol y melicitosa. El microorganismo es capaz de utilizar como fuente de carbono al acetato, fumarato, gluconato, malato y succinato pero no al benzoato, oxalato y propionato. La producción de gas es mínima o ausente en muchas ocasiones. Los microorganismos de este género pueden seguir la fermentación ácidomixta (al igual que otras Enterobacterias), así como también la del Butanodiol; los productos finales se observan en el siguiente esquema:

### FERMENTACION ACIDO-MIXTA.







## FERMENTACION ACIDO-MIXTA Y FERMENTACION BUTANO-DIOL

El género Erwinia descarboxila a la arginina, lisina y ornitina y no descarboxila al ácido glutámico. Para determinar la descarboxilación se puede usar el método de Möller.

Raramente produce ureasa o lipasa. La temperatura -- óptima de crecimiento va de 27 a 30°C. Catalasa positivos y oxidasa negativos.

Las especies de este género son saprófitas y pueden -- ser patógenas para las plantas. El % de G-C es de 50 a 58.

Especie carotovora.

Bacillus carotovorus Jones 1901; Bacterium carotovorum (Jones) Lehmann y Neuman 1927; Pectobacterium carotovorum (Jones) Waldee 1945; carotovora proviene del latín carotazania y voro-devorar, es decir, devorador de zanahorias.

La producción de gas de carbohidratos es equivocada; algunas especies son anaerogénicas cuando están aisladas, -- otras producen cantidades pequeñas.

Erwinia carotovora var. carotovora (E.c.c.)

Causa putrefacción, principalmente de los tejidos de gran cantidad de plantas en almacenamiento; % de G-C 50.5-53.1- (TABLAS 3 A y 3 B)

Erwinia carotovora var. atroseptica (E.c.a.)

## CARACTERISTICAS (TABLAS 3 A y 3 B)

Bacilos Gramnegativos, no esporulados, se presentan solos, en pares o en cadenas cortas; su tamaño es de 0.5-0.8  $\mu$ m de diámetro X 1-2.5  $\mu$ m de longitud, móviles por flagelos peritricos con longitud de 10 a 15  $\mu$ m, y presentándose de uno a seis, no capsulados, anaerobios facultativos. Sus colonias, en la mayoría de los medios, van de gris blancuzco a blanco cremoso, lisas, redondas, brillantes, planas o ligeramente profundas, crecimiento rápido, visibles en placas de aislamiento después de 24 hrs.

La hidrólisis de gelatina y esculina es rápida, mientras que la de almidón es parcial llegando sólo hasta dextrinas la hidrólisis de la caseína es variable; reduce los nitratos a nitritos, produce acetofina más no  $H_2S$ . Rojo de metilopositivo e indol negativo. La prueba de la leche tornasolada es positiva con coagulación y producción de acidez.

Fermenta la glucosa con producción de ácido y gas - - aeróbica o anaeróbicamente. Se produce ácido a los 7 días si se tiene 1% de las sgts. sustancias en agua peptonada al 1% -- con púrpura de bromocresol como indicador: arabinosa, ribosa, xilosa, glucosa, galactosa, manosa, fructuosa, ramnosa, sacarosa, trealosa, celobiosa, lactosa, maltosa, melibiosa, rafinosa, sorbitol, manitol, salicina, - metil glucosidasa, metil glucosidasa y esculina; pero no de melicitosa, glicerol, dulcitol adonitol, inulina, dextrina y almidón.

Las sgts. sales orgánicas son usadas como fuentes de carbono: formato, acetato, citrato, gluconato, fumarato, lactato, malato y succinato, pero no propionato, oxalato, malonato,

TABLA 3 A

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES carotovora y atroseptica

	<u>E. carotovora</u> var. <u>carotovora</u>	<u>E. carotovora</u> var. <u>atroseptica</u>
Liquefacción de pectato	+	+
Protopectinasa de papa	+	+
Protopectinasa de zanahoria	+	-
Pigmento azul no difusible	-	-
Pigmento rosa difusible	-	-
Gas de glucosa	+	+
R.M	-	+
V.P	+	-
Reducción de nitrato	+	+
*Reducción de sucrosa	-	+
Fermentación de:		
Etanol	+	-
Dulcitol	+	-
Utilización de:		
Malonato	+	+
Tartrato-galacturonato	d	d
Urato de sodio	+	-
*Temp. máxima de crecimiento(°C)	37-40	33
Tolerancia de NaCl (%)	4-8	4-5
Crecimiento en KCN	d	+
Desaminación de Fenilalanina	-	-
Lipólisis.	d	-
Hidrólisis de gelatina	+	+
Hidrólisis de caseína	+	d
*Indol	-	-
Acetofina	+	+
*Levanas	d	-
*H <sub>2</sub> S	+	+

NOTAS: d = Variable.

\* = Características más usuales para diferenciar ambos microorganismos.

TABLA 3 B  
 PRODUCCION ACIDA PROVENIENTE DE CARBOHIDRATOS  
 Y OTRAS FUENTES DE CARBONO

	<u>E. carotovora</u> var. <u>carotovora</u>	<u>E. carotovora</u> var. <u>atroseptica</u>
Arabinosa	+	+
Manitol	+	+
Salicina	+	+
* ~ Metilglucosidasa	-	+
* Xilosa	+	+
* Rafinosa	+	+
* Etanol	d	-
* Dulcitol	-	-
* Inositol	d	-
* Lactosa	+	+
* Melicitosa	-	-
Melibiosa	+	+
* Maltosa	-	+
Adonitol	-	-
Celobiosa	+	+
Dextrina	-	-
Esculina	+	+
Glicerol	-	-
Manosa	+	+
Ramnosa	+	+
Ribosa	+	+

NOTAS: Resultados leídos después de 7 días de crecimiento en una solución acuosa al 1% de peptona y 1% de compuesto orgánico con púrpura de Bromocresol.

\* Características más usuales para diferenciar a ambas variedades.

tartrato o benzoato. Una fuente tanto de carbono como de nitrógeno es la asparagina.

Las pruebas de catalasa pectinasa y de citrato de --- Simmons son positivas. Mientras que: oxidasa, ureasa, fenilalaninasa, arginina, lecitinasa, fosfatasa, desoxirribonucleasa y las descarboxilasas para el ácido glutámico, arginina, lisina y ornitina son negativas.

No es sensible a la eritromicina pero sí a la impicilina, colimicina y penicilina. La tolerancia máxima al NaCl es 5%. La temperatura máxima de crecimiento es 33°C. El % de G-C va de 52 a 53.

Se distingue de la variedad carotovora porque no crece a 37°C; no fermenta al etanol; produce sustancias reductoras de sucrosa y ácido proveniente de la maltosa, lactosa y  $\alpha$ -metilglucosidasa<sup>14,18,38,51,79,147,166</sup>. Las sustancias reductoras de sucrosa son los disacáridos<sup>96</sup>: palatinosa o 6  $\alpha$ -D-glucopiranosil D-fructofuranosa y  $\alpha$ -D-glucosilfructuosa.

Los investigadores Burkholder, Paine & Smith atribuyen principalmente a Erwinia carotovora var. atroseptica como la responsable de la Pierna Negra<sup>2,18,38,40,41,46,50,55,58,58,59,79,84,91,97,120,121,124,129,135-136,143,146,147,150,154,155,165,166,172</sup>.

Pero recientemente Stanghellini Meneley<sup>149,150</sup>, Molina y otros investigadores<sup>2,3,5,40,41,50,84,97,140,147</sup>, determinaron que Erwinia carotovora var. carotovora también puede ser el microorganismo causal de la enfermedad.

CAPITULO 4  
SINTOMAS DE LA PIERNA NEGRA

4.1 DEFINICION.

Los síntomas se definen como las manifestaciones de -- las alteraciones o trastornos en los aspectos morfológicos y -- fisiológicos de la planta<sup>166</sup>.

La planta manifiesta los síntomas típicos de la enfermedad como resultado de la destrucción de los tejidos provocados por Erwinia carotovora var. atroseptica<sup>170</sup>. Las plantas -- puede ser atacadas por el microorganismo patógeno en todas las fases del período vegetativo mostrándose los síntomas típicos -- más pronunciados cuando el ataque se presenta al principio del desarrollo<sup>5,103,155</sup>.

Las primeras manifestaciones de los síntomas aparecen inmediatamente después de la siembra<sup>58,59</sup>, aunque los síntomas típicos ocurren dos meses y medio después de la misma (época -- de la emergencia), exhibiéndose la muerte de la planta en las -- tres o cuatro semanas siguientes<sup>67,94</sup>. Así, la P.N se clasifica en Pre y Post-emergente dependiendo si se manifiesta antes -- o después de la emergencia<sup>87</sup>.

El desarrollo de los síntomas depende de las condiciones ambientales<sup>149</sup>. La enfermedad progresa tan rápidamente bajo condiciones de Humedad alta que frecuentemente no se expresan todos los síntomas antes de que la planta muera<sup>62,81</sup>.

## 4.2 CLASIFICACION

Los síntomas se clasifican en primarios y secundarios o reflejos. Se denominan primarios los que presentan las partes de la planta directamente atacadas por el microorganismo - patógeno y secundarios aquellos que ocurren en los órganos -- que no son atacados directamente por el microorganismo cau---sal<sup>79</sup>.

## 4.3 DESCRIPCION DE SINTOMAS

Los síntomas característicos se manifiestan en el tubérculo madre, el follaje, el tallo y la progrenie (tubérculos-hijos). Cuando la planta es joven y empieza a tuberizar, se observa un marchitamiento que se inicia en los brotes apicales y posteriormente abarca el resto del follaje. Las hojas pierden turgencia, la base del tallo cambia de color y se pudre<sup>12</sup>.

4.3.1 SINTOMAS SECUNDARIOS.- Son las primeras manifestaciones de síntomas en la planta<sup>79</sup>.

4.3.1.1 Follaje y Hojas.- Cuando la planta está desarrollada, la manifestación de la infección consiste en un cambio de coloración del follaje,<sup>5,22,38</sup> el cual adquiere un tono amarillento y enrulamiento de las hojas apicales.

La planta se puede caracterizar por el Nanismo, es -- decir reducción de su tamaño<sup>5,16,39</sup> por la disminución de la emergencia o por la interrupción de su crecimiento<sup>5,16,40,46,-58,59,149,152,172</sup>.

Las hojas cambian su color verde normal tornándose a un ligero tono amarillento (clorosis)<sup>5,16,40,59,59,67,79,120,-132,149,152,166,172</sup>, que principia en los bordes y se acentúa-

conforme el tiempo transcurre. En ocasiones, los ápices de los folíolos toman una coloración rojiza<sup>166</sup>.

Antes de que la planta comience a marchitarse se observa el enrulamiento de las hojas quedando semiacartuchadas<sup>22,152</sup>. Los bordes de los folíolos se doblan hacia arriba y adentro ocasionando el enrulamiento longitudinal característico<sup>5,16,58,59,79,132,149</sup> (Fig. 11). Las hojas enrolladas mantienen brillo metálico<sup>5,46,79</sup>.

Algunos investigadores determinaron que las hojas apicales (parte superior de la planta) manifiestan el amarillamiento y simultánea o posteriormente sobreviene la necrosis de los bordes que provocan su enrulamiento, el cual va avanzando hacia la nervadura central (pecíolo). Luego los síntomas se observan en las hojas centrales e inferiores<sup>5,79,84,132,147,155,166</sup>. Stanghellini y Meneley manifestaron que las hojas jóvenes se enrollaban y las más viejas se amarillaban.

El marchitamiento de las hojas es reversible en las primeras fases de la infección acentuándose durante las horas más calurosas del día y conforme la enfermedad progresa es irreversible o permanente.

Posteriormente, sobreviene el marchitamiento general del follaje manifestado por tornar a una coloración café oscura o negra dependiendo de la etapa de la enfermedad, este cambio se debe a las variaciones en los tejidos adyacentes a los haces vasculares<sup>22,58,59,67,79,120,132,166,172</sup>. (Fig. 12)

Son característicos el endurecimiento y textura xerofílica (sequedad) de las hojas apicales, ramas y vainas ya que se mantienen más rígidas y enhiestas de lo normal<sup>16,22,79</sup>.



Por último ocurre la necrosis que produce la muerte - total o parcial del follaje<sup>5,22,79</sup>.

4.3.1.2 Tubérculos aéreos.- Es posible el desarrollo de tubérculos aéreos en la parte basal del tallo, es decir al nivel de la tierra o unos cms. arriba; este síntoma se manifiesta -- únicamente cuando todos los estolones de la planta desarrollados han sido destruidos por el microorganismo patógeno<sup>5,46,79,84,132,149</sup>; además presentan los mismos cambios anatómicos que -- los tubérculos subterráneos.

4.3.2 SINTOMAS PRIMARIOS.- Dichos síntomas son los más notables.

4.3.2.1 Tallo.- El síntoma típico y característico de la -- Pierna Negra se presenta en la base del tallo en la que usualmente de 15 a 30 cms. debajo del nivel del suelo (tallo subterráneo) pero de 7 a 10 cms. arriba del mismo (tallo aéreo) se observa una corteza arrugada con lesiones café oscuras o negras; al hecho anterior se le denomina ennegrecimiento del tallo subterráneo<sup>5,16,22,39,40,46,58,59,67,79,84,120,147,149,152,155,166,172</sup> el cual por tener forma cónica-alargada asemeja -- una pierna de donde se originó el nombre de Pierna Negra (traducción del alemán "schwarzbeinigkeit")<sup>79</sup> (Fig. 13). En esta fase de la enfermedad el tallo aún se encuentra firme a la -- tierra<sup>58,59</sup>.

No todos los estolones (tallo subterráneo) de la planta se afectan algunas veces sólo uno o dos muestran síntomas<sup>58,59</sup>.

La putrefacción de la parte basal del tallo se ve -- favorecida por las lluvias abundantes y a intervalos cortos, - alta humedad relativa ambiente y riegos excesivos<sup>22,46,58,59</sup>.

La enfermedad se propaga rápidamente bajo condiciones favorables debido a que el microorganismo causal tiende a diseminarse del tubérculo madre hacia la parte basal del tallo - - aéreo<sup>79</sup>. La putrefacción se presenta porque las bacterias se limitan a los tejidos parenquimáticos del tallo, a la médula y al córtex<sup>79</sup>.

Los síntomas de la parte basal del tallo se deben a - que las bacterias invaden los tejidos vasculares (vasos xilemáticos y floemáticos) y la médula, provocando su putrefacción - ya que ésta se seca en las últimas fases de la enfermedad y el tallo queda hueco del centro<sup>46,79,84,120,132,152,155</sup>; como consecuencia los tallos se desintegran, resquebrajan y arrancan - fácilmente al ser jalados, lo que constituye junto con los - - otros síntomas un diagnóstico positivo de la enfermedad<sup>5,22,79,149</sup>.

Las lesiones de la parte basal del tallo también presentan brillantez<sup>149</sup>, putrefacción blanda y consistencia húmeda, pegajosa, suave y mucosa<sup>16,58,59,132,147,152,166,172</sup>.

Una vez desintegrado el tallo, pierde rigidez, se observa su inclinación y posteriormente su caída al suelo, esto aunado al marchitamiento de la planta provoca su muerte<sup>5,16,22,58,59,67,79,132,149,152,155,166</sup>.

Los tallos afectados por la Pierna Negra son más gruesos de lo normal<sup>5</sup>.

4.3.2.2 Tubérculo madre y Tubérculos hijos.- Se determina al tubérculo madre como la principal fuente de inóculo de la enfermedad. Si el trozo semilla o tubérculo madre está contaminado en el momento de la siembra, las bacterias se transmiten a la progenie a través de los tejidos vasculares de los estolo

nes. El mecanismo es el sgte.: las bacterias se movilizan en el tubérculo madre, pasan a lo largo de los estolones y penetran a los tubérculos hijos a través del corte del estalón<sup>16</sup>, -48,58,84,120,155; este último se ennegrece por contener el pigmento melanina y contiene putrefacción blanda<sup>22,48,79,132,-149</sup>.

La progenie manifiesta putrefacción blanda en la mayor parte o en todo el tubérculo<sup>58,59,67,84,149,166</sup>, que se inicia en la inserción del estalón<sup>152,155</sup> (Fig. 14).

En ocasiones no hay emergencia de la progenie debido a la fuerte contaminación del tubérculo madre<sup>79,172</sup>. Es frecuente observar el pie negro en tubérculos recién cosechados y en los casos en que el tubérculo madre está muy infectado el microorganismo patógeno invade a la progenie un mes después de la siembra<sup>79</sup>.

La pulpa pierde su consistencia vítrea para transformarse en una masa opaca como resultado de la lisis del parénquima amiláceo<sup>67</sup>. La putrefacción de los tubérculos se puede iniciar en cualquier fase del período vegetativo, al principio el tejido parenquimático (de reserva) va de blanco o cremoso, manifestándose una consistencia cavernosa, húmeda, mucilaginoso y suave<sup>22,67,155</sup>; conforme la enfermedad avanza se observa una banda delgada, café oscura o negra que rodea a la zona de putrefacción blanda y limita al tejido sano del infectado<sup>22,58,59,67</sup> (Fig. 15), hacia la parte sana de la papa el parénquima mantiene su color normal mientras que la porción enferma cambia a café claro y negro<sup>67,79,154,172</sup>.

En ocasiones los tubérculos con Pierna Negra despiden un olor a podrido semejante al H<sub>2</sub>S.

Algunos investigadores mencionan que los tejidos par<sup>u</sup> quimáticos descompuestos presentan un líquido turbio, viscoso de color blanco, gris o rosa que al exponerse al aire se enene<sup>u</sup> grece, ésto se debe a la oxidación de pigmentos<sup>46,67,87,79</sup>.

Una planta enferma puede presentar uno o más tubércu<sup>u</sup> los con Pierna Negra conservándose sanos los demás<sup>22</sup>, la infec<sup>u</sup> ción se puede extender por el contacto entre los tubérculos - infectados y los sanos<sup>67,79</sup>.

Dependiendo de la fase del desarrollo en la que se -- infectó la planta, los tubérculos jóvenes pueden mostrar dete<sup>u</sup> rioro total, putrefacción superficial en el corte del estolón- o decoloración de los tejidos vasculares<sup>46</sup>.

Los síntomas de los tubérculos incluyen la pérdida -- del color de la cáscara, que pasa a café o negro, facilidad de eliminación o pelado y magulladuras<sup>46,67,79</sup>.

La enfermedad no es detectable en los tubérculos hi<sup>u</sup> jos durante las primeras fases de la enfermedad, debido a que es difícil diferenciar a simple vista los tejidos infectados - de los sanos<sup>79,155</sup>. Cuando el ataque de la enfermedad no es - tan severo, los tubérculos hijos parecen estar sanos en el mo<sup>u</sup> mento de la recolección y se pueden infectar durante el almace<sup>u</sup> namiento<sup>16,58,59,67,132</sup> o en el siguiente cultivo si son utili<sup>u</sup> zados como papa semilla, debido a que Erwinia atroseptica se - perpetúa en los tubérculos hijos; cuando la infección es seve<sup>u</sup> ra, los tubérculos infectados caen al suelo<sup>58,59</sup>.

Sin embargo algunos autores han informado de variacio<sup>u</sup> nes de estos síntomas clásicos:

Leach (1931) mencionó que en Minnesota, la base del tallo de las plantas enfermas generalmente es de color café y después negra y que los tejidos afectados de la médula no son húmedos sino secos. En 1975, Stanghellini y Meneley reportaron la ocurrencia de dos tipos de síntomas en Arizona: una coloración negra típica de la base del tallo y una coloración café atípica, la cual se extiende dentro de la médula de 2 a 10-mm. de la lesión<sup>150</sup>.

Akio Tani determinó que el ennegrecimiento de la base del tallo se puede prolongar al raquis o eje central y posteriormente al pecíolo ocasionando el ennegrecimiento de algunas hojas, este último síntoma también lo afirmó Harrison<sup>67,--</sup> 155.

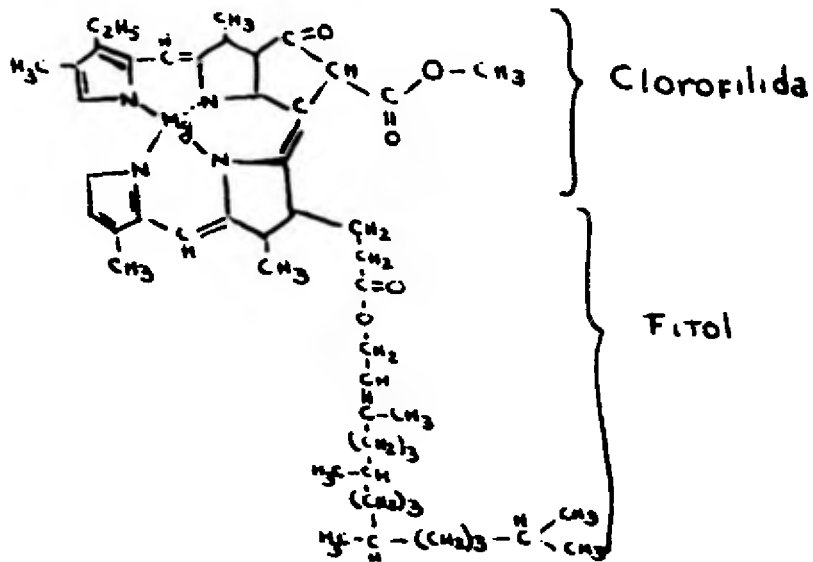
#### 4.4 EXPLICACION DE SINTOMAS

El microorganismo patógeno penetra a los tubérculos, ya sea que provenga de la papa semilla o penetre a través de las lesiones, magulladuras o lenticelas agrandadas.

Las bacterias invaden el parénquima de reserva del tubérculo, y luego avanzan hacia los tejidos vasculares y adyacentes, es decir, a los vasos xilemáticos que son los tejidos de conducción del agua, como consecuencia de dicha invasión -- los microorganismos obliteran y bloquean los tejidos xilemáticos de tal manera que<sup>166</sup>:

- a) Los vasos xilemáticos se oscurecen.
- b) Hay reducción total o parcial del transporte de agua y -- principios nutritivos, por lo que las hojas presentan a ma rillamiento y enrulamiento.
- c) La planta se marchita y muere.

El marchitamiento de las hojas y de la planta es general indica la insuficiencia de agua en los tejidos, hechos que también provoca la cerrada de los estomas de las hojas limitándose al intercambio gaseoso y reduciéndose la fotosíntesis. El amarillamiento y enrulamiento de las hojas se debe a la deficiencia de agua y a la reducción de la clorofila; se produce la enzima colorofilasa que cataliza la escisión de la clorofila en fitol y clorofila dando lugar a la destrucción de la estructura laminar<sup>170</sup>.

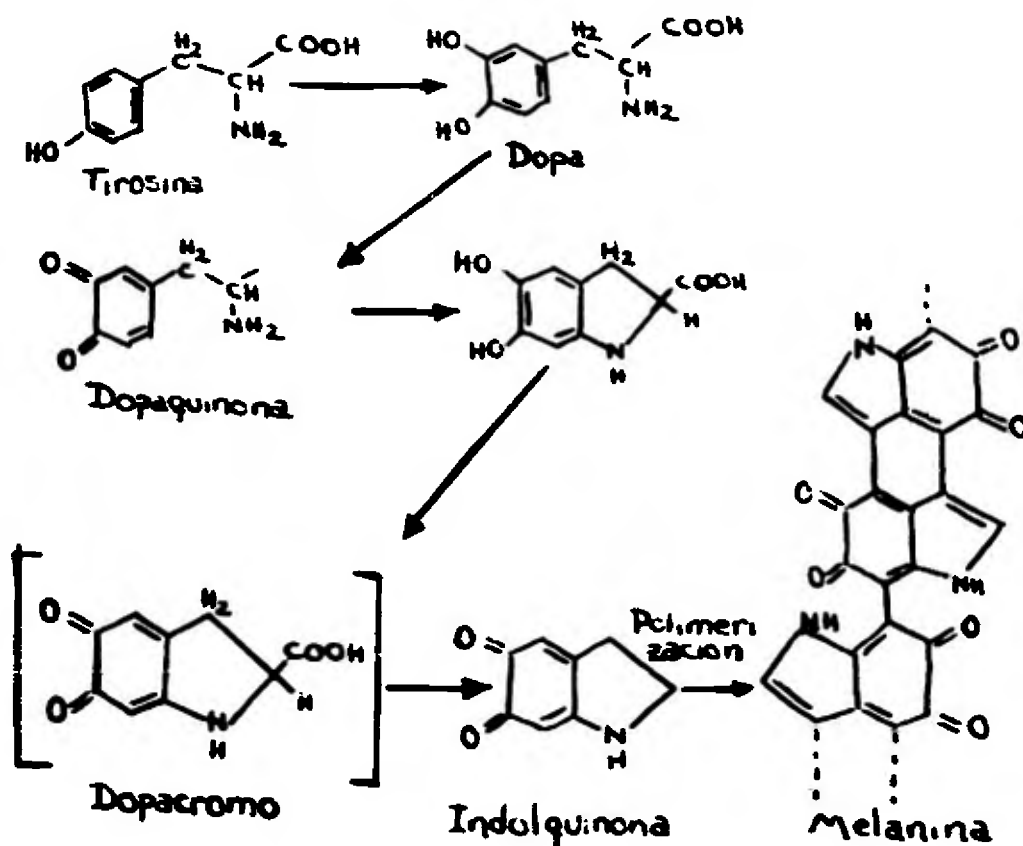


Puesto que la respiración se debilita al avanzar los síntomas de la marchitez, es probable que estos fenómenos interfirieran con los sistemas enzimáticos, incluyendo aquellos que regulan la función clorofílica<sup>166</sup>.

En 1924, Bennet y Bartholoneiro explicaron el enengrecimiento de la médula interna de los tubérculos: las temperaturas y humedades altas consumen el abastecimiento del O<sub>2</sub> necesario para la respiración, por lo que concluyeron que esa coloración es debida a la deficiencia del O<sub>2</sub><sup>65</sup>. El O<sub>2</sub> es tomado --

por la superficie del tubérculo antes de que llegue a los tejidos internos, por lo que estos mueren asfixiados<sup>22</sup>.

El cambio de coloración de los tejidos vasculares y parenquimáticos se produce por la falta de  $O_2$ , con temperaturas altas o bajas (Pierna Negra) durante un periodo prolongado. Se determinó que ello se debe a un proceso enzimático por el cual la tirosina, aminoácido presente en el tubérculo y tallo, sufre una serie de procesos y se transforma en melanina<sup>45</sup> (pigmento negro) actuando como catalizador la tirosinasa.



## CAPITULO 5 CICLO DE LA ENFERMEDAD

### 5.1 DEFINICION

La concatenación de acontecimientos en el desarrollo de la enfermedad se conoce como ciclo de la enfermedad<sup>166</sup>.

### 5.2 DESCRIPCION

El ciclo de la enfermedad se presenta como respuesta a las relaciones medio ambiente-parásito e interacción huésped parásito.

La penetración de las bacterias es a través de heridas (mecánicas o provocadas por insectos) o de las lenticelas de tubérculos de patata recién cosechados, es decir lenticelas sin suberizar. Los microorganismos viven sobre los terrenos y en residuos vegetales en descomposición y para empezar la invasión es esencial la presencia de humedad abundante en la superficie de los tejidos con heridas. Una vez producida la infección se necesita un grado de humedad relativa alto para que la enfermedad progrese. Cuando los tubérculos en descomposición se colocan en una atmósfera seca, los tejidos descompuestos se deshidratan rápidamente, y pueden paralizar el progreso de la enfermedad.

Las bacterias penetran en los tejidos interiores de la planta y una vez dentro, viven y se reproducen únicamente en los espacios intercelulares<sup>7,16166</sup>, ya que no pueden invadir las células mientras están vivas. La multiplicación es -- por división celular reproduciéndose al doble cada 30 mins<sup>7</sup>.



El avance de las bacterias es asegurado por la secreción de varias enzimas (producidas por los microorganismos) -- que le van abriendo camino, con la destrucción de las laminitas medias; estas enzimas se difunden con anticipación al -- avance del agente patógeno y provocan una destrucción departe de la membrana celular<sup>10,166</sup>. Las células del tejido atacado se separan, luego se plasmolizan, secretan agua hacia los espacios intercelulares y finalmente mueren<sup>166</sup>.

### 5.3 ENZIMAS

Jones y Wood<sup>167</sup> figuran entre los primeros en estudiar los enzimas disolventes de los tabiques celulares en relación con los ataques de las bacterias de putrefacción blanda - 166

La desintegración celular se relaciona con la producción de las enzimas consideradas extracelulares ya que se localizan en los espacios intercelulares<sup>5,46,67</sup>; entre ellas tenemos las siguientes: DP, PME, PG, protopectinasa, PGL, PGTE, PL, PTE, P y celulasa.

Las sustancias pécticas en los tejidos vegetales se encuentran principalmente en las paredes celulares; la propectina es una sustancia que pertenece a la membrana primaria de las células, está formada por cadenas pactinadas largas y es insoluble en agua. Esta compuesta por cadenas lineales de moléculas de ácido galacturónico, cuyos grupos carboxílicos están esterificados por radicales metílicos. La pectina es un derivado soluble en agua, de la propectina y en el que distintos porcentajes de grupos carboxílicos siguen presentando radicales metílicos. Cuando la mayor parte de los grupos carboxílicos llegan a saturarse, el compuesto coloidal resultante se conoce como ácido péctico. El ácido péctico se combina con ca

tiones, tales como el calcio, para dar lugar a pectatos. El pectato cálcico es un componente normal de las laminillas medias (espacios intercelulares). La cadena del ácido péctico o de pectatos se rompe debido a la acción de las enzimas pectolíticas (secretadas por E.c.c y E.c.a)<sup>7,10,11,46,63,70,159,170</sup>, dando lugar a moléculas de ácido poligalacturónico de distinta longitud y finalmente de ácido monogalacturónico<sup>166</sup>.

Se han identificado principalmente tres grupos de enzimas pectolíticas causantes de la Pierna Negra:

La pectin-metil-estearasa (PME) es la enzima que da lugar a la demetilación de la protopectina o de la pectina, es decir separar el radical metílico de la cadena de protopectina o pectina, en cuyo proceso el radical metilo es reemplazado -- por un radical carboxilo. De este modo se forma ácido péctico, que a su vez puede ser neutralizado por calcio para formar -- pectatos<sup>166</sup>.

El segundo grupo de enzimas se conoce colectivamente como depolimerasas (DP); capaces de romper la cadena de la pectina en moléculas complejas de ácido poligalacturónico, mediante la hidrólisis de los enlaces glucosídicos<sup>166</sup>.

El tercer grupo de enzimas se conoce como poligalacturonasas (PG)<sup>12,166</sup>; actúan de forma muy semejante a las del -- grupo DP, Excepto en el hecho de que escinden las moléculas de pectina o de pectato hasta llegar al compuesto más sencillo, -- el ácido monogalacturónico<sup>166</sup>.

Las bacterias de putrefacción blanda excretan principalmente DP, y en menor grado PG PME<sup>10,12,70,166</sup>.

La actividad de E.c.c. y E.c.a. se inicia mediante -- la escisión de la cadena de los pectatos o de las pectinas<sup>7,16,70,159</sup> y puesto que la acción de la DP es la de disolver las laminillas medias desligando unas células de otras, el primer-paso en la Pierna Negra se inicia por la disolución de las laminillas medias<sup>5,7,16,45,46,67,70,120,166</sup>.

Posteriormente, los productos de desecho del crecimiento bacteriano provocan, igualmente la exósmosis de los azúcares y sales del interior de las células a los espacios intercelulares, donde sirven de fuente de alimento para el subsiguiente desarrollo de las bacterias<sup>7,166</sup>.

Las células de los tejidos previamente descompuestos, se plasmolizan. La continuación de este proceso es la responsable de la condición acuosa, de la pérdida de consistencia de los tejidos descompuestos y por último de su muerte<sup>16,67,166</sup>.

La producción de las enzimas pectolíticas depende de la concentración de la pectina de las paredes celulares y de la población bacteriana<sup>70</sup>.

Las membranas secundarias contienen fibrillas de celulosa, pectina y porcentajes variables de radicales metálicos - carboxílicos o únicamente estos últimos. Generalmente los tabiques celulósicos permanecen intactos, puesto que la celulosa rara vez se encuentra presente. Las pequeñas cantidades de celulosa son degradadas por la celulosa producida por E.c.c. ocasionando la separación celular de los tejidos<sup>10,11</sup>.

Algunos investigadores han detectado la producción de otras enzimas también extracelulares por E.c.a. y E.c.c.: -- Walton- protopectinasa; Tsuyumu Shinji<sup>164</sup> -Pectato-transeliminasa (PTE); Beraha & Garber<sup>10,11</sup> -Pectato-liasas (PL); Berndt<sup>12</sup>

Acido-poligalacturónico-transeliminasa (PGTE); Beraha & Garber 10,11, fosfatidasa (P).

Jones demostró que la actividad patogénica se debía a la difusión de la DP con anticipación a la progresión de las bacterias, mientras estas últimas se desarrollaban sobre los materiales procedentes de la licuación de las laminillas y las sustancias que provienen de la exósmosis celular<sup>166</sup>.

Harrison<sup>67</sup> demostró experimentalmente la presencia de la depolimerasa: precipitó la DP después de varios días de crecimiento de B. solanisaprus en caldo de papa y pasó a los tubos de prueba, en los que se colocaron pedazos de papa cuyas células se alteraron por la acción de la enzima. Lo anterior se comprobó cuando al vaciar una capa de agar sobre trozos estériles de papa cruda, el agar se licuó un poco al colocar a B. solanisaprus.

Walton estudió la producción de las enzimas pectolíticas y celolíticas de E. carotovora en tejidos enfermos de plantas de papa; concluyó que la óptima producción de DP se obtuvo a 25°C durante un día o a 20°C durante 3 a 5 días, mientras que la de la celulosa fue de 30°C durante 1 ó 3 días o a 25°C durante 5 días. Las óptimas actividades de la DP, PG y protopectinasa requieren los siguientes pH: entre 7 y 8, 9 y entre 7 y 9 respectivamente.

Hall et.al.<sup>64</sup> demostraron que el pH óptimo de la PTE secretada por E. atroseptica es de 9, y el del tejido de la planta de 6.5. Sin embargo se lleva a cabo la separación celular a pesar del pH desfavorable para la enzima.

Según Berndt<sup>12</sup> la PGTE se produce con el ácido galacturónico como fuente de carbono.

#### 5.4 HISTOLOGIA

Las bacterias ocupan los espacios intercelulares durante todas las fases de colonización y su diseminación se facilita por la producción de las enzimas pectolíticas que degradan las laminillas medias y desintegran los tejidos parenquimáticos y vasculares<sup>166,170</sup>.

Según Fox et. al.<sup>45</sup> y Barnes<sup>7</sup> E.c.a. y E.c.c. se limitan a los espacios intercelulares en el:

- a) Tejido parenquimático: del tallo, de la corteza o córtex y de la médula (parénquima de almacenamiento)<sup>46,120,166</sup>.
- b) Tejido vascular: elementos floemáticos y xilemáticos del tallo y del tubérculo<sup>166,167</sup>.

Los tejidos jóvenes son más fácilmente infectados que los viejos debido a que los espacios intercelulares son muy reducidos<sup>67</sup>.

Según Artschwager<sup>5</sup> y Jennison<sup>79</sup> la planta manifiesta los siguientes cambios histológicos: aumento en la lignificación de los tejidos vasculares ocasionando el engrosamiento de las paredes celulares y reducción de la luz, transformación de las células parenquimáticas de la corteza y de la médula a esclereidas y presencia de cristales proteínicos.

5.4.1 XILEMA.- Los elementos del xilema no manifiestan cambios en su tamaño; las paredes se engruesan por tener mayor lignificación, esto provoca la reducción del lumen o luz; se observa oscurecimiento del xilema hasta la punta del tallo y los pecíolos, siendo más pronunciado en la parte basal. Comúnmente la pared celular toma una coloración negra pero en ocasiones el lumen se rellena con una sustancia color café, espe-

cialmente en los vaos xilemáticos mayores. En general, sólo - el xilema primario es afectado, pero en los casos más severos - el xilema secundario muestra la coloración<sup>5</sup>.

5.4.2 FLOEMA.- Las fibras del floema son más abundantes que las del xilema, también presentan engrosamiento de las paredes y mayor lignificación. El floema secundario es tan grueso que llena al lumen.

5.4.3 CORTEZA.- La corteza del tubérculo con Pie Negro contienen gran cantidad de esclereidas, mientras que en el tubérculo sano no existen. Se presentan en la parte basal y región apical del tallo, así como en las zonas perimedulares y periféricas.

Las esclereidas son células parenquimáticas con paredes celulares muy lignificadas que se encuentran disipadas o formando masas de tejidos reemplazando a la médula y parte de la corteza.

Los elementos floemáticos muestran cambios en el ápice y en el pecíolo.

La acumulación de almidón en el tubérculo disminuye - debido a que es utilizado para la formación de membranas secundarias en los tejidos xilemáticos y de las células parenquimáticas a esclereidas<sup>5</sup>.

5.4.4 HOJAS.- Presencia de gran cantidad de cristales proteínicos en todos los órganos de la planta, principalmente en las hojas<sup>5,46</sup>, mientras que bajo condiciones normales, dichos cristales se observan en las capas celulares periféricas de la corteza de los tubérculos; son de forma cúbica y tamaño pequeño<sup>5</sup>. Según Barley, Cohn y Heinricher las plantas sanas no manifiestan

tan cristales proteínicos en las partes aéreas, pero al ser infectadas se pueden localizar en el sistema vascular de la base del tallo. George Stock los determinó en los tubérculos aéreos de las plantas infectadas. Estos cristales constituyen la alimentación transitoria de la planta, son utilizados en el metabolismo de la misma y se acumulan al inhibir el crecimiento<sup>5</sup>.

5.4.5 CITOPLASMA Y PROTOPLASMA.- La descomposición de las redes celulares de la planta involucra la desorganización del citoplasma caracterizada por el agrandamiento de los microcuerpos, expansión de la membrana celular y su rompimiento. Fox et.al.<sup>45</sup> demostraron lo anterior siguiendo el método mencionado a continuación: Tubérculos de los cultivares King Edward y Majestic fueron inoculados con una suspensión de  $10^9$  células de E.c.a. por ml. de un cultivo de 18 hrs. de edad (NCPPB 138). Los tejidos se observaron en los microscopios de luz y electrónico como lo describen Fox et.al y se siguió el método de tinción de Albersheim para determinar la degradación de la pectina. Sus conclusiones fueron: E.c.a. se localiza en los espacios intercelulares del parénquima de almacenamiento y la desintegración a nivel celular es en el citoplasma, núcleo y -- plasmodesmos.

La multiplicación bacteriana se limita a la zona entre el tejido de relleno de las lenticelas y al felógeno del peridermo así como también a las células del oxalato cálcico y a los tejidos vasculares.

Los cambios a nivel pared celular son detectables únicamente con el microscopio electrónico. Los plasmodesmos (filamentos que unen dos membranas citoplásmicas atravesando los espacios intercelulares) aumentan su tamaño de 90 a 230 nm. y en ocasiones permiten la entrada de las bacterias a la cavidad celular (único caso de invasión intracelular).

El núcleo se agranda debido al ensanchamiento de la membrana nuclear y posteriormente se rompe; se manifiesta un incremento del diámetro de los lisosomas, probablemente su actividad sea la responsable de los cambios citoplásmicos. Los tonoplastos se ensanchan.

Se manifiestan dos bandas de suberina y gránulos de melanina en la pared celular; después de la separación celular se observan plastidios y cuerpos de mielina en las células suberizadas. En el citoplasma se localizan vacuolas que contienen melanina y están en contacto con la membrana plasmática.

Las enzimas pécticas secretadas por E.c.a. y E.c.c. incrementan la permeabilidad del protoplasma y posteriormente causan su muerte<sup>63,64</sup>, la cual se manifiesta antes de la separación celular.



CAPITULO 6  
RELACION MEDIO AMBIENTE-PARASITO

6.1 CONDICIONES PREDISPONENTES

Es imprescindible determinar las reacciones entre E.c.a. y la planta en relación a las condiciones del medio ambiente<sup>159,166</sup>. Los factores predisponentes más importantes corresponden a las condiciones ambientales desfavorables que incluyen excesiva humedad del suelo, anegamiento y temperaturas bajas<sup>2,22,48,97,129,135,167</sup>.

6.2 TEMPERATURA

Las temperaturas ambientales bajas no favorecen la aparición de síntomas típicos pero perpetúan al parásito; en cambio si bien bajo temperaturas elevadas se manifiestan los síntomas, son contrarias a la supervivencia de la bacteria<sup>40, 46</sup>.

La baja ocurrencia de E.c.c. en algunas áreas paperas están determinada principalmente por las condiciones ambientales, dentro de las cuales el factor de mayor importancia es la temperatura, no sólo ambiental sino también la del suelo, como lo ha demostrado Molina<sup>198</sup> en Colorado. Es obvio que estos factores influyen para que E.c.a. sea la bacteria más prevalente y responsable de la enfermedad<sup>121</sup>.

Molina<sup>108</sup> encontró que la distribución geográfica de la enfermedad sugería que la variedad carotovora estuvo restringida a las áreas menos frías ( hacia el norte de Colorado ) - y fué menos frecuente en el valle de San Luis. Sin embargo, --

E.c.a. fué más frecuente y comunmente aislada de ambas áreas.- El mismo autor comprobó que la putrefacción blanda en el tubérculo madre causada por ambos microorganismos fué afectada por la temperatura del suelo y que cuando ésta aumentó de 15- a 35°C, se redujo la actividad de la variedad atroseptica pero aumentó la de la variedad carotovora.

Muchos investigadores han señalado que E.c.a. resiste las temperaturas bajas. Jennison expuso al microorganismo patógeno a temperaturas entre - 28 y - 6.7°C durante 24 hrs. sin causarle daños y Leach lo mantuvo a temperaturas entre - 32 y - 17.7°C durante períodos largos y demostró que el microorganismo patógeno es resistente a las temperaturas bajas del invierno en Minnesota. Lo anterior se demostró mediante el siguiente experimento<sup>50</sup>.

En 12 pruebas de invernadero y usando 25 aislamientos de bacterias de putrefacción blanda (E.c.a. y E.c.a.) obtenidos de varios países, se observó que las bacterias aisladas produjeron síntomas típicos del Pie Negro de la papa a temperaturas de 24.5°C o mayores, mientras que algunos de ellos produjeron la enfermedad a temperaturas menores de 19.5°C.

Los aislamientos se dividieron en dos grupos:

- a) Temperatura alta.- Originarios de países tropicales a subtropicales.
- b) Temperatura baja.- Originarios de regiones templadas.

El grupo denominado de temperatura alta comprende: -- Pectobacterium carotovorum (E.c.a.), Pectobacterium carotovorum variedad crysanthemí (E.c. variedad crysanthemí) y P. carotovora variedad aroida. El grupo de temperatura baja consis-

te de una sola variedad: P. carotovora variedad atrosepticum - (E.c.a.). La TABLA 4 muestra la fuente de los 25 aislamientos- utilizados en este experimento, el cual se realizó bajo condiciones de invernadero; los tubérculos semilla se sembraron en tierra estéril. Las variedades utilizadas fueron Sharper Express en Cambridge y Majestic en Edinburgo, ambas susceptibles al Pie Negro. Los tallos se incularon con un escalpelo estéril como lo describen Hellmers & Dowson (1953), es decir cortando profundamente el tallo para llegar a los haces vasculares. La suspensión bacteriana se insertó a la herida con una pipeta de vidrio estéril y posteriormente se tapó con tela adhesiva. Los controles se inocularon con agua destilada. Cada tallo fué inoculado dos veces: una en la parte basal (a 1 pulgada del suelo) y otra a 10.2 cms. del tubérculo madre. Las plantas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero en ambos casos (humedad relativa del 100%). La TABLA 5 muestra que la temperatura es un factor control para la producción de la enfermedad. Se concluyó que a temperaturas altas los microorganismos causales fueron E. carotovora, E. crysanthemii y E. aroideae, mientras que a temperaturas bajas E. atroseptica provocó la Pierna Negra.

En general, las temperaturas altas incrementan la susceptibilidad de los tejidos de la planta, disminuyendo así la resistencia de la misma y favoreciendo la invasión del microorganismo patógeno<sup>149.170</sup>.

Graham, Dowson, Stanghellini y Meneley informaron que E.c.a. es la responsable de la Pierna Negra en zonas más calientes (24-25°C) es decir, en zonas de temperaturas altas<sup>40</sup>, - 46,50,51,59,77,97,108,140,150, mientras que E.c.a. prevalece en lugares más fríos (19-20°C) por lo tanto en zonas de temperaturas bajas<sup>40,50,51,59,108,150,167</sup>.

TABLA 4

## BACTERIAS UTILIZADAS EN LA INOCULACION PARA PROVOCAR LA PIERNA NEGRA

CLAVE	PLANTA	FUENTE	FECHA DE AISLAMIENTO	NOMBRE DEL MICROORGANISMO
1172	Piña	Malava	1956	<u>E. carotovora</u> var. <u>atroseptica</u>
SR 2/I*	Papa	Rodesia	1955	"
HT/7*	Papa	Escocia	1955	"
QB <sub>4</sub> *	"	"	1955	"
123	"	U.S.A.	?	<u>E. carotovora</u> var. <u>carotovora</u>
14 B	"	Inglaterra	1954	"
340	Pera	Israel	1954	"
312	Papa	Dinamarca	1952	"
377	Maíz	Rodesia	1956	<u>E. carotovora</u> var. <u>aroideae</u>
H 2	Tabaco	U.S.A.	1955	<u>E. carotovora</u> var. <u>crysanthemi</u>
EP <sub>3</sub>	Maíz	"	1955	<u>E. carotovora</u> var. <u>aroideae</u>
370	Lilia	Dinamarca	1955	"
A 81 V	Pera	Israel	1954	<u>E. carotovora</u> var. <u>carotovora</u>
398	Crisantemo	U.S.A.	1946	<u>E. carotovora</u> var. <u>crysanthemi</u>
399	"	"	1955	"
402	Clavel	Dinamarca	1955	"
39	Papa	Escocia	1957	<u>E. carotovora</u> var. <u>carotovora</u>
H 25	Papa	Dinamarca	1952	"
H 35	Papa	"	1952	"
H 904	Iris	Israel	1956	<u>E. carotovora</u> var. <u>atroseptica</u>
C <sub>1</sub> *	Papa	"	1958	"
C <sub>5</sub>	Papa	"	1958	<u>E. carotovora</u> var. <u>aroideae</u>
119 V	Tomate	"	1958	"
B <sub>1</sub>	Papa	Escocia	1957	<u>E. carotovora</u> var. <u>atroseptica</u>
74 V	Maíz	Israel	1957	<u>E. carotovora</u> var. <u>aroideae</u>

\* Pectobacterium carotovorum var. atrosepticum.

TABLA 5

## EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA PLANTA DE PAPA

## RANGO DE TEMPERATURA EN °C

CLAVE	B A	J A	A L	T	A	30 - 32.2
	15.5-18.3	18.8-21.1	21.6-23.8	24.4-26.6	27.2-29.4	
SR 2/ I*	+++	++++	+	+++	++	++
HT/I**	++	++	+	+	++	+
QB <sub>4</sub> *	++	++	+	+	++	+
123	--	+++	+	+	+	+
14 B	-	--	-	.	+	+
340	-	-	-	+	+	+
312	--	+	-	.	.	+
377	-	--	-	++	+	++
H 2	-	---	-	++	++	+
EP <sub>3</sub>	-	+-	+	++	+	+
370	-	-	+	+	+	+
A 81 V	-	+++	.	+	+	+
398	--	++	+	.	+	+
399	--	++	+	.	+	+
402	--	--	+	.	+	+
39*	++	++	.	+	+	+
H 25	.	++	+	+	.	.
H 35	.	++	.	+	.	.
H 904	.	+	.	+	.	.
C <sub>I</sub> *	+	+	.	+	+	+
C <sub>5</sub>	+	+	.	+	+	.
119 V	-	-	.	+	+	+
B I	+	+	.	+	.	+
74 V	+	+	.	+	.	+
11 72	-	-	.	++	+	++

\* Pectobacterium carotovorum var. atrosepticum. . No se registró reacción.

### 6.3 HUMEDAD

La humedad del suelo no puede regularse tan fácilmente como la temperatura; se expresa como el porcentaje de la capacidad retentiva, debido a que los diferentes tipos del suelo retienen diversas cantidades de agua en relación con el peso total de un cierto volumen de tierra<sup>166</sup>.

La persistencia del agua por un tiempo prolongado en el cultivo ocasiona que las raíces la absorban y los tejidos internos manifiesten una alteración en el metabolismo, como consecuencia la planta es más susceptible al Pie Negro ya que el contenido acuoso favorece el crecimiento del microorganismo patógeno (Bonde, Leach, Rosembau & Ramsey)<sup>2,14,46,48,69,70,170</sup>.

El estado acuoso de la tierra se relaciona con la cantidad y frecuencia de las lluvias y esto a su vez con la contaminación del cultivo<sup>66,170</sup>.

6.3.1 RELACIONES HUMEDAD-TEMPERATURA Y HUMEDAD-ANAEROBIOSIS.- Según Pérombelon los dos principales factores ambientales que afectan la contaminación de los tubérculos son la Humedad y la Temperatura<sup>94,97,129</sup>. Lund y Kelman mencionaron que las humedades y temperaturas altas favorecen la putrefacción blanda, mientras que las humedades altas y las temperaturas bajas la Pierna Negra<sup>97</sup>. Lazar y Bucur determinaron que las humedades relativas mayores del 80% y las temperaturas entre 18 y 24°C son las condiciones esenciales para el desarrollo de la enfermedad<sup>2</sup>.

Smith & Ramsey<sup>145</sup> estudiaron el efecto de la humedad y de la temperatura en la infección y concluyeron que las lenticelas de los tubérculos se contaminaban bajo las siguientes condiciones: temperatura de 22.2°C y humedad relativa de 94.8%

durante más de tres días, sin embargo la putrefacción es mayor y más rápida a humedad relativa de 98.2% y temperatura de - - 22.2°C.

La excesiva humedad del suelo provoca el agotamiento del  $O_2$  disponible para los tubérculos, inhibiéndose la formación de corcho (suberización) en los trozos de papa madre. Sin embargo, como el microorganismo patógeno es un anaerobio facultativo y crece fácilmente bajo estas condiciones conduce a la Pierna Negra<sup>23,46,88,127</sup>. La secuencia de la putrefacción es la siguiente<sup>127</sup>: el tubérculo absorbe el agua incrementando su turgencia y las células corticales se expanden y rompen la capa suberizada de las lenticelas; como hay condiciones de anaerobiosis las membranas celulares pierden su integridad (se afecta la permeabilidad del plasmodesmo) por lo que se permite la entrada del agua y de otros solutos a los espacios intercelulares. Esto establece una fase líquida entre el córtex y las lenticelas, por lo que los microorganismos que se encuentran en las mismas penetran al tubérculo. La anaerobiosis provoca la susceptibilidad de los tubérculos y aunada a la cantidad de nutrientes aprovechables favorece la multiplicación de las bacterias anaeróbicas facultativas.

El agotamiento del  $O_2$  se presenta si durante el almacenamiento los tubérculos carecen de aereación adecuada (incrementando la respiración), mantienen humedad excesiva y temperaturas muy altas<sup>97,127</sup>. La anaerobiosis no afecta a E.c.c. y E.c.a. porque tienen la habilidad de funcionar normalmente en presencia o ausencia de  $O_2$ <sup>84</sup>. Burton, Nielsen, Wegginton, Scholey, Lund y Wyatt<sup>127</sup> (1963-1972) reportaron que se crean condiciones de anaerobiosis manteniendo a los tubérculos con una película de agua de  $3 \times 10^{-2}$  mm., a 22°C durante 24 hrs.

Leach concluyó que la inhibición de la suberización por el déficit de  $O_2$  es la responsable de la Pierna Negra en tierras húmedas, ésto lo comprobó mediante el experimento que sigue:

Se inocularon algunos tubérculos con un cultivo puro de E.c.a. y se dividieron en tres grupos colocándolos en cámaras de humedad.

- a) El primer recipiente contenía tubérculos cuyas condiciones de humedad se crearon colocando una capa de algodón húmedo en la parte inferior del recipiente, el cual tenía una tapadera floja.
- b) El segundo, era un desecador de vidrio con una tapadera -- que cerraba perfectamente, la parte inferior se llenó de agua y los tubérculos se colocaron sobre una plataforma de alambre.
- c) El tercer recipiente era igual al anterior pero en la parte superior se aplicó una corriente de aire a través de -- dos tubos sellados. Un tubo controlaba la entrada de aire y estaba colocado en donde se pusieron los tubérculos. Se bombeaba aire saturado a través de dos frascos de agua antes de ser pasado por la cámara de humedad.

En los dos primeros casos se presentó la Pierna Negra y en el último los tubérculos estaban sanos debido a la aplicación del  $O_2$ .

También encontró que las lluvias abundantes durante la tuberización afectan más a los tubérculos que en cualquier otra época del período vegetativo de la planta.



## 6.4 DISTRIBUCION GEOGRAFICA. INCIDENCIA Y ESTACIONES DEL AÑO

La Pierna Negra se puede presentar en cualquier lugar donde se cultive la patata (Graham y Logan)<sup>150</sup>. Jennison determinó que en los países que más frecuentemente se detectó esta enfermedad hasta 1923 fueron: U.S.A.<sup>46</sup>, Canadá<sup>67,84</sup>, Inglaterra<sup>84,120</sup>, Francia, Alemania<sup>5,79</sup>, Holanda, Escocia<sup>46,79</sup>, Irlanda<sup>37,75,120</sup>. Sin embargo también se ha manifestado en Nueva Zelanda<sup>172</sup>, Costa Rica<sup>71</sup> y Japón<sup>119</sup>.

La duración del ciclo vegetativo debe considerarse, ya que entre más largo sea, permite mayor incidencia de la enfermedad. Esto a su vez, se relaciona con la altitud de los terrenos de cultivo<sup>71</sup>: las zonas pueden ser de elevación altas media y baja (3000, 1900 y 800 mts. de altura sobre el nivel del mar), siendo la más convenientes para la resistencia al Pie Negro las de altitud media. Lo que se explica de la siguiente manera: el ciclo vegetativo dura más de 5 meses en las zonas altas y predominan las temperaturas y humedades altas, factores que favorecen la infección; por otro lado, las zonas bajas son demasiado cálidas.

Pérombelon demostró en Escocia que la incidencia de la Pierna Negra no excede del 2% utilizando semilla certificada<sup>123,125,128</sup>.

El Pie Negro puede ocurrir en cualquier fase del período vegetativo pero prevalece en los meses frescos de la primavera o al principio del verano (Junio y Julio) principalmente en años lluviosos<sup>58,59,120,149,167,66</sup>.

## 6.5 VIABILIDAD DE E.c.a. y E.c.c.

6.5.1 SUPERVIVENCIA DE LAS BACTERIAS EN EL SUELO.- Ramsey de terminó que las irrigaciones excesivas o lluvias abundantes<sup>69</sup> - juegan un papel importante en la enfermedad puesto que las bacterias pueden ser acarreadas de las plantas enfermas a las sanas<sup>130,135</sup>.

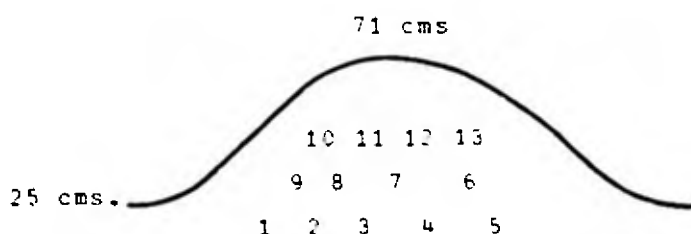
Pérombelon<sup>128</sup> determinó que los principales factores ambientales que afectan el movimiento y la supervivencia de las bacterias son: las lluvias fuertes y la temperatura del suelo. La relación de humedad del suelo se determina con el contenido de la humedad de la tierra. Pérombelon comprobó que E.c. presenta un movimiento vertical en el suelo. El mecanismo de Eva potranspiración existente en la tierra después de las lluvias influye en la redistribución de las bacterias (que los tubérculos madres liberan al suelo), esto se debe a que el  $H_2O$  - actúa como vehículo para que E.c. se desplace durante las lluvias, el agua que percola a través del suelo arrastra a las bacterias hacia abajo (Gravitación). modificando su distribución que es mayor en la parte superior; en la sequía el  $H_2O$  - que se evapora causa un proceso inverso aumentando la población bacteriana en la parte superior y disminuyéndola en la inferior. La velocidad de este proceso es menor o mayor si existe o no una cubierta vegetal en la tierra, su ausencia facilita el arrastre de las bacterias.

A continuación se describe un experimento realizado - para analizar el movimiento de las bacterias en el suelo.

Se tomaron 13 muestras de tierra adherida a dos plantas (humedad relativa alta) con tubérculos madres infectados - por el Pie Negro; las muestras se extrajeron de diferentes pro

fundidades, siendo la máxima de 25 cms. Por último se determinó la población bacteriana preparando una suspensión con 50 ml. de agua y 10 gr. de tierra. (TABLA 6).

Esquema de los sitios muestreados para demostrar el movimiento de E. carotovora.



Lapwood determinó que el agua es un vehículo que favorece el movimiento de las bacterias a lo largo de las líneas de siembra<sup>79,86</sup>. Sin embargo, Pefombelon<sup>128,135</sup> explicó que es evidente que las bacterias se pueden mover en la tierra, puesto que produjo tubérculos progenie enfermos procedentes de tubérculos madres sanos.

Kikumoto, Stanghellini y Meneley demostraron que la supervivencia de E.c.a. es muy controversial debido a las técnicas ineficientes para las bajas poblaciones bacteriales<sup>21, 105</sup>.

De Boer y Leach dedujeron que las bacterias sobreviven en la tierra por períodos largos (un año)<sup>132</sup> bajo condiciones de sequedad y entre una y 12 semanas en humedades altas<sup>107,125, 128</sup>.

TABLA 5  
DESCRIPCION DE ALGUNAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES

VARIEDAD	SINONIMOS	MADUREZ	RESISTENTES	ADAPTACION A LA TIERRA	CALIDAD AL ALMACENAMIENTO	CONTENIDO DE ALMIDON
Burbank	-	intermedia	-	ligera	regular	muy alto
Chippewa	-	medio temprana	mosaico leve	amplia	baja	bajo
Cobbler	-	temprana	-	ligera	buena	mediano-alto
Early ohio	-	muy temprana	-	ligera	regular	medio
Erie	-	tardia	putrefacción anular y mosaico	amplia	buena	medio
Green mountain	Carman N° 1 Delaware, White gold	tardia	-	ligera	buena	muy alto
Houma	-	intermedia	mosaico y en- rullamiento de las hojas	ligera	regular	alto
Jersey piel roja	Red Lakota, Evergreen,- Late Pose	muy tardia	-	amplia	buena	mediano-alto
Katahdin	-	intermedia	mosaico y en- rullamiento de las hojas	amplia	buena	mediano-bajo
Kennebec	-	tardia	rizón tardío	amplia	buena	alto
Mohawk	-	tardia	mosaico leve	ligera	buena	muy alto
Norkota	-	tardia	-	amplia	buena	medio
Ontario	-	muy tardia	sarna	amplia	buena	medio
Pawnee	-	intermedia	-	amplia	buena	mediano-alto
Fontiac	-	tardia	-	amplia	buena	bajo
Red mc Clure	Peachvlow	intermedia	-	ligera	buena	mediano-alto
Red Warba	-	muy temprana	-	ligera	regular	mediano-bajo
Rural	Carman N° 3 gir walter raleigh	tardia	-	amplia	buena	alto
Russet burbank	Daho russet	intermedia	-	ligera	regular	muy alto
Russet rural	Golden Fetoskey	tardia	sarna	amplia	buena	alto
Sebogo	-	muy tardia	-	amplia	buena	medio
Sequoia	-	muy tardia	mosaico y en- rullamiento de de las hojas	amplia	buena	medio
Teton	-	intermedia- tardia	putrefacción anular, vi- rus x	amplia	regular	medio
Triumph	ed "liss	muy temprana	-	ligera	regular	mediano-bajo
Warba	-	muy temprana	-	ligera	regular	mediano-bajo
White rose	Jersey Giant, American Giant, orello de Wisconsin	intermedia	-	ligera	buena	bajo

TABLA 6  
POBLACION BACTERIANA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES  
EN UN SURCO PATATA

LUGAR MUESTREADO (Ver Esquema 1)	# DE BACTERIAS alta humedad	Gr. de TIERRA baja humedad
13	$6.00 \times 10^3$	0
12	0	0
11	0	0
10	$1.2 \times 10^4$	0
9	$9.4 \times 10^4$	0
8	$1.1 \times 10^4$	$1.07 \times 10^1$
7	$1.9 \times 10^4$	0
6	$1.36 \times 10^4$	0
5	$1.0 \times 10^4$	0
4	$2.4 \times 10^4$	$2.28 \times 10^1$
3	$1.2 \times 10^4$	$1.96 \times 10^4$
2	$1.0 \times 10^4$	$1.74 \times 10^2$
1	$1.6 \times 10^4$	0

Molina<sup>108</sup> experimentó que el período de supervivencia de estas bacterias es muy variable a temperaturas mayores o menores de 0°C (-27,20 ó 30°C). A 0°C las bacterias sobreviven más tiempo bajo condiciones de humedad. El efecto de la humedad del suelo sobre la supervivencia de E.c.a. y E.c.c. se estudia bajo condiciones de invernadero y de campo<sup>108</sup>.

6.5.1.1 Bajo condiciones de Invernadero.- Se utilizó un suelo constituido de dos partes de arena y una parte de materia orgánica esterilizado con CH<sub>3</sub>-Br. Los cultivos bacterianos se inocularon en agar nutritivo y después de 24 hrs. el cultivo desarrollado fué suspendido en agua con las siguientes concentraciones 10<sup>2</sup>, 10<sup>5</sup> y 10<sup>10</sup> cels./ml. Se agragaron 250 mls. de cada suspensión bacteriana por maceta a toda la superficie del suelo y luego se mezcló homogéneamente. Se utilizaron 36 macetas incluyendo los controles (inoculados con agua destilada-estéril). Se agregó agua suficiente a cada maceta para alcanzar los niveles de humedad a estudiar. Los tubérculos de papa fundida en cada maceta. Se tomó un gramo de tierra al nivel del tubérculo madre semanalmente de cada maceta, posteriormente se suspendió en 10 mls. de agua destilada estéril y se agitó con agitador eléctrico durante un minuto. Se determinó la población bacteriana en estas suspensiones por el método de dilución.

El mayor o menor período de supervivencia dependió de la concentración del inóculo inicial: a mayor población bacteriana correponde mayor período de supervivencia y viceversa. Los períodos de supervivencia más largos para las variedades carotovora y atroseptica fueron de 9 y 8 sems. respectivamente, ésto fué a la concentración de 10<sup>10</sup> cel./ml.

6.5.1.2 Bajo condiciones de campo.- La supervivencia de E. c. a. en el suelo bajo condiciones naturales se determina seleccionando terrenos que hayan tenido incidencia del Pie Negro. Se toman muestras del suelo cada 5m. de distancia a 20 cm. de profundidad y se sigue el método descrito anteriormente.

Los niveles de población dependerán del tipo de suelo, microflora y condiciones físicas y químicas de los mismos y de las condiciones ambientales.

6.5.2 SUPERVIVENCIA DE LAS BACTERIAS EN EL INVIERNO.- Appel (Alemania) y Patel (U.S.A.) demostraron que E. c. a. sobrevive el invierno en el suelo pero algunos años después muchos investigadores llegaron a la conclusión opuesta; entre ellos tenemos a Jennison<sup>79</sup>, Morse, Pethybridge (Irlanda), Rosebau & Ramsey (U.S.A), Kotila & Koons, Cuppels, Graham<sup>49</sup>. Logan, Stanghellini & Meneley y Pérombelon<sup>12,125,128</sup>; el último informó que las bacterias se albergan en materias vegetales en descomposición<sup>7,49,72,125,154</sup>, en el ripio (desechos del cultivo) y en la tierra alrededor de los tubérculos.

En 1929, el alemán Stapp demostró la habilidad del microorganismo patógeno de sobrevivir el invierno en Alemania, lo que concuerda con los estudios de Leach<sup>88</sup>, Burr<sup>21</sup>, De Boer-35, Fredricks<sup>46</sup>, Hardenburg<sup>65</sup>, Hide<sup>72</sup> y Ramsey<sup>135</sup>.

CAPITULO 7  
RELACION HUESPED - PARASITO

Los aspectos morfológicos y fisiológicos del contacto entre la planta y el microorganismo patógeno se dividen en dos secciones<sup>166</sup>:

- a) Relación entre el agente patógeno y los tejidos del hús--ped.
- b) Mecanismos de defensa de la planta.

7.1 RELACION ENTRE EL MICROORGANISMO PATOGENO Y LOS TEJIDOS DEL HUESPED

7.1.1 FUENTE DE INOCULO.- Se considera como inóculo a cualquier sustancia producida por la planta o introducida a ella - que el microorganismo patógeno pueda utilizar para iniciar la infección<sup>170</sup>.

La Epidemiología de la Pierna Negra ha sido muy estudiada<sup>15,18</sup> y se considera que el inóculo primario proviene -- principalmente del suelo<sup>122,167</sup> (Graham Lozan y Pérombelon), - del tubérculo<sup>145</sup> o de ambos<sup>46</sup>.

Algunos investigadores consideran que el suelo es la principal fuente de inóculo<sup>14,88,156,167</sup> (Leach, Kerr & Van -- den Bloom).

Sin embargo, estudios de Rosembau & Ramsey en 1918 y de Kotila & Coons en 1925 demostraron que como el agente causal tiene poca supervivencia en el suelo, las plantas que crecen en tierras infestadas no llegan a enfermarse si las raíces



no son dañadas. Graham concluyó en Inglaterra que E.c.a. no es transmitida por el suelo<sup>147</sup>.

En 1970 Fredricks y Metcalf<sup>46,84</sup>, establecieron que la enfermedad puede ser transmitida por el suelo y por los tubérculos de papa.

7.1.1.1 Tubérculo Madre.- Leach<sup>68</sup> comprobó que aunque existen altas poblaciones de E.c.a. y E.c.c. en el suelo, las bacterias son incapaces de infectar al tubérculo madre sin la influencia de algún factor.

La mayoría de la evidencia experimental sugiere que el tubérculo utilizado como semilla o tubérculo madre constituye la principal fuente de inóculo o fuente de contaminación -- 9,16,31,93,54,56,66,69,72,73,79,84,88,122,125,128,135,149,150,167,170 para el cultivo, debido a que en el momento de la siembra generalmente está infestado y posteriormente contribuye a la diseminación del microorganismo patógeno.

En 1972, 1973 y 1974 Pérombelon informó que el tubérculo madre es la principal fuente de inóculo en Escocia pues la progenie llega a contaminarse sólo después que los tubérculos madres podridos han liberado las bacterias en el suelo<sup>31,-121,123,125,149,167</sup>, lo que confirma la necesidad de utilizar tubérculos semilla sanos. Webb<sup>167</sup> demostró que el tubérculo semilla se contamina dos meses y medio después de haber estado en contacto con el suelo.

Stanghellini y Meneley<sup>149</sup> afirmaron que E.c.a. y E.c.c. se originan en el tubérculo madre, es decir, a pesar de seleccionar semilla certificada libre de la Pierna Negra (VTSC) la fuente de infección son los tubérculos semilla, esta idea la han apoyado: Munzert<sup>114</sup>, Logan<sup>94</sup> y Pérombelon<sup>122</sup>.

La infección se puede adquirir a través de la superficie del corte del tubérculo madre<sup>119,132</sup>, así como también puede ser originada por el contacto entre los tejidos enfermos con los sanos<sup>87</sup>.

Jennison (1923) demostró que E.c.a. infectaba a la progenie a través de los tejidos vasculares de los estolones y del corte del estolón<sup>55,79,88,135,165,167</sup>.

La semilla se puede contaminar durante cualquier fase del período vegetativo y transmitir las bacterias a la progenie en la cual sobreviven después de la recolección y del almacenamiento hasta la siembra<sup>55</sup>.

Los tubérculos contaminados no necesariamente dan origen a progenie con Pierna Negra, puesto que también la semilla libre de la enfermedad produce tubérculos hijos infectados<sup>167</sup>.

De Boer y Cuppels<sup>31</sup> (1972-1975) demostraron que las variedades carotovora y atroseptica fueron aisladas de las raíces y de los tubérculos en desarrollo provenientes de tubérculos madres contaminados. La máxima población bacteriana detectada por gramo de tejido infectado fué de  $3 \times 10^8$

7.1.2 PENETRACION.- La capa externa de las plantas está constituida por la epidermis (peridermo) con una cutícula gruesa.- Las bacterias no pueden atravesarla directamente; para penetrar necesitan aberturas naturales<sup>166,170</sup> o artificiales. Entre las primeras tenemos los estomas, los hidatodos y las lenticelas; y entre las segundas las heridas<sup>166</sup>. En el caso de E.c.a. y E.c.c., éstas penetran a través de las lenticelas y de las heridas.

7.1.2.1 Lenticelas.- Las lenticelas son porciones de la peridermis estructuralmente diferenciadas, se caracterizan por una ordenación celular relativamente floja y se relacionan con el intercambio de gases por la presencia de espacios intercelulares en sus tejidos y la continuidad de estos espacios con la del interior del tallo. Calderoni<sup>22</sup> las define como pequeñas protuberancias que comprenden las aberturas del tejido externo; son de tamaño y color variables dependiendo del cultivar; se forman simultáneamente al terminar el crecimiento primario. Algunos investigadores las consideran células complementarias a la peridermis y conforme aumenta la cantidad del tejido complementario, la epidermis se rompe y sobresale por encima de la superficie. El nombre se refiere a la forma lenticular que presentan.

Ruhle (1940), Smith & Ramsey (1947) y Davidson (1948) consideraron a las lenticelas como fuente de entrada favorable para E.c.a.<sup>5,31,44,46,79,103,154,165,167</sup>.

Smith & Ramsey<sup>145</sup> relacionaron la importancia del tubérculo como fuente de inóculo con la supervivencia de las bacterias en las lenticelas y afirmaron que éstas son afectadas por las condiciones ambientales<sup>44</sup>. Posteriormente en 1972, Pérombelon<sup>122</sup> confirmó lo anterior cuando determinó la contaminación en los almacenes de semilla de papa en Escocia y también que el microorganismo sobrevive en el tubérculo hasta 6 o 7 meses en condiciones de almacenamiento, debido a que las bacterias pueden permanecer latentes durante este período.

En la Pierna Negra se manifiesta una lenticelosis o agrandamiento de las lenticelas que corresponde a un exceso de humedad del suelo<sup>22,97,124</sup>, este exceso de agua induce a una reacción natural de apertura y proliferación de las lenticelas<sup>97</sup>.

Las bacterias penetran profundamente al tubérculo a través de las lenticelas abiertas<sup>105</sup>, es decir las lenticelas de los tubérculos hijos se infectan por la diseminación de las bacterias del suelo<sup>86</sup>. La infección se ve favorecida por las condiciones de altas humedades y temperaturas, así como de anaerobiosis. Pérombelon<sup>127</sup> demostró lo anterior experimentalmente: Se utilizaron tubérculos certificados del cultivar Majestic. Se almacenaron después de la recolección a 5°C durante 2-4 meses. El experimento se realizó entre 19 y 21°C. El microorganismo utilizado fué E. c. a. Las lenticelas se inocularon siguiendo el método de Lund y Nichols (1970) el cual consiste en lo siguiente: inocular 3 ml. de la suspensión bacteriana ( $10^7$ ) a través de un tubo de propileno que está en contacto con la lenticela seleccionada. El experimento se realizó en recipientes cerrados de 10 litros utilizando 5 tubérculos para cada prueba. En el caso de las lenticelas se aplicaron 4 tratamientos diferentes (TABLA 7): en lenticelas suberizadas y cerradas (1a y 1b); cerradas y la superficie de la lenticela suberizada se pica con una aguja antes de la inoculación (2a y 2b); cerradas y la superficie del tubérculo se envuelve con un papel húmedo (3a y 3b) y abiertas (4a y 4b). La putrefacción de las lenticelas se manifestó primero en los tubérculos que se encontraban bajo condiciones de humedad (3a y 3b) En todos los casos la infección se prosiguió a la corteza y a la médula. La putrefacción no se desarrolló en los tubérculos con lenticelas cerradas y secas (1a y 1b), además los tubérculos con lenticelas perforadas antes de la inoculación manifestaron gran contaminación (2a y 2b), y en menor grado aquellas que tenían lenticelas cerradas y superficie húmeda (3a y 3b). Sin embargo la mayor infección se obtuvo en los tubérculos con lenticelas abiertas antes de la inoculación y bajo condiciones de anaerobiosis (4a y 4b).

TABLA 7  
EFFECTO DE LAS LENTICELAS AL SER INOCULADAS CON E.c.a.

TRATAMIENTO	LENTICELA	INCUBACION	# DE LENTICELAS (de cada 5 tubérculos) con Putrefac <u>ción</u> blanda.	
			I	II
1a	Cerrada	Aire	0	0
1b	"	N <sub>2</sub>	0	0
2a	Cerrada y la capa suberizada perforada antes de la inoculación	Aire	0	1
2b	"	N <sub>2</sub>	5	5
3a	Cerrada y con la superficie del tubérculo húmeda	Aire	0	0
3b	"	N <sub>2</sub>	3	2
4a	Abierta	Aire	0	0
4b	"	N <sub>2</sub>	4	5

Las lenticelas pueden ser infectadas por las diseminaciones de las bacterias del suelo, lo anterior fué demostrado por Pérombelon, quien también concluyó que el microorganismo patógeno usualmente se localiza en la superficie del tubérculo y en las lenticelas<sup>84,97,124,127</sup>, rara vez en el anillo vascular y nunca en la corteza del tubérculo. El grado de contaminación fué del 75% y del 86% en la superficie y en las lenticelas respectivamente. En general se piensa que el tubérculo -- con Pierna Negra alberga a la variedad atroseptica en el anillo vascular. La población bacteriana en las lenticelas fué ligeramente afectadas por el invierno, mientras que la población superficial fué significativamente reducida, es decir las bacterias sobreviven más tiempo en las lenticelas que en la superficie del tubérculo<sup>124,125</sup>. Las bacterias de la superficie del tubérculo permanecen latentes hasta que prevalecen las óptimas condiciones para su multiplicación. El experimento anterior ayudó a demostrar que las papas semilla certificadas pueden acarrear las bacterias en las lenticelas puesto que sobreviven en ellas por períodos indefinidos durante el almacenamiento<sup>20,29,69,107,124,127</sup>. El período de almacenamiento de la patata es necesario para que el peridermo suberice y las lenticelas no se abran.

Pefombelon<sup>66</sup> sugirió que el número inicial de las bacterias por lenticela para que sean fácilmente detectables es de  $10^6$ .

Smith & Ramsey<sup>145</sup> también estudiaron los sitios de -- contaminación en el tubérculo y concluyeron que la tierra adyacente a los tubérculos contaminados y las lenticelas de los -- mismos son las más afectadas, ésto se observa en la TABLA 8.--

1.2.1.1. Anatomía y Morfología de las Lenticelas.- La fluctuación en la contaminación se explica en relación a la anatomía y morfología de las lenticelas.

TABLA B  
CONTAMINACION DE ALGUNOS SITIOS DEL TUBERCULO

	8
Tierra adyacente a los tubérculos	78.4
Areas húmedas alrededor de las lenticelas infectadas	74.0
Lenticelas proliferadas	71.9
Areas secas alrededor de las lenticelas infectadas	60.0
Zonas con putrefacción blanda	66.3
Putrefacción alrededor de las heridas mecánicas	52.3

Al morir el tallo, los tubérculos cesan su crecimiento, la cáscara reposa y las lenticelas responden con mayor lentitud a la humedad de la tierra, que es un factor que afecta su morfología. Las lenticelas se abren, proliferan y favorecen la entrada de las bacterias tanto cuando la humedad como el estado acuoso del tubérculo son altos<sup>103,145</sup>. Mientras que al secarse la tierra, las lenticelas se cierran, suberizan y pierden a las bacterias, también decrece el estado acuoso del tubérculo<sup>128</sup>. En humedades altas los tubérculos absorben el agua y como sus tejidos están sobresaturados las lenticelas se abre. Los contenidos de los espacios intercelulares contribuyen a este fin, ya sea que estén rellenos de agua o de aire. Las lenticelas de los tubérculos que crecen en tierras secas tienen dichos espacios rellenos de aire. Las bacterias permanecen allí hasta que los espacios contienen agua ya sea proveniente de los tallos (transporte del agua), lluvias o irrigaciones deficientes. Ahora es cuando se abren los tejidos de las lenticelas y las bacterias penetran. Es decir, las bacterias no penetran a las capas suberizadas del peridermo sino -- que requieren de una película de agua en las lenticelas, la -- cual determina la profundidad de penetración de las bacterias-  
122.

Se considera fuente de inóculo al tubérculo madre debido a que los tejidos vasculares se bloquean antes de que los espacios intercelulares se llenen de agua.

Las lenticelas infectadas por E.c.a. presentan de -- 3 a 5 mm. de diámetro y de uno a 4 mm. de profundidad<sup>145</sup>.

Smith & Ramsey<sup>145</sup> y Pérombelon<sup>127</sup>, estudiaron la anatomía de las lenticelas y concluyeron:



Ultraestructuralmente las lenticelas normales muestran al peridermo y a las células perenquimáticas unidas. El peridermo está formado de 5 a 8 hileras de células acomodadas en forma diagonal y las células perenquimáticas consisten en masas de células redondas. En las lenticelas infectadas se manifiesta la separación de las células peridérmicas y parenquimáticas formándose una cavidad vacía entre ellas, debajo de la cual hay una capa suberizada de células parenquimáticas; en esta área es donde yacen las bacterias al principio de la infección y en las fases más avanzadas pasan a las células parenquimáticas. Generalmente penetran de 10 a 15 mm. de profundidad.

Conforme el estado acuoso de los tubérculos incrementa, las células corticales presentes debajo de las lenticelas se hichan y rompen el felógeno y el felodermo (capas de la peridermis). La capa suberizada se rompe por el incremento de la presión, es decir las células hiperhidrolizadas se estiran y rompen.

Un método aplicable para el estudio de la anatomía de las lenticelas es el descrito por Smith & Ramsey<sup>145</sup>, el cual consiste en lo siguiente: hacer cortes de las lenticelas infectadas y embeberlas con una solución de ácido acético-alcohol-formalina; realizar cortes de 12 micras con el microtomo y tñir con fucsina básica.

La abertura de las lenticelas en los tubérculos maduros incrementa su susceptibilidad a la infección, la cual también depende de la edad del tubérculo debido a que hay mayor suberización en la superficie de la lenticela.

7.1.2.2 Heridas.- La penetración de las bacterias de putrefacción blanda se suscita a través de heridas, magulladuras o lesiones en los tubérculos<sup>5,16,44,69,79,97,103,120,149,149,165,170</sup>. Las

heridas pueden ser de origen mecánico<sup>72,166</sup>, producidas por insectos y por daños químicos<sup>170</sup>. Dentro las de origen mecánicas tenemos a las magulladuras, rajaduras y cortaduras, las cuales pueden ser provocadas durante el corte de la papa semilla o durante las prácticas culturales; generalmente son producidas por la maquinaria<sup>144,170</sup>.

Las heridas se caracterizan por la ruptura del peridermo, lo que provoca que el tejido perenquimático pierda su consistencia callosa y las bacterias encuentren un excelente medio de cultivo en el contenido protoplásmico<sup>42</sup>; es decir, facilitan la entrada del microorganismo patógeno y predisponen a la infección de la planta<sup>170</sup> debido a la pérdida del tejido de protección y a la salida de los nutrientes de la planta a través de las heridas frescas (sin suberizar) y de los tejidos vasculares<sup>170</sup>. El metabolismo de la planta y la susceptibilidad de los tejidos cercanos a ella son alterados.

La lesión es proporcional a la cantidad del tejido infectado y a la duración de la enfermedad<sup>170</sup>.

7.1.3 POTENCIAL DE INOCULO.- Se conoce como potencial de inóculo al crecimiento bacterial capaz de causar la infección, -- así como a la habilidad que posee para provocar la misma. En general, se sigue la regla: a mayor concentración de inóculo -- corresponde un mayor porcentaje de plantas infectadas. Dicho potencial se ve incrementado con las reservas o nutrientes alimenticios<sup>170</sup>. El crecimiento bacteriano<sup>40,170</sup>, para provocar la Pierna Negra está entre  $10^2$  y  $10^8$ , siendo lo óptimo  $10^6$ .

La infección puede ser provocada a partir de altas y bajas concentraciones de inóculo manifestándose más rápidamente los síntomas a altas concentraciones de inóculo<sup>69</sup>.

## 7.2 MECANISMOS DE DEFENSA Y RESISTENCIA

7.2.1 DEFINICIONES.- La resistencia se define como las defensas que posee la planta para actuar en contra del ataque del microorganismo patógeno. El término susceptibilidad hace referencia al estado en que se encuentra la planta propensa al ataque de un agente patógeno<sup>166</sup>.

7.2.2 MECANISMO DE DEFENSA - RESISTENCIA.- La ausencia de ciertos compuestos esenciales que el microorganismo patógeno es incapaz de sintetizar por sí mismo pero que la planta puede producir, determina su resistencia y susceptibilidad; esto se relaciona con los mecanismo de defensa bioquímicos y fisiológicos de la planta. Es factible que las defensas bioquímicas estén presentes durante el período vegetativo o en ciertas fases del mismo. La producción de dichos compuestos depende de las condiciones ambientales y se pueden desarrollar en la superficie de la planta, inhibiendo el crecimiento del microorganismo patógeno<sup>166</sup>. Se siguen los criterios mencionados a continuación para asegurar que influyen en la resistencia de la planta<sup>166</sup>: se encuentran presentes en las variedades resistentes y ausentes en las susceptibles o si existen no están disponibles para el microorganismo patógeno; deben ser de alta concentración para que provoquen la infección.

Las sustancias químicas que influyen en la resistencia de la patata son: suberina, fenoles, fitoalexinas, alcaloides, etileno, proteínas y carbohidratos<sup>166</sup>.

7.2.2.1 Formación de Barreras de Protección (Barreras de suberina).- La peridermis es un tejido protector que aumenta en grosor por crecimiento secundario y consta de 3 partes: el felógeno o cámbium suberoso que produce la peridermis; el súber, normalmente llamado corcho, producido por el felógeno hacia el

exterior y el felodermo hacia el interior de la planta<sup>166</sup>. El súber está caracterizado por formarse alrededor de los tejidos enfermos y debajo de la superficie de las heridas. Las células del súber se caracterizan por ser prismáticas.

El súber debe sus características protectoras a la presencia de suberina (polímero formado por la oxidación y condensación de ácidos grasos) en las membranas.

La suberización en los tubérculos de papa es la acumulación de suberina en la membrana celular formando barreras de protección (barreras de suberina)<sup>7,45,98,147,166</sup>, denominadas así por actuar en contra de la infección. Es decir, la superficie que queda al descubierto al hacer el corte de la papa se milla o debajo de las heridas es recubierta por suberina, lo cual crea condiciones favorables para la formación del súber. Este proceso de recubrimiento con sustancias grasas requiere de humedad y aereación suficientes, no obstante a humedades altas y condiciones de anaerobiosis no se lleva a cabo la maduración del súber. Por otro lado, la suberización impide la penetración de microorganismos<sup>42,170</sup> y, cuando este proceso es inhibido se favorece la entrada de E.c.a y E.c.c.<sup>44</sup>.

Walker<sup>166</sup> denominó que el felógeno de las lenticelas maduras influye en la suberización del tejido formándose la barrera de protección y cuya función principal es limitar la diseminación del microorganismo patógeno a los elementos floemáticos.

La resistencia de los tejidos celulares y la invasión bacteriana se relaciona con la barrera de suberina<sup>87,170</sup> dentro la pared celular en los espacios intercelulares. La barrera previene de la invasión si está completa, de lo contrario se lleva a cabo la pectólisis y las bacterias la sobrepasan.

En el caso de la Pierna Negra la suberización de los tejidos vasculares de la parte basal del tallo, de los estolones y de los tubérculos, es inhibida por la humedad excesiva y anaerobiosis, por lo que se favorece el ataque bacteriano.

La presencia de las bandas de suberina y la invasión bacteriana en los espacios intercelulares ha sido estudiada -- por Fox. et.a.<sup>44</sup> quienes siguieron el experimento mencionado a continuación:

Utilizaron tubérculos del cultivar Edward después de su almacenamiento a 5°C y humedad relativa del 78%; su superficie se esterilizó con una solución de  $HgCl_2$  al 0.1% y se enjuagaron en agua destilada. Dependiendo del experimento, se inocularon algunas lenticelas y heridas frescas, mientras que otros tubérculos se mantuvieron a humedad relativa entre 58 y 100% (con  $H_2SO_4$ ) y a temperatura de 25°C previamente a la inoculación. Se utilizó un cultivo joven de E.c.a. de 18 hrs. de edad, los tubérculos se inocularon por inmersión en una superficie bacteriana de  $10^9$  células / ml. a una humedad relativa de 70% durante 10 mins. Se incubaron a temperatura y humedad altas durante 3 semanas. Se hicieron cortes de lenticelas y heridas y se trataron con:

- a) 2,3,8 trifeniltetrazolio (TTC) al 1%
- b) Fijados en el Craif de Randolph y embebidos en éster.
- c) Se prepararon para microscopía electrónica mediante fijación durante toda la noche en una solución de ácido ósmico al 1% con Buffer Keelenberg y 5% de sacarosa e incluyéndolos en araldita.

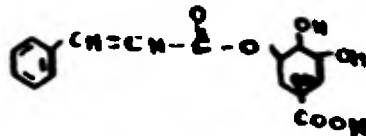
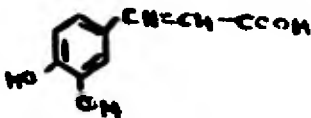
Se observó que la humedad relativa del 80% provocó -- fuerte infección en las lenticelas. Las bandas de suberina se localizan en los espacios intercelulares entre el tejido de --

relleno de las lenticelas y el peridermo; en las primeras fases de la infección las bacterias se encuentran en la cavidad central del espacio intercelular y después de la pectólisis -- ocupan el lugar de la pared celular (ahora destruída) rodeando a las bandas de suberina. E.c.a. puede atravesar la barrera de suberina y penetrar a los tejidos parenquimáticos o vasculares.

Tanto la suberización como la formación del peridermo son más rápidas a humedades relativas y temperaturas altas como se observa en la TABLA 9.

Leach<sup>147</sup> demostró experimentalmente que la variedad carotovora tiene menor habilidad de cruzar la barrera de protección que la variedad atroseptica. La temperatura óptima para formar esta barrera está entre 21 y 35°C y humedad relativa entre 90 y 95%<sup>147</sup>.

7.2.2.2 Oxidación de fenoles y polifenoles.- El incremento de los compuestos de oxidación de algunos fenoles y polifenoles<sup>9,45,98,103,162</sup>, sintetizados por los tejidos, dan resistencia a la planta puesto que inhiben el crecimiento de E.c.a. y E.c.c.<sup>170</sup>. El ácido cafeico y clorogénico figuran entre los más importantes, sus fórmulas son:



ACIDO CAFEICO

ACIDO CLOPOGENICO

TABLA 9

DIAS REQUERIDOS PARA LA FORMACION DEL PERIDERMIO 2o. Y SUBERIZACION DE HERIDAS  
EN TUBERCULOS DEL CULTIVAR

EDWARD KING

TEMPERATURA (°C)	H U M E D A D		R E L A T I V A		(%)
	100	97	93	80	58
	S P	S P	S P	S P	S P
0	2 -	2 -	4 -	4 -	4 -
10	1 20	1 20	2 -	2 -	2 -
20	1 2	1 3	1 4	1 13	1 -

NOTAS: S = Suberización.  
F = Formación del Peridermo.  
- = No hubo formación del peridermo después de 20 días.

En 1976, Tripathi y Verma<sup>162</sup> determinaron que conforme el tiempo de almacenamiento es mayor, los compuestos fenólicos de las variedades Kufri Dewa y C-1769, disminuyen tanto en la pulpa como en la cáscara, por ello son más susceptibles al Pie Negro (TABLA 10)

Los tejidos suberizados tienen 1.72 mg. de compuestos fenólicos por gramo de tejido y los recién cortados 1.15 mg/g.

Las variedades resistentes tienen mayor actividad de las enzimas polifenolixidasa, catalasa y oxidasa<sup>9,45,47,161,162,170</sup>.

La resistencia de la variedad Kufri Dewa se debe a -- que los compuestos fenólicos y la actividad peroxidásica son altos. La peroxidasa, polifenoloxidasa y tirosinasa influyen en la oxidación de fenoles a quinonas, formándose melaninas y proporcionando la coloración oscura en los tejidos vasculares<sup>38,162</sup>. La oxidasa, peroxidasa y polifenoloxidasa se encuentran en mayor cantidad en la cáscara que en la pulpa.

Esau<sup>42</sup> considera que la suberización en el tubérculo de papa está precedida de la acumulación de sustancias fenólicas; otros investigadores determinan que la oxidación de polifenoles es un mecanismo de defensa<sup>45,103,170</sup>.

7.2.2.3 Fitoalexinas.- Las fitoalexinas inhiben el crecimiento del microorganismo patógeno porque poseen actividad antimicrobiana<sup>99,100,101,170</sup>. Sin embargo, otros investigadores<sup>9,103,170</sup>, opinan que el agente patógeno infecta a la planta pero a la vez estimula la producción de fitoalexinas, estas últimas son compuestos fungistáticos o bacteriostáticos producidos por la planta en respuesta a la infección<sup>170</sup>, también se han considerado como mecanismo de defensa<sup>103</sup>, así como también



TABLA 10

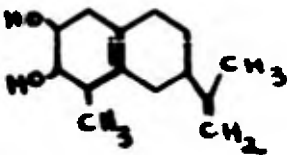
COMPUESTOS FENOLICOS EN LAS VARIETADES KUFRI DEWA  
y C-1769 DURANTE EL ALMACENAMIENTO

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (MES)	C A S C A R A			R A		
	K U F R I D E W A			C - 1 7 6 9		
	FENOLES	TOTALES	DECREMENTO (%)	FENOLES	TOTALES	DECREMENTO (%)
0	6.390		0.00	4.668		0.00
2	5.626		11.90	3.280		30.17
4	4.493		29.68	1.513		70.04
	P		U	L		P A
0	0.782		0.00	0.468		0.00
2	0.700		10.48	0.380		18.80
4	0.620		20.72	0.233		50.21

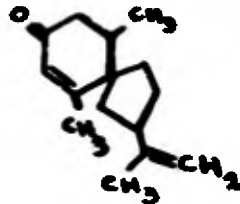
que incrementan la resistencia de la planta a infecciones posteriores<sup>9,103,170</sup>; la producción de fitoalexinas depende de la variedad del tubérculo y de las condiciones que favorecen la enfermedad<sup>8,9</sup>.

Características de las fitoalexinas: Son fungistáticas, bacteriostáticas y activas a muy bajas concentraciones -- producidas por la planta en respuesta a la primera infección o a los productos metabólicos producidos por E.c.a. y E.c.c.<sup>8,99,170</sup>; ausentes en células sanas y presentes en cantidades -- muy bajas (0.2 microgramos/g. de tejido)<sup>98</sup>; se producen en cantidades proporcionales a la cantidad de inóculo; son rápidamente producidas por las células de la planta (12 a 14 hrs. después de la inoculación).

Las fitoalexinas más comunes producidas por la planta de la papa con Pierna Negra son: rishitina ( $C_{14}H_{22}O_2$ )<sup>9,26,98,101,170</sup>; fituberina ( $C_{17}H_{26}O_4$ )<sup>8,26,47,98</sup>, cuyo nombre trivial es solavetivona<sup>8,26</sup>; diacetilfituberina ( $C_{15}H_{24}O_3$ )<sup>26</sup> y lubimina<sup>8,9</sup>.



RISHITINA



FITUBERINA

Según Lyon<sup>100,101</sup> el efecto de las fitoalexinas es variable ya que la rishitina influye en la viabilidad de E.c.a. pero la fituberina no lo hace, por lo que se concluye que la rishitina influye en la resistencia de la planta más no la fituberina.

La determinación cualitativa de las fitoalexinas se efectúa por medio de cromatografía en capa fina<sup>81,98</sup>, los valores correspondientes de  $R_f$  son: rishitina 0.22, fituberina - - 0.81 y lubimina 0.42.

Las determinaciones cuantitativas se realizan por cromatografía de gas, las concentraciones en microgramo/gramo de tejido infectado son: rishitina 120 a 123, fituberina 16 a 448 y lubimina 2.3 a 5.5.

Lyon & Lund<sup>99</sup> determinaron que los tejidos infectados por E.c.c. producen menores cantidades de fitoalexinas que - - E.c.a., debido a las diferencias metabólicas de ambos microorganismos y a su interacción en los tejidos de las plantas. (TABLA 11).

Según Beczner<sup>9</sup>, las concentraciones de lubimina producidas por la planta deben ser muy altas para que se inhibido el crecimiento bacteriano.

7.2.2.4 Alcaloides.- Compuestos involucrados en la resistencia de la planta, la cual contiene cantidades trazas pero resistentes al microorganismo patógeno, se acumulan alrededor de las heridas.

El alcaloide más frecuente es la solanidina, que es la aglicona de la solanina<sup>173</sup>. La cantidad promedio de la solanidina en tejidos infectados por E.c.a. es de 52 mg/g. de te

TABLA 11

EFECTO DE Erwinia carotovora variedades carotovora y atroseptica EN TUBERCULOS  
DEL CULTIVAR MAJESTIC

VARIEDAD	PESO DEL TEJIDO INFECTADO (g)	RISHITINA ( $\mu$ g/g de TEJIDO INFECTADO)	FITUBERINA
<u>E.c.a.</u> BL/V/77	7.5	200	802
<u>E.c.a.</u> G 120	6.0	242	900
<u>E.c.c.</u> BL/V/91	1.3	138	737
<u>E.c.c.</u> BL/M46/1	0.5	155	501
Control	0.4	2	2

ñido<sup>170,173</sup>.

7.2.2.5 Etileno.- Se considera como otro mecanismo de defensa. Hay acumulación de etileno en los puntos de obstrucción<sup>9,166</sup>. - No está comprobado si las células muertas lo generan o si E.c.a. contribuye a ello. Debido a que los tejidos producen etileno - al dañarse, se postula que el aumento en la respiración del tubérculo de papas infectadas puede ser debido a la producción en d<sup>o</sup>gena de etileno.

7.2.2.6 Proteínas.- Son esenciales para el ataque de la enfermedad en la planta, la cual contiene proteínas que el microorganismo patógeno no puede sintetizar. Confieren susceptibilidad o resistencia, lo cual se da por codificación de genes es decir, la planta contiene un gen y el requerimiento para esta proteína se codifica con un gen particular que tiene el parásito<sup>170</sup>.

7.2.2.7 Carbohidratos.- La relación carbohidratos-resistencia esta basada en que el tubérculo es susceptible a E.c.a. debido a la alta cantidad de carbohidratos que posee<sup>170</sup>.

### 7.3 VARIEDADES RESISTENTES Y SUSCEPTIBLES AL PIE NEGRO (TABLA 12)

Existen numerosas manifestaciones del carácter de resistencia, en particular la resistencia y susceptibilidad de la planta de papa a E.c.c. y E.c.a. está influida por los factores ambientales, las características genéticas (variedad<sup>35,-84,114,166,170</sup>, grosor de la piel<sup>79</sup>) y la edad<sup>46,128</sup>.

Jennison<sup>79</sup> y Whitney<sup>170</sup> consideraron que las variedades de peridermis más gruesas son más resistentes a los ataques de E.c.c. y E.c.a.

TABLA 11.

VARIETADES RESISTENTES Y SUSCEPTIBLES AL HIEU

INVESTIGADOR	PAIS EN EL QUE SE FAPURTO LA ENFERMEDAD	VARIETADES RESISTENTES	VARIETADES SUSCEPTIBLES
Dobias <sup>36</sup>	Checoslovaquia	Red Train Royal	Majestic
Dobias <sup>47</sup>	"	Mensa, Aurelia, Follies John, Lenche	Saskia, Sieglinde, Rheinbart
Erinle <sup>41</sup>	Escocia	Pentland Crown	Majestic
Golenia <sup>48</sup>	Polonia	-	Uran Epoka
Graham & Dowson <sup>50</sup>	Escocia	-	Majestic, Harpes Express
Graham & Volcani <sup>58,59</sup>	Escocia	-	Majestic, Epicure, Up-to date
	Inglaterra	King Edward	" , Arran Pilot, Arran Consul
Morse <sup>79</sup>	-	-	Irish Cobbler, Green Mountain, Pussat Burbank
Koepsell <sup>84</sup>	-	Russet Burbank	Norgold Russet
Lapwood <sup>86</sup>	-	Pentland Crown	Majestic
Logan <sup>94</sup>	Escocia	"	Ulster Sceptre, Majestic
Sampson <sup>140</sup>	-	-	Kennebec
Smith & Ramsey <sup>145</sup>	U.S.A.	-	Bliss Triumph, Warba y Cobbler, Sebago y Russet.
Stanghellini y Meneley	"	-	Kennebec y Norgold Russet
Tanii <sup>155</sup>	Japón	Norin # 7, Benimaru	Tarusae

Dobias<sup>36,47</sup> determinó en Checoslovaquia que no hay variedades totalmente resistentes al Pie Negro, idea apoyada posteriormente en Inglaterra<sup>58,59</sup> y Korea<sup>84</sup>.

La susceptibilidad a la enfermedad varía con respecto a la edad. Según Fredricks<sup>46</sup>, las plantas jóvenes son atacadas más fácilmente por E.c.a., que las maduras, mientras que Whitney<sup>170</sup> opina que la planta joven es resistente a Erwinia - pero a la mitad del período vegetativo es muy susceptible y al finalizar éste pasa a ser resistente otra vez. Esto se debe a la mitad del crecimiento vegetativo se manifiesta la emergencia y la planta produce tejidos nuevos, la edad de estos tejidos son los que determinan la resistencia, más que la edad de la planta.

CAPITULO 8  
FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO

Según Lund, Kelman y Bonde<sup>14</sup>, la incidencia y propagación de la Pierna Negra es influenciada por la interacción de los siguientes factores: condiciones ambientales: humedad y temperatura<sup>35,46,47</sup> (considerados en la relación medio ambiente - parásito), insectos, almacenamiento<sup>97,122</sup>, maquinaria contaminada<sup>55</sup> y prácticas de cultivo.

### 8.1 INSECTOS

Hay muchas larvas de insectos que diseminan a E. c. c. y E. c. a. sobre la superficie del tubérculo madre<sup>46, 86, 120</sup> y provocan heridas o lesiones<sup>70, 113, 166</sup> a través de las cuales -- las bacterias penetran y causan la infección.

Los insectos se consideran un vector de E. c. c. y E. c. a. de mucha importancia<sup>14, 54, 72, 73, 79, 120, 166, 170</sup>, puesto que introducen al tubérculo el parásito que se alberga en el suelo. Los factores que influyen en la diseminación del insecto en la planta son<sup>170</sup>: la actividad, la edad y parte de la planta donde se alimenta el insecto así como la edad del cultivo.

Las relaciones entre los insectos y los microorganismos de putrefacción blanda fueron descubiertos por Leach, Jennison y Bonde<sup>13, 14, 79</sup>.

En la TABLA 13 se resumen las especies de insectos -- causantes de la Pierna Negra, ya sea por ser vectores de la bacterias o por lesionar a la planta y permitir su entrada.



TABLA 13

INSECTOS CAUSANTES DEL PIE NEGRO

ORDEN	SUBORDEN	SUPERFAMILIA	FAMILIA	GENERO Y ESPECIE.
Diptera	Cyclorrhopa	Muscoidea	Antomiidae	<u>Hylemia cilicrura</u> , <u>H. platura</u> e <u>H. tricho dactyla</u> (Gusano de la semilla del maíz)
"	"	Drosophiloidea	Antómidos Drosofilidos	<u>D. melanogaster</u>
Coleoptera	Polyphaga	Elateroidea	Elatéridae Elatéridos	Escarabajos "cric" y gusanos alambre
"	"	Chrysomelidae	Chrysomelinae Crisomérido	<u>Leptinoparsa decemlineata</u> (escarabajo de la patata)
"	"	Scarabeoidea	Scarabeidae Escarabeidos	<u>Phyllophaga</u> (escarabajo san- juanero y gorgojo blanco)
"	"	Staphilinoidea	Staphylinidae Estafilínidos	-
Hemiptera	Homoptera	Aphidoidea	Aphydidae Afidido	<u>Myzus persicae</u> , <u>Macrosiphum</u> <u>solanifolii</u> , <u>M. euphorbiae</u> , <u>Aphis abbreviata</u> .
"	"	Psylloidea	Psyllidae Psílidos	<u>Paratrioza cockerelli</u> (psíli- do de la patata)
Lepidoptera	Frenatae	Gelechioidea	Gelchiidae	<u>Gnorimoschema operculella</u> (po- lilla de la patata)
"	"	Noctuoidea	Noctuidae	-
"	"	-	-	<u>Acherontia atropos</u> (mariposa cabeza de muerto).

9.1.1 ORDEN DIPTERA (Moscas).- Larvas blandas y desprovistas de patas<sup>132</sup>. Los adultos dípteros tienen un único par de alas-membranosas que contienen venas transversas. Las alas posteriores están representadas por un par de órganos llamados halteres. El aparato bucal es de varios tipos; en algunos está modificado para picar y chupar, en otros para raspar y comer.

Los adultos se alimentan con los líquidos asociados con la materia orgánica en putrefacción. Las larvas de las moscas son amantes de la humedad; viven en el agua, en el interior del cuerpo de otros animales y en los vegetales húmedos en descomposición.

Se conocen varias especies de dípteros cuyas larvas suelen actuar como portadoras de E. c. c. y E. c. a. Las moscas adultas realizan la puesta sobre materias vegetales en descomposición<sup>7,68,166</sup>, y al avivar los huevos, las larvas se alimentan sobre tales residuos, ingiriendo distintos tipos de bacterias entre las que se incluyen las de putrefacción blanda. Existen pruebas fehacientes de que estos tipos de microorganismos son esenciales para el desarrollo normal de las larvas<sup>7,166</sup>, ya que no asimilan los tejidos de la papa por sí solas, sino que las bacterias ayudan a la digestión parcial de los trozos ingeridos por lo que se considera que ambos tienen una relación simbiótica<sup>23,46,89</sup>. De esta forma el conducto intestinal se infesta<sup>7,45,166</sup> y tanto las pupas como los insectos adultos están contaminados internamente y más adelante realizan su puesta en los trozos de papa semilla<sup>89,166</sup>.

Los órganos bucales y los intestinos de las larvas recién nacidas se contaminan y, al alimentarse sobre los trozos de la papa transmiten las bacterias e infectan los tejidos del vegetal<sup>46,166</sup>.

La acción masticadora de las larvas suministra un método efectivo de infección, puesto que las larvas invaden cualquier tipo de defensa suberosa que la planta produzca, es decir se evita la suberización<sup>46,166</sup>.

8.1.1.1 Antómidos.- El género Hylemia es el portador más común de E. c. a. y E. c. c. Tres especies de este género son denominadas "gusanos de la semilla del maíz" y originan pérdidas al cultivo por ser causantes de la Pierna Negra: H. cilicrura<sup>13, 46, 55, 72, 85, 89</sup>, H. platura<sup>7, 13, 31, 46, 89, 113, 132</sup> e H. trichodactyla<sup>13, 23, 46, 85, 89</sup>. El ciclo de la infección es similar al descrito para el orden díptera.

Las larvas, pupas (estado intermedio) e insectos adultos (imago) se alimentan de materia orgánica en descomposición y posteriormente infestan a la papa semilla<sup>72, 88, 113</sup> o a los tubérculos en desarrollo a través de sus heridas o superficies sin suberizar<sup>85</sup>. Según Pérombelon<sup>123</sup>, esto se debe a que las especies del género Hylemia constan de un aparato bucal que engancha y les sirve para penetrar al tejido parenquimático y --- transmitir las bacterias provenientes de las materias orgánicas en putrefacción, de la tierra o del tubérculo madre.

Leach<sup>89</sup> demostró que los tractos intestinales de las larvas y del imago de H. cilicrura pueden contener a E. c. a. durante tiempo indefinido<sup>89</sup>. En las larvas las bacterias se encuentran a lo largo del tracto intestinal, el cual está constituido como sigue: esófago; intestino medio rodeado por una cavidad denominada proventrículo; 4 cloacas o bolsas en forma de dedo y por la parte final del intestino medio. La mayor cantidad de las bacterias se encuentra en el proventrículo rodeando la válvula esofágica. Según Leach, las bacterias se mantienen en el esófago durante el estado intermedio o pupa y en el estado adulto o imago pasan a las partes inferior y poste--

rior del tracto intestinal. Bonde<sup>13</sup> también determinó que E. c. a. se encuentra en el intestino, pero las tres fases del desarrollo; en el mismo estudio concluyó que H. trychodactyla y cilicrura tienen el mismo ciclo de desarrollo.

En 1976 y 1977, Graham y Hardie<sup>68</sup> determinaron que los dípteros que se alimentan de los basureros cercanos al cultivo transmiten las bacterias a las partes aéreas de la planta sana; concluyeron que los géneros de diferentes órdenes de insectos que contribuyen a dicha contaminación son: Leptocera --- scatopse<sup>54</sup>, Drosophila, Parascatomyza pallida, Coenosia, Azelia, Memopoda y Nupedia. Según estos investigadores, las bacterias permanecen viables durante un mes y la proporción de E. c. a. -- E. c. c. es de 4 a 1; mientras que en los basureros es de 1 a 4, ya que la variedad carotovora permanece viable más tiempo que la variedad atroseptica.

Leach indicó que las bacterias contribuían a la alimentación de la larva descomponiendo el almidón del tubérculo madre y creando así requerimientos nutritivos para la larva<sup>123</sup>.

8.1.1.2 Drosofilídicos o Drosofilidos.- Denominadas moscas -- del vinagre, comprende moscas pequeñas cuyas larvas se alimentan de materias orgánicas en descomposición. Graham, Hardie y Molina et. al. demostraron que varias especies del género Drosophila (Moscas de la fruta) actuaban como portadoras de E. c. a.<sup>72,107,125,129</sup> e infectaban a la planta a través de lesiones, heridas o cortaduras, esto se explica porque el género Drosophila se alimenta de las materias orgánicas en descomposición presentes en los basureros cercanos al cultivo de papa y también a que estos insectos pueden moverse distancias muy largas. Drosophila melanogaster (Meig) se considera la principal transmisora de E. c. a. debido a que se transporta 8 kms. en 24 horas<sup>129</sup>.

El control de los dípteros<sup>102</sup> es por medio de:

- a) Insecticidas por ingestión contra los adultos (arseniato, lindano, aldrin, sevin).
- b) Tratamientos del terreno o de los tubérculos semilla con -- productos de acción múltiple como lo son los compuestos orgánicos clorurados (aldrin, dieldrin).
- c) Los géneros de Hylemia se controlan tratando al tubérculo - semilla con mezclas de antibióticos y soluciones de captan y/o dieldrin<sup>85</sup>. La mezcla de la agrimicina 100 o sulfato de estreptomina con aldrin o captan provoca daños en la - papa semilla. Son efectivos los espolvoreos con soluciones al 5% de captan y metiocarb.
- d) Utilización de tubérculos enteros o cortes con superficie-- suberizada.

8.1.2 ORDEN COLEOPTERA (Escarabajos).- Larvas redondas, reniformes, provistas de tres pares de patas torácicas. Los adultos tienen dos pares de alas: el primer par es duro, sin venas en forma de caparazón y el 2o. par (usado para el vuelo) es -- membranoso, con venación y en el reposo se doblan bajo las cubiertas alares o hélios. El cuerpo es duro y compacto, constan de aparato bucal masticador, ojos visibles y patas muy esclerosadas.

Los huevos, esféricos u ovalados, son puestos en primavera o principios de verano y hacen eclosión en una o dos -- sems. Las larvas alcanzan pleno crecimiento durante el verano y pupan en el suelo. Los adultos emergen a las pocas sems., -- alimentándose y madurando durante el resto del verano y otoño. Hibernan en la llegada de los fríos. La primavera sgte. los -- adultos emergen y ponen huevos, empezando de nuevo el ciclo.

Los coleópteros son fitófagos y en general los adultos se alimentan del follaje y las larvas, conocidas como gusanos blancos, se alimentan de las raíces, tallos subterráneos y del follaje de la planta<sup>102</sup>.

El control de este orden es mediante insecticidas por ingestión (Arseniatos, lindano, aldrin, sevin, etc) o tratamientos del terreno con insecticidas por asfixia (compuestos orgánicos clorurados: aldrin y dieldrin)<sup>102</sup>.

8.1.2.1 Elatéridos.- Coleópteros de cuerpo duro, vistoso; tarsos de las patas con 5 segmentos; antenas con apéndice largo, grueso y agudo, miden 10 mm. de longitud en estado adulto; color rojizo y pelusilla gris. Las larvas producen galerías en las raíces y en los tubérculos<sup>102</sup>.

Los elatéridos más comunes que provocan la Pierna Negra son los "escarabajos cric"<sup>33,65</sup> y sus larvas denominadas "gusanos de alambre"<sup>33,65,132</sup>. Dichos gusanos son de cuerpo cilíndrico, duro (cutícula gruesa), delgado y brillante<sup>33,65,132</sup>; miden 0.64 cms. de longitud X 1.30 cms. de diámetro; manifiestan una coloración de amarillo a café<sup>132</sup>; viven en el suelo, su ciclo de vida es de tres años. Se pueden alimentar de las raíces, de los estolones, del trozo semilla o de la proge--nie en desarrollo, siendo lo más frecuente del tubérculo madre<sup>65,132</sup>.

Los "escarabajos cric" tienen la característica de -- que si se les coloca de espalda pueden dar un salto de varios-- cms. por el aire produciendo al mismo tiempo el sonido "cric" - y posándose sobre las patas; este brinco se hace factible por - el empleo de un apéndice ventral que actúa como resorte para ayu-- dar al salto cuando el cuerpo está en tensión. Su ciclo de vi-- da es de uno a 6 años, considerándose las tres primeras como es

tado larvario y a partir del 4o. edo adulto. Se alimenta primordialmente del tubérculo madre transmitiendo así a E.c.a.

Para el control de estos insectos se hacen las sgts. recomendaciones:

a) Aplicación de Insecticidas:

a.1) El control de los gusanos de alambre se lleva a cabo con pulverizaciones de 1.8 a 3.7 Kg. de "clordane"/acre suministrado a 16 cms de profundidad. Este compuesto se presenta en forma de gránulos, polvo húmedo o emulsión<sup>31</sup>. La aplicación se recomienda de 6 a 8 sems. antes de la primavera o durante el otoño.

a.2) El dibromuro de etileno es muy efectivo pero tiene la desventaja de ser costoso. Sin embargo, si se acude a este insecticida se recomiendan las soluciones al 40% haciendo uso de 3.8 lts./acre, el suministro a una profundidad de 20.5 cms. y la siembra dos semanas después de la aplicación<sup>132</sup>.

a.3) Son efectivas las fumigaciones del terreno con hexacloruro de benceno o cianuro de calcio (bajas concentraciones) aplicando 90.8 Kgs./acre.

b) Prácticas culturales adecuadas y rotación con cultivos resistentes a los gusanos alambre (trébol rojo, mijo y trigo).

8.1.2.2 Crisomélidos o escarabajos pulga.- Sus especies son de tamaño pequeño o moderado, ovales, gruesas, de cuerpo ancho y con antenas filiformes largas. Las características más sobresalientes se encuentran en los tarsos de las patas. Las larvas de los crisomélidos son gusanos gruesos con patas y antenas cortas o largas. Los huevos son puestos en el suelo o ba-

jo la corteza o depositados sobre los tallos y hojas. Los crisomélidos adultos se alimentan de follaje, de las raíces y de las hojas<sup>102</sup>.

Los crisomélidos que causan Pierna Negra son: Dorífera o L.d. y los escarabajos pulga. Leptinotarsa decelínea -- (L.d.) es el principal crisomélido que ataca a la patata destruyendo su follaje. Posee las sgts. características: los adultos son anaranjados brillantes y constan de 10 líneas en el dorso, miden 0.952 cms. de longitud X 0.635 cms. de diámetro. Se reproducen dos generaciones por año; ponen de 10 a 30 huevos -- amarillo anaranjados en el anvés de las hojas de donde toman su alimento las larvas son de textura babosa, de color rojo oscuro y tornan a anaranjado conforme se desarrollan; crecen rápidamente y dos semanas después de la puesta se caen de la planta y -- penetran a la tierra en donde empiezan su estado pupario, el -- cual dura de 5 a 10 días y pasan al estado adulto. El ciclo de vida es de un mes. Los adultos hibernan en la tierra y emergen en la primavera para alimentarse de las hojas y ponen sus huevos<sup>33,132</sup>.

Los adultos de muchas especies saltan como pulgas y -- de aquí que se les llame escarabajos pulga. A este grupo pertenecen las especies del género Epitrix:

a) Epitrix cucumeris.-- Sus larvas se caracterizan por alimentarse de los estomas de las hojas ocasionando su marchitamiento o bien nutrirse de los tubérculos en desarrollo.

b) Epitrix subcrínita.-- Sus larvas se alimentan de la proge-- nie.

La lucha contra estos insectos es por espolvoreos o -- pulverizaciones de insecticidas sobre las hojas. Son recomenda



bles las mezclas de arseniato de calcio y cal, así como las pulverizaciones del caldo bordelés o soluciones de arseniato de calcio (1.82 Kg. de arseniato/ 378.5 lts. de agua)

8.1.2.3 Escarabeidos.- Es una de las familias más extensas de los escarabajos. Su característica más visible son las antenas laminares, en las que los segmentos apicales son foliáceos y -- están apretados durante el reposo. Varían en tamaño y en forma la mayoría de ellos son gruesos y de cubierta muy dura; las larvas son gruesas y blancas y con contorno curvado característico.

Los miembros del género Phyllóphaga atacan a la planta de papa y causan la enfermedad. Los adultos se denominan -- escarabajos sanjuaneros o abejerros de junio se caracterizan -- por defoliar la planta; su ciclo de vida es de uno a cuatro -- años; miden una pulgada de longitud y de 0.635cms. de diámetro. Las larvas, llamadas gusanos blancos o gorgojos blancos, son de forma curvada, de color blanco a beige y se alimentan de los -- tubérculos en desarrollo alterando grandes cavidades<sup>65,132</sup>.

El control más efectivo de estos insectos es llevando a cabo rotación con cultivos resistentes<sup>65,132</sup> (trébol, avena, cebada) al gorgojo blanco, especialmente en mayo y junio.

8.1.2.4 Estafilínidos.- Escarabeidos largos y delgados con -- un par de alas voladoras. Las antenas son alargadas, filiformes o ligeramente agrandadas en la punta. Radican en sustancia orgánica en descomposición, principalmente en lugares húmedos.- Se alimentan de larvas dípteras por lo que a través de éstas -- adquieren a las bacterias de E.c.a. y E.c.c.<sup>65</sup>.

8.1.3 ORDEN HEMIPTERA (Pulgones).- Caracterizados principalmente por: 1) Aparato bucal picador-chupador formando un pico,-

2) metamorfosis gradual y 3) posesión de alas. Poseen ojos -- grandes, antenas con 4 a 10 segmentos y dos pares de alas con -- venación simple.

El orden deriva su nombre de la estructura de las -- alas anteriores en muchas familias, en las que la porción basal es dura y gruesa, llamada corium, y el ápice es más delgado y -- transparente, llamado membrana.

Según Herbert Ross los hemípteros se dividen en dos -- subordenes: heterópteros y homópteros. Al último pertenecen -- los áfididos y psílidos que son insectos que causan el marchita miento de la planta; manifiesta las sgts. características: poseen cuernos filamentosos, es decir las antenas son cortas y -- gruesas o largas y filiformes; la venación alar está muy reduci da, y los tarsos tienen sólo uno o dos segmentos.

8.1.3.1 Áfididos. También llamados áfidos o afidios y determi nados como los pulgones o piojos de las plantas<sup>102</sup>. Se caracte rizan por la presencia de varias venas en las alas anteriores y posteriores y por la existencia de tarsos bisegmentados.

Según Shands et. al.<sup>65,132</sup> los afidios más comunes de la patata Myzus persicae o pulgón verde del melocotonero, Macrosiphium solanifolii, M. euphorbiae (áfido de la papa) y Aphis abbreviata. Se alimentan de la savia de los tallos y de las -- hojas provocando su marchitamiento y enrulamiento, en el caso -- de M. euphorbiae sheupa la savia del limbo de los folíolos y cau sa enrulamiento hacia arriba<sup>132</sup>.

Los áfidos sobreviven el invierno sobre las partes -- aéreas de la planta de la papa y allí mismo ponen los huevos en la primavera, los cuales se alimentan de la savia y al pasar al estado adulto (imago) vuelan a otros cultivos y continúan ali--

mentándose y reproduciéndose durante el verano y el otoño. En el invierno, regresan a la planta original, ponen sus huevos y el ciclo se repite<sup>132</sup>.

El control de los afidios se debe llevar a cabo antes de que los huevos alcancen el estado adulto. Se recomiendan -- los espolvoreos y las pulverizaciones en las hojas de paratión, malatión, diazinón y endosulfán. Se aplican 283.5 gr. de malatión/acre; y de 85.05 a 141.75 gr. de paratión/ acre y la última aplicación del insecticida se debe efectuar 5 días antes de la cosecha<sup>33,132,152</sup>.

8.1.3.2 Psílidos.- Los psílidos son similares a los afidios -- sólo que las patas (trisegmentadas) están adaptadas para brincar por lo que se les denomina "piojos saltarines", miden de -- 2 a 5 mm. de longitud, son alados.

El psílido de la papa, Paratrioza cockerelli, es el -- causante del amarillamiento y enrulamiento del follaje, debido a que se alimenta de la savia de las hojas<sup>65</sup>.

El control se lleva a cabo mediante pulverizaciones -- con mezclas de arseniato-cal-azufre-zinc<sup>65</sup>.

8.1.4 ORDEN LEPIDOPTERA (Mariposas).- Larva u oruga con tres pares de patas torácicas y un número variable de patas falsas, -- aparato bucal masticador; adulto con apertura alar muy variable y aparato bucal lamador y chupador<sup>102</sup>. Este orden causa -- pérdidas mínimas al cultivo de la patata pero algunas especies lesionan ciertas partes de la planta provocando la entrada del -- microorganismo patógeno.

8.1.4.1 Gelechiidae.- Familia a la que pertenece Gnorimosche-  
ma operculella o polilla de la patata; el estado adulto mide de

95 a 127 mm. de longitud y sus alas 10mm. de diámetro; las larvas escavan galerías en las hojas (provocando su enrulamiento), en los tallos, y en los tubérculos. El ciclo de vida varía según la estación, y va de 25 días a algunos meses en primavera e invierno respectivamente. El adulto sobrevive el invierno en pilas de papas almacenadas o en la maquinaria del cultivo<sup>65,102</sup>.

Como medida efectiva de control se recomienda la fumigación de las bodegas de almacenamiento con  $CS_2$  o HCN. El tratamiento con lindano actúa en contra de estos insectos.

8.1.4.2 Noctuidos (Mariposas Molíneras).- Es la familia más extensa de los lepidópteros. La abertura alar es de 30 a 40 mm., color amarillo pálido en las alas anteriores y amarillo-anaranjado en las posteriores. Las larvas son comedoras de las hojas de la planta o taladradoras del tallo y de las raíces.

8.1.4.3 Acherontia atropos (Mariposa cabeza de muerto).- Abertura alar de 20 mm. en estado adulto, las alas anteriores son amarillas con negro y las posteriores ocre con franjas negras, es característico el dibujo de una calavera humana en el tórax. Las larvas destruyen el aparato aéreo de la planta<sup>102</sup>.

El control de los lepidópteros se lleva a cabo con insecticidas por ingestión, los más comunes en contra de las orugas son: arseniatos, lindano, aldrin y sevin.

8.1.5 INSECTICIDAS.- Fitofármacos destinados a la lucha contra los insectos: Se clasifican en base al mecanismo en que actúan:

8.1.5.1 Insecticidas por Ingestión.- Se emplean contra insectos y larvas que se nutren de tejidos vegetales royéndolos externamente.

8.1.5.2 Insecticidas por Asfixia.- Se emplean contra las larvas de insectos que no se alimentan, pero viven en estado latente.

8.1.5.3 Insecticidas por contacto.- Se emplean contra los insectos que se insertan en el exterior de la planta y que chupan la linfa interna debido a que introducen su apéndice bucal en los tejidos.

8.1.5.4 Insecticidas sistémicos.- Son distribuidos en el suelo y absorbidos por la planta, de tal manera que al circular -- por la savia son eficaces contra los parásitos de los tejidos internos.

Los insecticidas de la papa más usuales son: arseniatos (actúan en contra de los insectos devoradores de las hojas); caldo bordelés; DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), que tiene un efecto paralizante hacia los insectos, se utiliza a muy bajas concentraciones (3%) para evitar efectos tóxicos; cobre tri básico; "dithane" (DDD o dicloro-difenil-dicloroetano); dibromuro de etileno y hexacloruro de benceno (sistémicos), el último no es recomendable por impartir olor y sabor desagradable a los tubérculos.

## 8.2 PRACTICAS CULTURALES O DE CULTIVO

Se refieren al manejo que se les da a los tubérculos durante su desarrollo, recolección y almacenamiento<sup>97</sup>.

8.2.1 CUCHILLOS UTILIZADOS PARA TROCEAR LA PAPA SEMILLA. Los cuchillos o navajas de la maquinaria utilizados para el corte del tubérculo madre pueden ocasionar la contaminación de la superficie del corte, lo cual se debe a condiciones de sanidad -- inadecuadas<sup>14,46,58,59,87</sup>.

Smith<sup>147</sup> concluyó que los trozos de papa madre inoculados con E.c.a. se contaminan con mayor facilidad que con E.c.c. Dicho investigador realizó el experimento mencionado a continuación: Se cortaron los trozos de papa madre con cuchillos estériles (control) y sin esterilizar; posteriormente fueron -- inoculados con suspensiones de E.c.a. y E.c.c. preparadas de -- cultivos puros de 48 hrs. de edad y se incubaron en cámaras de humedad y a temperatura ambiente durante 48 hrs. Por último -- los trozos semilla se sembraron en macetas chicas y se mantu--- vieron bajo condiciones de invernadero. Los resultados se ob-- servan en la TABLA 14.

8.2.2 MAQUINARIA.- La maquinaria de siembra y de cosecha in-- fluyen en la transmisión de la enfermedad puesto que se toman - en cuenta su sanidad y el tratamiento que se le da al cultivo.

Algunos investigadores<sup>20,21,97,113</sup> consideran a la -- maquinaria como fuente de la enfermedad ya que durante la reco-- lección se ponen en contacto los tubérculos infectados con los-- sanos, por lo que Munzert recomienda llevar a cabo una segunda-- selección después del almacenamiento.

La recolección manual produce menos pérdidas que la - mecánica<sup>97,120</sup>, por lo que es conveniente el uso de sembradoras semiautomáticas<sup>166</sup>.

Según Pérombelon<sup>125</sup>, E.c.a. puede ser transmitida al cultivo a través de la maquinaria contaminada. El equipo que - actúa como fuente potencial de E.c.a. y E.c.c. es el sgte: ara-- dora<sup>125,129,130</sup>, tractores<sup>55</sup>, maquinaria de siembra, sacadoras--<sup>97</sup>, pulverizadora y espolvoreadora<sup>22</sup>.

Descripción de una Pulverizadora: acciona por arras-- tre y toma de fuerza del tractor, la capacidad del tanque es de

TABLA 14 - A  
 EFECTO DE LOS CUCHILLOS PARA TROCEAR LA PAPA SEMILLA INOCULADA CON E.c.a. y E.c.c.  
Erwinia carotovora atroseptica

No. DE EXPERIMENTO	CONTROL			1ER. CORTE			2o. CORTE			3ER CORTE		
	P	S	P.N.	P	S	P.N.	P	S	P.N.	P	S	P.N.
1	50	4	0	26	2	0	26	23	3	21	19	3
2	30	0	0	30	8	1	30	12	2	30	24	0
3	30	11	2	30	30	0	30	30	0	30	30	0
4	40	14	1	40	23	3	40	37	3	40	40	0
5	30	3	1	70	20	1	30	22	3	30	25	5
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>156</b>	<b>63</b>	<b>5</b>	<b>156</b>	<b>124</b>	<b>11</b>	<b>156</b>	<b>138</b>	<b>8</b>
<b>Porcentaje</b>		<b>18</b>	<b>2.2</b>		<b>53</b>	<b>3.2</b>		<b>80</b>	<b>7.05</b>		<b>91</b>	<b>5.12</b>
						<b>- 2.2</b>			<b>-2.2</b>			<b>-2.2</b>
						<u><b>1.2%</b></u>			<u><b>4.85%</b></u>			<u><b>2.52%</b></u>

Nota: P: Número de trozos semilla sembrados  
 S: Tubérculos germinados  
 P.N.: Tubérculos con Pierna Negra.

TABLA 14 - B

Erwinia carotovora carotovora

No. DE EXPERIMENTO	CONTROL			1er. CORTE			2o. CORTE			3er. CORTE		
	P	S	P.N.	P	S	P.N.	P	S	P.N.	P	S	P.N.
1	45	43	0	23	23	0	22	22	0	20	19	0
2	30	21	0	30	29	0	30	28	0	30	27	0
3	30	30	0	30	28	0	30	30	0	30	29	0
4	40	37	0	40	37	0	39	33	0	40	38	0
5	30	26	0	30	29	0	30	30	0	30	30	0
<b>Total</b>	175	157	0	153	146	0	151	143	0	150	143	0
<b>Porcentaje</b>		90	0		95	0		95	0		95	0



1200 lts., llenado por un sistema hidroinyector en 6 mins. La parte interna del tanque está recubierta con esmalte para evitar la corrosión y tiene un batidor mecánico o hidráulico. Trabaja con una presión entre 150 y 300 lbs con regulador. La bomba succiona el líquido del tanque de agua a través de una manguera con un filtro. La barra pulverizadora abarca entre 13 y 15 surcos distanciados entre 65 y 70 cms. Arrojan hasta 800 lts./Ha. regulable. El trabajo efectivo es variable, generalmente abarca entre 30 y 40 Ha. por día, con una velocidad promedio entre 5 y 6 Km/Hr.

La pulverizadora debe estar en perfecto estado técnico<sup>116</sup> para que se garantice el control; la bomba y manómetro deben permanecer en óptimo funcionamiento y el segundo colocado en un lugar de fácil observación para el operario; el sistema de agitación mantendrá una velocidad de rotación entre 300 y 350 R.P.M; el sistema de filtración estará compuesto por 3 filtros: uno en la boca del tanque, otro entre el tanque y la bomba y el tercero en cada boquilla. Los picos roceadores o boquillas mantendrán una distancia entre 25 y 30 cms. a la superficie del cultivo, correcta orientación y aplicación uniforme. Tractor con potencia de 450 a 500 R.P.M. con aceleración y velocidad uniforme,<sup>22,65</sup>.

El espolvoreo se lleva a cabo mediante helicópteros o avionetas especializados<sup>65</sup>.

Según Lund y Kelman<sup>97</sup> es necesario que los tubérculos estén lesionados para que el equipo influya en la transmisión.

8.2.3 LAVADO DE LOS TUBERCULOS COSECHADOS.- En 1963, Calvert y Graham<sup>58,59,69</sup> demostraron que el lavado de los tubérculos -- madres incrementa la Pierna Negra de la progenie; lo anterior -- fué confirmado por Henriksen, quien determinó que la humedad de

la semilla incrementa la enfermedad de un 0.1 a un 7.5% por --- otro lado, Lund y Kelman<sup>97</sup> también determinaron el riesgo potencial de los tubérculos para adquirir el Pie Negro y concluyeron que los tubérculos que habían pasado a través de un sistema de transporte por canal con agua y posteriormente fueron enjuagados por aspersion en una planta comercial de empaque tuvieron un potencial de putrefacción mayor, aún después de pasar por una secadora de aire caliente, que los tubérculos sin lavar, -- ésto se debe a que el agua de lavado afecta la superficie del tubérculo porque hay incremento en la turgencia de los tejidos. Los resultados del experimento anterior se observan en la TABLA 15.

8.2.4 ALMACENAMIENTO.- Las óptimas condiciones de almacenamiento para el cultivo de la patata se describieron en el capítulo 1. Se manifiestan pérdidas cuantiosas cuando los tubérculos se mantienen al aire libre durante algún tiempo previamente al almacenamiento, lo que comprueba que si las condiciones son favorables el almacenamiento es un factor determinante para la infección<sup>120,167</sup>. Las condiciones más importantes para favorecer el crecimiento de E.c.a. son: bajas temperaturas (entre 19- y 20°C) y humedades relativas altas (mayores del 90%)<sup>58,59</sup>.

La infección se puede transmitir a través de tubérculos que caen al suelo antes de la recolección y que aparentemente están sanos pero contienen a E.c.a. en su superficie durante el almacenamiento<sup>35,149</sup>.

Pérombelon<sup>130</sup> determinó que aún en los tubérculos -- provenientes de semillas certificadas se pueden contaminar con las bacterias de putrefacción blanda en el almacenamiento aunque en menor grado que la semilla sin certificar.

Lund y Kelman<sup>97</sup> determinaron que la longitud del pe--

TABLA 15

PIERNA NEGRA EN TUBERCULOS DEL CULTIVAR RUSSET BURBANK DESPUES DE DOS MESES Y  
MEDIO DE ALMACENAMIENTO

MUESTRA	# DE TUBERCULOS EXAMINADOS	PIERNA NEGRA (8)
Tubérculos sucios	100	6
Tubérculos lavados	80	91

TABLA 15

PIERNA NEGRA EN TUBERCULOS DEL CULTIVAR RUSSET BURBANK DESPUES DE DOS MESES Y  
MEDIO DE ALMACENAMIENTO

MUESTRA	# DE TUBERCULOS EXAMINADOS	PIERNA NEGRA (%)
Tubérculos sucios	100	6
Tubérculos lavados	80	91

ríodo de almacenamiento influye en la putrefacción, ya que a menor tiempo de almacenamiento corresponde menor suberización de la cáscara y por ende mayor putrefacción.

El origen del Pie Negro radica en la introducción de pilas muy altas<sup>122</sup>.

Entre otros factores que influyen en este período se tienen: la resistencia del cultivar<sup>97</sup>, las condiciones de los tejidos de los tubérculos, la producción de enzimas y el nivel de azúcares en los tejidos<sup>167</sup>.

CAPITULO 9  
CONTROL DE LA PIERNA NEGRA

Es indispensable analizar los factores que contribuyen a la diseminación de E.c.a. y E.c.c. para desarrollar las medidas de control efectivas en contra de la Pierna Negra<sup>20</sup>, -- las cuales se inician desde el tratamiento del suelo hasta el final del período de almacenamiento<sup>79</sup>.

9.1 TRATAMIENTO DEL SUELO, ROTACION DE CULTIVOS, FERTILIZANTES Y SIEMBRA

En los terrenos de cultivo con antecedentes de Pierna Negra, se requiere la esterilización del suelo mediante la fumigación con  $\text{CH}_3\text{-Br}$  y/o Vapan (N-metil ditiocarbamato de sodio, - los cuales se deben incorporar a la superficie de la tierra --- (a 10 o 20 cms. de profundidad) ya sea mecánica o manualmente<sup>170</sup>

Efectuar rotación con cultivos resistentes al microorganismo patógeno<sup>72,170</sup> para que los micro y macroelementos de la tierra estén nivelados.

Evitar el uso de fertilizantes nitrogenados fuertes-- ya que dañan la cáscara de los tubérculos<sup>46</sup>. Se recomiendan -- los potásicos y fosfopotásicos puesto que incrementan la resistencia del cultivo<sup>170</sup>; se deben aplicar cantidades exactas para que los tubérculos no sean afectados<sup>68</sup>.

9.2 PAPA SEMILLA

Evitar plantar papa semilla proveniente de cultivos - afectados por la enfermedad, es decir sembrar tubérculos madres

libres de la Pierna Negra<sup>16,21,22,46,65,67,72,79,84,112,113,132,152,166,170</sup>. Algunos investigadores afirman que debido a que -- el microorganismo patógeno es habitante del suelo, la mejor lucha en contra de la Pierna Negra es la de sembrar semilla certificada<sup>2,16,58,59,125,129,149,170</sup>.

El establecimiento de programas de certificación de -- papa semilla reduce notablemente la infección<sup>2,20,125</sup>. Las tres características importantes de dichos programas son:<sup>170</sup> utilización de suelos sin antecedentes de la Pierna Negra, inspecciones continuas durante los años de certificación y evitar los daños mecánicos.

Escocia se caracteriza por producir las mejores semillas certificadas en el mundo, se aplica el método VTSC (Virus - Tested Stem cuttings)<sup>16,54,55,58,59,108,123,125,129,130</sup> el cual sigue el esquema de multiplicación descrito en el primer capítulo. La única diferencia es la obtención del A clon, ya que se siembra tubérculos madres sanos y en caso de que estén contaminados con E.c.c. y E.c.a. se corta el tallo subterráneo para separar al tubérculo madre de la progenie (Aclon) antes de que el -- primero contamine a los tubérculos hijos. La progenie libre de E.c.a. o E.c.c. es denominada A clon. Comúnmente se sigue hasta el 5o. año de multiplicación u obtención de semilla élite llevándose a cabo erradicaciones periódicas. Así, se obtienen "Semillas Certificadas del tipo VTSC multiplicando los tubérculos nucleares (tubérculos provenientes de clones iniciales) durante -- 4 o 5 años más<sup>55,129</sup>.

La humedad y temperatura de los lugares de certificación y de siembra deben ser similares<sup>2,84</sup>.

Es factible utilizar tubérculos semilla enteros o en trozos<sup>152</sup>. Algunos investigadores recomiendan la utilización de

tubérculos enteros<sup>58,59,62</sup>. Sin embargo otros prefieren los -- trozos de la papa semilla, en este caso se debe hacer uso de cu<sup>chillos</sup> desinfectados<sup>62,84,113,149,166,170</sup> y aplicar tratamien- tos químicos<sup>58,59,113</sup>. La desinfección de los cuchillos utili- zados para trocear se puede llevar a cabo con soluciones de: -- HgCl<sub>2</sub> al 0.1 - 0.2%, formaldehido (HCHO) al 2 o 5%, cloro, --- Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o NaClO<sup>46,91</sup>. Se pueden emplear cuchillas rotativas que circulan continuamente a través del desinfectante, así como cu- chillos de doble filo<sup>166</sup>.

Permitir la suberización de la superficie donde se hi<sup>zo</sup> el corte antes de sembrar, lo cual se favorece almacenando - los tubérculos a humedad relativa entre 78 y 80% durante un pe- ríodo corto<sup>23,88,132,170</sup>.

### 9.3 IRRIGACION

Evitar las inundaciones o anegamientos debido a que - la humedad excesiva favorece la anaerobiosis del tubérculo, he- cho que interrumpe la suberización y permite la entrada del --- microorganismo patógeno.

### 9.4 RECOLECCION

La recolección se efectúa cuando los terrenos estén - secos en los lugares lluviosos<sup>16,69,170</sup> y en los climas cálidos antes de las 11 a.m. y después de las 5 p.m. para evitar la ger<sup>minación</sup> y alteración de la suberización por el efecto de la -- intensidad de la luz<sup>79,154,170</sup>.

Se recomienda cosechar el cultivo de la papa al final del período vegetativo<sup>124</sup> así como efectuar la recolección ma-- nualmente<sup>72,116,166</sup>.



## 9.5 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Seguir las condiciones mencionadas en el capítulo 1.- El control durante este período es esencial debido a que las -- condiciones del almacenaje son favorables para la propagación -- de las bacterias<sup>69</sup>. Se hacen las recomendaciones siguientes: - la altura de las pilas de papas debe fluctuar entre 2.4 y 2.7 m. y el ancho entre 1.5 y 1.8 m., dichas pilas estarán separadas -- unas de otras<sup>79</sup>; las bodegas de almacenamiento requieren venti- -- lación adecuada<sup>16,79,120,124,167</sup>. Al principio del almacena -- miento son necesarias humedad y temperatura altas para favore-- cer el desarrollo del peridermo y posteriormente temperaturas -- bajas para inhibir a las bacterias, ésto es: temperatura entre 21.1 y 26.6°C al principio, luego entre 12.7 y 15.5°C y por úl- -- timo entre 2 y 5°C; se recomienda la eliminación de los tubér-- culos húmedos e infectados para evitar el contacto de los sanos con los contaminados<sup>69,122</sup>. Tener especial cuidado en la hume- -- dad y ventilación en la primera semana del almacenamiento<sup>65</sup>.

Se lleva a cabo un período de cicatrización o curado-- de tres semanas para evitar el Pie Negro siguiendo algunas pre- -- cauciones porque E.c.a. y E.c.c. son muy activas a temperaturas entre 15.5 y 29.4°C y humedades altas, que son las óptimas con- -- diciones para el período de curado (20°C y alta humedad relati- -- va)<sup>65</sup>.

Evitar transportar largas distancias la papa semilla.

## 9.6 SANIDAD

La sanidad va aunada a todos los métodos de control<sup>170</sup> Como medida apropiada de sanidad se recomienda la inspección -- del cultivo durante el desarrollo vegetativo y efectuar la erra -- dicación o eliminación de las plantas infectadas<sup>16,46,69,79,120</sup>.

167,170. En Gran Bretaña<sup>58,59</sup> se probó que cuando se manifiestan los primeros síntomas del Pie Negro se deben arrancar los tubérculos progenie infectados y erradicar toda la planta en caso de infección muy severa.

Las medidas sanitarias del tubérculo semilla y de la maquinaria son imprescindibles para la producción de un cultivo sano, estas medidas son obligatorias desde la siembra hasta el almacenamiento<sup>20,55,62,84,112,113,116,120,166</sup>.

La desinfección de la maquinaria se efectúa mediante los siguientes métodos:

9.6.1 LAVAR CON JABON Y AGUA; Desinfectar durante 15 o 30 mins. con una solución de hipoclorito, formal dehidro, lisol o compuestos de amonio cuaternarios y por último enjuagar con agua para evitar la corrosión. Es recomendable saturar con el desinfectante las cuchillas del corte y los rodillos de esponja utilizados en el secado de los tubérculos<sup>20,84</sup>.

9.6.2 ADAPTACION DE LOS SISTEMAS DE DESINFECCION EN EL EQUIPO<sup>116</sup>, es decir un acoplamiento de tubos que abarquen las tres cuchillas de la sacadora y la aplicación de una bomba de baja presión y poca capacidad que garantice la aspersion de la solución de tal manera que el desinfectante se aplique a las cuchillas a intervalos regulares cada dos o tres minutos.

Es conveniente realizar el lavado de los tubérculos-semilla con pulverizaciones de agua y a presiones bajas siendo recomendable cambiar el agua de lavado; inmediatamente después efectuar el secado de los tubérculos con aire<sup>112,113,114</sup> y no embolsar tubérculos húmedos<sup>145</sup>.

Una de las medidas de sanidad más importantes es la -

de eliminar los montones de los tubérculos de desecho y de materia vegetal en descomposición cercanos a los campos de cultivo para que no actúen como fuente de contaminación a través de los insectos<sup>55,166,169</sup>. El control de éstos se aplicará dependiendo del orden al que pertenezcan<sup>21,22,46,97</sup>.

#### 9.7 MANIPULACION

Es esencial la manipulación cuidadosa de los tubérculos semilla durante la siembra, recolección y almacenamiento -- puesto que las heridas o magulladuras que se provocan con estos procesos son un camino abierto a la entrada de E.c.a.<sup>22,65,69,84,112,113,114,126,154,166</sup>.

#### 9.8 VARIETADES

Se recomienda utilizar variedades resistentes para el control del Pie Negro<sup>46,65,72,97,113,170</sup>. La resistencia de -- las variedades se combina con las características agronómicas.- La temperatura, la luz y la humedad alteran las manifestaciones del carácter de resistencia.

#### 9.9 TRATAMIENTOS QUIMICOS

9.9.1 TUBERCULO SEMILLA.- Debido a la infestación del micro-- organismo patógeno en el suelo se recomiendan los tratamientos-- químicos de la papa madre<sup>58,72,84,97,170</sup>. para lo cual se aplican bactericidas, antibióticos y mezclas de fungicidas con insecticidas<sup>46,102,170</sup>. Sin embargo, las bacterias pueden resistir-- dichos tratamientos<sup>124</sup>.

Los compuestos químicos utilizados en el tratamiento-- de la papa semilla poseen las características que siguen<sup>170</sup>. Alta actividad microbiana; no tóxico para la planta; baja solubi-

lidad para que perdure y no se elimine con el riego del cultivo; alta concentración: fácil adhesión al tubérculo y pueden ser -- soluciones o polvos mojables.

El tratamiento se efectúa remojando al tubérculo madre en el compuesto químico y luego secándolo bajo corriente de aire controlada<sup>170</sup>.

9.9.2 FOLLAJE.- Otros tratamientos químicos incluyen los compuestos directamente aplicables al follaje de la planta mediante pulverizaciones o espolvoreos. En este caso, los fungicidas, bactericidas y/o insecticidas se consideran elementos protectores y su misión es la de impedir la infección o actuar directamente sobre el microorganismo patógeno si ya invadió la planta<sup>166,170</sup>.

La pulverización es la aplicación de una sustancia -- sólida en polvo o en una nube muy fina de un líquido, mientras que el espolvoreo implica esparcir el compuesto químico en forma de polvo. La primera se efectúa mediante pulverizadoras -- (descritas en el capítulo 8) y el segundo mediante helicópteros o avionetas; este último tiene las ventajas de rapidez y uniformidad durante la aplicación, sin embargo existe la desventaja -- de producir derivas, debido a los vientos<sup>22,170</sup>.

9.9.3 CARACTERISTICAS DE FUNGICIDAS Y BACTERICIDAS.- Alta --- efectividad a concentraciones que no dañen a la planta; química y físicamente estables con periodos largos de acción después de la aplicación; no tóxico para el hombre; resistente a los microorganismos patógenos del suelo; que no afecte a la ecología del área de cultivo; facilidad de aplicación es decir de fácil disolución (líquido) o de textura fina si es polvo; compatibilidad con otros compuestos (insecticida, y bactericida) para mezclarlos cuando sea necesario; vida larga de almacenamiento y bajo --

costo<sup>170</sup>.

Los efectos de los fungicidas son: interrumpir el crecimiento del microorganismo patógeno; incrementar la resistencia de la planta y reducir el desarrollo de la enfermedad.

Los fungicidas para el control del Pie Negro se dividen en varios grupos:

9.9.3.1 Compuestos de Cobre.- Caldo bordelés, oxiclóruo de cobre y carbonato de cobre.

9.9.3.1.1 Caldo bordelés<sup>166,170</sup>. - Contiene 15% de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ), y 8% de cal ( $\text{CaO}$ ). La fórmula 1-1-100 se refiere a un Kg de  $\text{CuSO}_4$ , un Kg. de  $\text{CaO}$  y 100 lts. de agua.

Sin embargo Whitney<sup>170</sup> determinó que el cobre inhibe la suberización del peridermo por lo que no se consideran los fungicidas más efectivos.

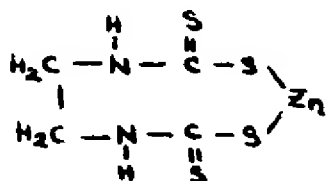
9.9.3.2 Compuestos mercurícos.- Son muy efectivos pero se deben utilizar a bajas concentraciones para que no se consideren fitotóxicos<sup>46,166,170</sup>.

9.9.3.2.1 Cloruro mercuríco.- Sumergir los tubérculos semilla en una solución de  $\text{HgCl}_2$  al 0.1% durante 30 mins. o bien de formaldehído al 0.1% durante el mismo tiempo<sup>46,72,79,166</sup>.

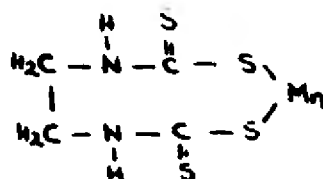
9.9.3.2.2 Organo-mercuríco.- Los compuestos organomercurícos ayudan a la germinación y emergencia de la progenie<sup>57,72</sup> y se usan para el control de enfermedades originadas en el tubérculo madre. Es efectivo el baño instantáneo del tubérculo madre en Semesan Bel (Líquido compuesto por hidroximercurinitrofenol al 12% e hidroximercuríclorofenol al 2%), empleado en la propor --



9.9.3.3.1.4 Zineb, Maneb y Mancozeb (Dithane M 45, Dithana Z--78)<sup>22,72,137,166,170</sup>. Son los etilén-bis-ditiocarbamatos de --Zinc y de Manganeso. El último corresponde al producto de coordinación de iones Zinc con el Maneb y sus estructuras son:



ZINEB



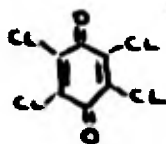
MANEB

9.9.3.4 Compuestos de cloro.- Se emplean como tratamiento en-puiverización del follaje o como protectores de la papa semilla.

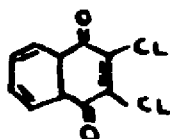
9.9.3.4.1 Cloranil.- Tetracloro-p-benzoquinona.

9.9.3.4.2 "Dichlone"<sup>166,170</sup>, 2,3 dicloro- 1,4, neflaquinona.

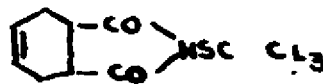
9.9.3.4.3 Captan.<sup>140,166,170</sup>.- N (triclorometiltio) -4 ciclohe-zano- 1,2 dicarboxiamida.



CLORANIL



"DICHLONE"



CAPTAN

Se recomienda el tratamiento de la semilla en esta solución o espolvoreos después de la siembra<sup>140</sup>.

9.9.3.4.4 Antibióticos.- Se ha comprobado que los más efectivos para el control de la Pierna Negra son la terramicina (oxitetraciclina) y estreptomina<sup>22,46,57,72,136,137,166,170</sup>. Se tratan los tubérculos madres y en forma complementaria, las plantas se deben pulverizar varias veces según la gravedad. La dosis a emplear según la infección varía entre 30 y 240 g. por cada 100 lts. de agua.

El antibiótico más utilizado para el control de la Pierna Negra es la Agrimicina 100<sup>23,66,136</sup> (mezcla de sulfato de estreptomina al 15% y de la oxitetraciclina al 1.5%). Bon<sup>15</sup> recomienda sumergir al tubérculo madre en la solución de este antibiótico con una concentración de 100 p.p.m. durante 5 mins. Jorge Herrera<sup>66</sup> recomienda la mezcla de la Agrimicina 100 con el fungicida mancozeb al 80% ("Dithane" 45) como el óptimo tratamiento tanto de la papa semilla como del follaje. Las dosis son las siguientes: 0.67 g. de Agrimicina 100/lt. de agua + 2.53 g. de mancozeb al 80% lt. de agua.

Sin embargo, Robinson et. al.<sup>136,137</sup> controlaron la enfermedad con otros antibióticos: Agristrep, AS-15 y sulfato de Neomicina, cuyo principio activo es la estreptomina. Los resultados de sus experimentos se observan en la TABLA 16. La estreptomina es eficiente para el Pie Negro porque posee una rápida acción bacteriana<sup>28</sup>. También compararon los efectos de los antibióticos con los fungicidas (TABLA 17) y concluyeron que los tratamientos óptimos para el control de la Pierna Negra en la papa semilla son el Agristrep, Semesan Bel, la mezcla de ambos, y la mezcla de dicho antibiótico con el Captan. Por su parte Graham y Hardie<sup>68</sup> recomiendan la mezcla de antibióticos con fungicidas organomercurícos.



TABLA 16  
EFFECTO DE ALGUNOS ANTIBIOTICOS EN TUBERCULOS INOCULADOS CON E.c.a.

ANTIBIOTICO <sup>a</sup>	EXPERIMENTO I <sup>b</sup> (1954) TIMPO DEL TRATAMIENTO DE LA PAPA SEMILLA (Min)	PIERNA NEGRA ( % )
Agristrep	10	3.0
Sulfato de neomicina	10	14.0
Semasa-Bel (Fungicida)	Instantáneo	7.0
EXPERIMENTO II <sup>c</sup> (1955)		
Agristrep	Instantáneo	1.0
Agristrep	15	1.0
Agristrep	30	0.0
As - 15	Instantáneo	0.0
Agrimicina 100	Instantáneo	1.0
Semesan-Bel	Instantáneo	1.0

Nota: a) Concentraciones del antibiótico: Exp. I 30 ppm y Exp. II 100 ppm.  
 b) Promedio de 200 trozos semilla  
 c) Promedio de 600 trozos semilla.

TABLA 17

EFFECTO DE ALGUNOS ANTIBIOTICOS Y FUNGICIDAS EN LA PIERNA NEGRA

TRATAMIENTO DE LA SEMILLA	PIERNA NEGRA EN SEMILLAS SIN INOCULAR (%)	PIERNA NEGRA EN SEMI- LLAS INOCULADAS CON - <u>E.c.a.</u>
Control	20.5	18.1
Spergon (F)	4.1	10.1
Semesan-Bel (F)	3.7	17.5
Captan (F)	22.1	17.9
HgCl <sub>2</sub> (F)	7.9	2.5
Cloruro mercúrico ácido (F)	5.8	3.1
Agristrep polvo (A)	0	0
Agristrep + captan (A+F)	0	0

Notas: A = Antibiótico  
B = Fungicida.

En resumen, las sustancias químicas más efectivas para la Pierna Negra son: el captan, los compuestos organomercurícos- y los antibióticos.

9.9.4 MEDIDAS RECOMENDADAS PARA GARANTIZAR LA EFICACIA DE LA -  
APLICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS.- Emplear agua limpia en la-  
preparación; pesar y medir correctamente los productos; efec --  
tuar premezclas; previa eliminación de los obstáculos que impo-  
sibilitan la marcha uniforme del equipo; cumplir las normas de-  
mantenimiento diario del equipo; suspender las aplicaciones ---  
cuando la temperatura ambiente y la velocidad del viento sean -  
excesivas.

## CAPITULO 10

## RELACION DE LA PIERNA NEGRA CON OTRAS ENFERMEDADES Y MICROORGANISMOS

La Pierna Negra se relaciona con otras enfermedades de la papa o con algunos microorganismos por la similitud en los síntomas característicos. Los microorganismos más comúnmente relacionados con E.c.a. son Fusarium coeruleum y Verticillium albo-atrum, aunque también se asocia con: Bacillus polymyxa, B. subtilis, Corinebacterium sepedonicum, Pseudomonas solanacearum, Streptomyces scabies, Phytophthora infestans, P. erythrosetica, Phoma exigua, Fusarium oxysporum, F. eumartii, F. avenaceum, F. trichotecoides, Rhizoctonia solani y virus del enrollado.

## 10.1 RELACION CON OTRAS ENFERMEDADES PROVOCADAS POR BACTERIAS

Se han citado otros microorganismos causantes de la putrefacción blanda de los tubérculos, entre ellos se tienen algunas bacterias del género Bacillus, como B. subtilis, B. polymyxa y otras del género Pseudomonas. Sin embargo se ha comprobado que dichos microorganismos causan la putrefacción blanda bajo condiciones de invernadero pero no en el campo<sup>21,22</sup>

## 10.2 PUTREFACCION ANULAR

10.2.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Corinebacterium sepedonicum - Bacilo Gram positivo que mide de 0.6 a 1.4  $\mu$ m de largo y de 0.3 a 0.5  $\mu$ m de diámetro, no posee flagelos.

10.2.2 SINTOMAS,- Se Observan al final del período vegetativo. En primavera y veranos frescos los síntomas apicales pasan inadvertidos hasta la recolección. En caso de primaveras fres

cas y veranos calurosos aparece una clorosis del limbo de los folíolos, con necrosis de los bordes, seguida por una detención del crecimiento o incluso la muerte del tallo. Se revelan coloraciones parduzcas de los elementos vasculares<sup>166</sup>.

La enfermedad puede pasar inadvertida en los tubérculos antes de la recolección, revelándose los síntomas durante el período de almacenamiento. Los primeros síntomas en el tubérculo consisten en la aparición de un color amarillo claro en los haces vasculares, la infección empieza en la inserción del estolón. Luego se produce exudación bacteriana, que se intensifica si se presionan los tejidos produciéndose una resquebrajadura en el anillo vascular causando la separación de los tejidos; alteración del color del parénquima amiláceo, a amarillento u ocre; pérdida de la turgencia. En estado muy avanzado el parénquima amiláceo presenta zonas blandas y pulposas.

10.2.3 CICLO DE LA ENFERMEDAD.- La invasión inicial se lleva a cabo a través de heridas ocasionadas durante la recolección y el almacenamiento. Las principales fuentes de inóculo primario son la maquinaria de labor contaminada, los cuchillos -- empleados para trocear y el tubérculo madre. Las bacterias se multiplican en los tejidos vasculares hasta obstruirlos<sup>166</sup>.

10.2.4 RELACION PIERNA NEGRA.- Putrefacción Anular.- Los síntomas del follaje se pueden confundir en las primeras fases de la infección, puesto que también se presentan amarillamiento y necrosis de las hojas pero en las últimas fases de la putrefacción el enrulamiento de los bordes es menos profundo y la necrosis únicamente cubrirá los bordes de los folíolos. El marchitamiento de la planta es debido a la oclusión de los vasos xilemáticos (Conducción de agua) por la invasión de las bacterias<sup>166</sup>. Al igual que el Pie Negro la enfermedad se inicia en la inserción del estolón. Los tejidos parenquimáticos de --

los tubérculos hijos también manifiestan putrefacción blanda, - esto es debido a la invasión de E.c.a. y E.c.c. en el tubérculo. A diferencia de E.c.a., Corynebacterium sepedonicum es -- una bacteria Grampositiva, no posee flagelos y no sobrevive -- en el suelo<sup>22</sup>.

10.2.5 CONTROL.- La bacteria se disemina rápidamente por contacto de partes enfermas con sanas, especialmente entre tubérculos o restos de los mismos en las bodegas de almacenamiento. Como medida de control cabe descartar los tubérculos afectados ya sea para semilla o para comercializar. También tomar precauciones de la desinfección total de los almacenes y de las herramientas que están en contacto con los tubérculos como las cuchillas para trozar, máquinas sembradoras, máquinas seleccionadoras y maquinaria agrícola<sup>22,166</sup>.

### 10.3 PUTREFACCION PARDA O CAFE

#### 10.3.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Pseudomonas solanacearum

Bacteria Gramnegativa, oval, alargada, inmóvil que posee un -- flagelo polar, comunmente vive en el suelo.

10.3.2 SINTOMAS.- Los síntomas iniciales comienzan en la parte apical del follaje presentándose un cambio de coloración -- de las hojas que pasan primero al verde pálido y luego al amarillo bronceado. Inmediatamente después se produce el marchitamiento y luego la muerte de la planta<sup>22,166</sup>. La parte basal del tallo y los estolones adquieren un color castaño oscuro. - Hay interrupción en el crecimiento del tallo. Los síntomas de los tubérculos abarcan una alteración del color de la corteza en la inserción del estolón. Tanto en los tallos como en los tubérculos los tejidos vasculares se encuentran alterados y al presionarlos se escurre un líquido viscoso blanuzco que es un exudado bacteriano<sup>22,166</sup>.

10.3.3 CICLO DE LA ENFERMEDAD.- El agente patógeno puede habitar en el suelo por años. Invade la planta a través de heridas y ocasionan una descomposición interna iniciada en los haces vasculares.

El microorganismo produce pectin-metilesterasa - - (PME), poligalacturonasa (PG) y celulasa. Mediante la acción de estas enzimas los componentes de las paredes del xilema se degradan y provocan la obstrucción de los vasos, ocasionando la marchitez de la planta<sup>166</sup>.

10.3.4 CONDICIONES PREDISPONENTES.- Los suelos con temperaturas elevadas favorecen el ataque de la bacteria, así como también el exceso y las heridas en los tubérculos semilla<sup>22,166</sup>.

10.3.5 RELACION PIERNA NEGRA-PUTREFACCION PARDA (Café).-

El follaje presenta amarillamiento pero no enrulamiento. El tallo y la inserción del estolón adquieren una coloración café (castaño oscura) a diferencia del Pie Negro que es negra. También hay interrupción del crecimiento de la planta. Pseudomonas solanacearum produce las mismas enzimas pectolíticas que E.c.a.

10.3.6 CONTROL.- En suelos muy infectados es conveniente efectuar rotación de cultivos así como también la incorporación de  $CaS_2$  en el suelo. El uso de antibióticos (terramicina y estreptomycinina) sobre los tubérculos y el cultivo disminuye la infección. Se recomiendan dosis que oscilan entre 30 y 250 g. cada 100 lts. de agua<sup>22</sup>.

#### 10.4 SARNA COMUN

10.4.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Streptomyces scabies.- Bacteria con estructura filamentososa y forma espiral. La penetración en el huésped se verifica por las lenticelas y por las --

heridas producidas por insectos o daños mecánicos. Esta bacteria puede sobrevivir en los tubérculos o en otras plantas que parasita, así como en los suelos de pH neutro o alcalino.

10.4.2 SINTOMAS.- La sarna común se manifiesta principalmente en los tubérculos produciendo pústulas cracteriformes con bordes elevados; en los menos susceptibles pústulas planas y en los resistentes escasas y pequeñas; estas protuberancias miden entre uno y tres mm. La superficie afectada del tubérculo puede ser casi total, parcial o manifestarse en forma aislada. -- Es poco frecuente que se afecten el tallo aéreo y los estolones.

10.4.3 CICLO DE LA ENFERMEDAD.- El microorganismo patógeno se disemina a través del tubérculo semilla, mediante partículas de tierra arrastradas por el viento y a través de insectos. -- La penetración tiene efecto a través de las lenticelas, heridas o a través de la cutícula cuando es muy delgada. La infección aumenta en los suelos con pH entre 5.2 y 8 siendo crítico el período entre 5 y 5.2

10.4.4 CONDICIONES PREDISPONENTES.- La difusión del microorganismo se ve favorecida en los suelos de escasa humedad y alto contenido de materia orgánica de reacción neutra o alcalina.

10.4.5 RESISTENCIA Y SUSCEPTIBILIDAD.- En las variedades con piel más aspera (resistentes) aparecen menos lesiones que en los tubérculos de piel más lisas (susceptibles). Las variedades resistentes a la sarna son: Ontario, Séneca, Cayuga, Cherokee, Osage, Yampa y Antigo. Las lenticelas de los tubérculos susceptibles son mayores, más redondeadas y más disgregadas que las de los tubérculos resistentes, el peridermo de los últimos suberiza con mayor rapidez y la suberización alcanza mayor profundidad dentro de las lenticelas<sup>166</sup>.



10.4.6 RELACION PIERNA NEGRA-SARNA COMUN.- Whitney<sup>170</sup> comprobó que al presentarse ambas enfermedades las variedades resistentes producen mayor cantidad de compuestos fenólicos que las susceptibles, sólo que en la sarna dichos compuestos se concentran alrededor de las lenticelas y en la Pierna Negra en la pulpa. Los ácidos clorogénico y cafeico inhiben el crecimiento de ambos microorganismos patógenos, por lo que se relaciona con la resistencia.

10.4.7 CONTROL.- Lo más eficaz es cultivar variedades resistentes (Huinkul, Ballenera). Evitar la escasez de humedad durante un período prolongado. Tratamiento de la papa semilla en formaldehído,  $HgCl_2$  y Semesan Bel (12% de hidroximercurinitrofenol) y 2% de hidroximercuriclorofenol), esto es sumergir los tubérculos en una disolución de  $HgCl_2$  al 1x1000 durante 2 horas o en una solución de formaldehído al 40%.

En los terrenos de alta acidez la enfermedad se controla evitando las aportaciones de cal que eleven el pH por encima de 5.2.

#### RELACION CON ENFERMEDADES PROVOCADAS POR HONGOS

10.5 TIZON TARDIO.- (Chahuistle, Mildiu).

10.5.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Phytophthora infestans, hongo caracterizado por un micelo sin tabique, hialino, con hifas y zoosporangios, en forma de zoosporas, o conidios asexuales -- que son los responsables de producir la infección.

10.5.2 Síntomas<sup>22</sup>

a) Hojas.- En cualquier lugar del limbo se forman manchas irregulares circulares las que al principio tienen color verde-desteñido y posteriormente castaño, terminando con la muer-

te de los tejidos atacados. En el borde de la mancha se forma un halo clorótico. Esta mancha se extiende por la lámina foliar alcanzado al pecíolo de la hoja, hasta que la misma se desprende. En el envés de la hoja aparecen los zoosporangios.

- b) Tallo.- Se observan manchas alargadas del mismo color que el de las hojas (casi negras); el tallo se quiebra fácilmente.
- c) Tubérculo.- La superficie del tubérculo torna a castaño; durante el almacenamiento toma una consistencia blanda por producirse infecciones secundarias con bacterias saprófitas (E.c.a. y E.c.c.)

10.5.3 CICLO DE LA ENFERMEDAD.- El ataque de los tubérculos lo producen los zoosporangios que caen al suelo por arrastre de las lluvias y que al germinar liberan zoósporas que alcanzan al tubérculo y se introducen en él ya sea por las lenticelas o por presión sobre la corteza<sup>22</sup>.

10.5.4 CONDICIONES PREDISPONENTES.- La receptividad aumenta con la edad, siendo el momento más crítico cuando la planta ha tuberizado sin alcanzar su total desarrollo. La aparición de la enfermedad se asocia a un período prolongado de alta humedad o lluvias persistentes. La temperatura óptima oscila entre 10 y 22°C considerando que el clima seco y caluroso es completamente desfavorable.

10.5.5 Relación Pierna Negra-Tizón tardío.- Ambas enfermedades son favorecidas por humedades relativas mayores de 90%<sup>13, 46, 170</sup>. El tizón se favorece a temperaturas entre 18 y 22°C.- Al igual que el Pie Negro las variedades susceptibles al tizón tardío incrementan el contenido del ácido clorogénico, esto es de 0.3 mg/g de tejido sano a 1.2 mg/g de tejido infectado, ---

mientras que en las variedades resistentes decrece dicho contenido de 1.2 a 0.5 mg/g de tejido enfermo.

10.5.6 CONTROL.- La enfermedad se puede controlar mediante la utilización de variedades resistentes y aplicaciones de fungicidas. Kennebec es un cultivar resistente, mientras White Rose y Red Pontiac son susceptibles. Los fungicidas más utilizados son: caldo bordelés, maneb, Mancozeb, sulfato de zinc y trifenilhidróxido de estaño; estos productos se expanden en forma de polvos y se mezclan con agua (250 a 600 lts. o más / Ha), de manera que al pulverizar las plantas queden cubiertas por el líquido con el fungicida disuelto.

La actividad de la polifenoloxidasa es alta y baja en las variedades resistentes y susceptibles respectivamente, fenómeno similar al Pie Negro.<sup>170</sup>

## 10.6 PUTREFACCION ROSADA

10.6.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Phytophthora erythroseptica, es un hongo que se encuentra en la tierra como saprófito; posee un micelio sin tabiques y produce oósporas (reproducción sexual) y pocos zoosporangios con zoosporas. Las oósporas se localizan en las partes infectadas<sup>22</sup>.

10.6.2 SINTOMAS.- Cuando la planta ya se desarrolló el follaje adquiere un color verde pálido para tornarse a amarillo. -- En los tallos, cerca del nivel del suelo, se produce una putrefacción de color negro que se asemeja a la producida por E.c.a., aunque no es tan oscura. Se afectan los estolones y el corte del estolón. Los tejidos de los tubérculos hijos presentan una línea demarcatoria que adquiere una coloración rosa que se intensifica tornándose más oscura (cataña a negra)<sup>22</sup>.

10.6.3 CONDICIONES PREDISPONENTES.- La enfermedad se ve favo-

recida si el suelo se encuentra altamente saturado de agua. - Las temperaturas moderadas coadyuvan a la infección<sup>22</sup>.

10.6.4 RELACION PIERNA NEGRA - PUTREFACCION ROSADA.- Los síntomas del tallo se confunden puesto que en ambos casos hay producción de melaninas y por lo tanto ennegrecimiento de los tejidos vasculares y parenquimáticos. En los tubérculos, la línea que separa al tejido infectado del sano cubre casi todo el perímetro del tubérculo, mientras que en la Pierna Negra sólo cubre una región cercana al corte del estolón<sup>22</sup>.

10.6.5 CONTROL.- Evitar los riegos prolongados que saturan el suelo o produzcan inundaciones y la utilización de variedades resistentes.<sup>22,86</sup>

## 10.7 GANGRENA

10.7.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Phoma exigua var. foveata y - Ph. exigua var. exigua produce picnidios debajo de la piel y - en su interior existen conidios unitabícados. Phoma es un hongo saprófito disperso en los suelos ricos en materia orgánica - en descomposición<sup>22,62</sup>.

10.7.2 SINTOMAS.- El ataque se manifiesta en los tubérculos - los sin producir daño en la planta. Aparecen áreas irregularmente circulares, con leve depresión y escurecimiento de la -- epidermis; conforme el tiempo pasa estas áreas se agrandan sin forma definida a la par que la corteza se arruga y por último - pueden producir resquebrajaduras. Si se extrae la sección - - afectada, queda una cavidad con tejido firme y sano<sup>22</sup>.

10.7.3 CONDICIONES PREDISPONENTES.- El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido en tubérculos conservados a baja temperatura (4°C) como a temperaturas moderadas, pero en altos porcentajes de humedad.

10.7.4 RELACION PIERNA NEGRA - GANGRENA.- Debido a que E.c.a. y Phoma exigua sobreviven en el suelo ambas enfermedades pueden manifestarse conjuntamente. Logan y Copeland<sup>94</sup> desarrollaron estudios (1973-1976) para observar los efectos de E.c.a. y Ph. exigua var. foveata en los cultivares Ulster Septre, Majestic y Pentland Crown, así como también los efectos de la época de siembra; concluyeron que la mezcla de E.c.a. y Ph. e. f. retarda la emergencia de la progenie, se manifiesta reducción de la cosecha, se reduce la incidencia de la gangrena aunque incrementa la del Pie Negro.

10.7.5 CONTROL.- Dado que la fuente de infección es el suelo, los tubérculos sucios y con heridas o escoriaciones constituyen puerta de entrada. Evitar producir daños al cosechar los tubérculos o durante el almacenamiento. Sin embargo, lo más conveniente es plantar variedades resistentes.

#### 10.8 VERTICILLOSIS (MARCHITAMIENTO POR VERTICILLIUM)

10.8.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Verticillium albo-atrum, hongo disperso naturalmente en el suelo como saprófito<sup>137</sup>, desarrolla un micelio poco elevado, de color castaño a blanco sucio, de aspecto rugoso y abundante, producción de conidios. Las hifas, cuando jóvenes, son hialinas y finas, al envejecerse tornan oscuras. Los conidios se forman en los extremos de los conidióforos, verticilados y compactos. Los conidios carecen de tabiques y son redondos u oblongos. Este hongo resiste el calor (50°C) debido a una deshidratación del citoplasma. El contenido ácido de las esporas se relaciona con dicha resistencia ya que aquellas cuyo contenido ácido es superior al 20% tienen un período latente de días y en las que es menor del 20% su latencia dura años<sup>22,170</sup>.

10.8.2 SINTOMAS.- Se observan en cualquier parte de la planta. Al principio el color verde normal de las hojas se torna verde

pálido, los folíolos apicales tienden a enrollarse y, posteriormente, el follaje se torna verde amarillento perdiendo sustentancia y termina tomando un color amarillo, marchitándose la planta. El amarillo puede comenzar en las hojas inferiores y avanzar hacia las superiores. Cuando el ataque es temprano, la planta puede seguir vegetando pero se produce una reducción en el tamaño de las hojas, acortamiento de los entrenudos y menor desarrollo vegetativo. Es común que el marchitamiento afecte a uno o dos tallos y el resto no muestre síntomas. En los brotes de la papa semilla, el ápice muestra un color castaño oscuro. La planta se arranca con facilidad. La parte afectada de los estolones torna a un castaño oscuro. En los tubérculos se altera el color del anillo vascular sin afectar el parénquima amiláceo<sup>22</sup>.

10.8.3 CONDICIONES PREDISPONENTES.- La humedad elevada y altas temperaturas favorecen el ataque pero el marchitamiento sobreviene por una escasez posterior de agua. Se recomiendan las defoliaciones de plantas enfermas.

10.8.4. RELACION PIERNA NEGRA - VERTICILOSIS.- Varios síntomas provocan confusión en la identificación de la enfermedad por su similitud con la Pierna Negra. En ambas infecciones, las hojas manifiestan clorosis pero el Pie Negro se inicia en las hojas superiores de la planta, mientras que en la Verticilosis en las inferiores, además en la última no presentan brillo metálico. En ambos casos el tallo subterráneo y el corte del estolón tornan a café oscuro y la planta se arranca fácilmente<sup>22,79,86,140,149</sup>; lo primero se debe a que los tejidos vasculares son afectados interrumpiéndose la circulación normal de la savia<sup>140</sup>. El principal síntoma que ayuda a diferenciar ambas enfermedades es que en la Verticilosis el parénquima amiláceo no es afectado. Al igual que en la Pierna Negra, la producción de polifenoles es mayor en las variedades resistentes que en las susceptibles<sup>170</sup> (TABLA 18).

TABLA 18

ACIDO CLOROGENICO EN LA PLANTA DE PATATA CON VERTICILLOSIS

VARIEDAD	RESISTENCIA	ACIDO CLOROGENICO	
		HOJAS	( % ) RAIZ
Popular	Extremadamente resistente	0.17	0.08
41956	Muy resistente	0.25	0.07
Great Scott	Resistente	0.12	0.11
Early Gem	Susceptible	0.17	0.01
Kennebec	Susceptible	0.14	0.05
Russet Burbank	Susceptible	0.18	0.01
Bliss Triumph	Muy Susceptible	0.08	0.03

10.8.5 CONTROL.- La infección se produce en suelos contaminados o por el uso de tubérculos enfermos, por lo que se utilizan insecticidas sistémicos y fungicidas para el control. Cuando el suelo está muy contaminado se aconsejan rotaciones de no menos de tres años entre 2 cultivos de papa. El uso de variedades resistentes es la mayor garantía de sanidad<sup>22</sup>.

Los tratamientos químicos de la papa semilla son recomendables para el control de la Verticilosis.

#### 10.9 FUSARIOSIS (MARCHITAMIENTO O PUNTA SECA)

10.9.1 MICROORGANISMOS CAUSALES.- Fusariumcoeruleum, F. oxysporum, F. eumartii y F. sulphureum<sup>22,46,62,86,112,114,149,154</sup>.

Se encuentran naturalmente como saprófitos en el suelo. Posee hifas finas y hialinas y producen gran cantidad de conidios. - La penetración en el huésped es a través del trozo de la papamadre (F. oxysporum) y de las lenticelas F. coeruleum).

10.9.2 SINTOMAS.- Durante la emergencia el hongo se extiende a la parte basal del tallo produciendo un marchitamiento rápido de la planta. Después de la floración se observan manchas castaño oscuras en los estolones. Luego la infección avanza a los tubérculos y se localizan en la porción de los tejidos que circundan el estolón, la infección avanza en superficie -- y profundidad conforme el tiempo pasa; se produce una depresión de la parte afectada, dejando al descubierto el tejido -- amiláceo completamente desintegrado. Por esta abertura penetran E.c.a. y E.c.c.<sup>22,154</sup>. El color castaño oscuro de los -- vasos se continúa en el tejido amiláceo circundante.

Las primeras manifestaciones de los síntomas en el follaje se observan en las hojas apicales en forma de un puntillado amarillento internervial y distribuido irregularmente -- que más adelante avanza hacia los bordes de las hojas y el ---



resto del follaje; también se manifiesta la clorosis; alteración de los vasos y tejidos adyacentes del tallo<sup>22</sup>.

10.9.3 CICLO DE LA ENFERMEDAD.- El hongo segrega el mismo tipo de enzimas pectolíticas que E.c.a. La PME escinde la cadena de pectina dando lugar al ácido péctico, mientras que la --DP da lugar a la formación de poligalacturónidos de distinto peso molecular. Las enzimas actúan sobre las sustancias pécticas de los tabiques de las tráqueas, difundiéndose en el parénquima leñoso, formando una masa coloidal que tapona el vaso y en cuya composición pueden entrar igualmente sustancias pécticas. La coloración parda de los vasos, que aparece a continuación de este proceso, se debe a la presencia de fenoles que al unirse a la corriente de la savia se polimerizan mediante la acción del sistema fenoloxidasa de la planta, dando lugar a las melaninas (pigmento negro).

10.9.4 CONDICIONES PREDISPONENTES.- Las temperaturas altas y la humedad del suelo coadyuvan el ataque del microorganismo --patógeno, cuya penetración se ve favorecida en los trozos semilla flácidos.

10.9.5 RELACION PIERNA NEGRA- FUSARIOSIS.- La única diferencia en los síntomas del tallo es que las plantas con fusariosis no se arrancan fácilmente de la tierra<sup>46</sup>. En ambos casos hay decoloración de los tejidos vasculares de los tallos y tubérculos<sup>46,79</sup>, sólo que en los últimos no se manifiesta putrefacción blanda; al igual que en la Pierna Negra el ataque puede ocurrir durante el transporte y/o el almacenamiento:<sup>79,112,114</sup>

10.9.6 CONTROL.- Evitar el uso de papa semilla flácida; rotación de cultivos cada 4 años y aplicación de fungicidas sistémicos.

Los síntomas del follaje no se confunden ya que aunque en las dos enfermedades se presenta la clorosis<sup>79</sup>, en la fusariosis hay un puntillado característico en las hojas<sup>22,79</sup>.

#### 10.10 PUTREFACCION SECA

10.10.1 MICROORGANISMOS CAUSALES.- Fusarium coeruleum, F. avenaceum y F. trichotecoides<sup>22,39,79,112,113,114,154</sup>, siendo el primero el principal agente causal y sus características son -- las siguientes: posee hifas finas, hialina, que producen gran cantidad de micro y macronidios con varios tabiques; se le encuentra en los suelos como saprófito.

10.10.2 SINTOMAS.- El follaje y los tallos no se ven afectados debido a que el agente patógeno realiza su entrada a los tubérculos por las lenticelas y por las heridas, la parte podrida puede situarse en cualquier lugar de su superficie. El primer síntomas consiste en la aparición de una superficie deprimida y blanda, que posteriormente se resquebraja. La apariencia final del tubérculo con putrefacción seca es una superficie de contorno irregular, con el tejido cortical arrugado; los tejidos se vuelven oscuros, se desintegran y presentan una consistencia seca y un color que va del castaño claro al negro. En los ataques severos se producen cavidades con tejidos podridos que varían en consistencia y color en el interior del parénquima amiláceo; la putrefacción puede ir acompañada de las bacterias E.c.a. y E.c.c.

10.10.3 CONDICIONES PREDIPSONENTES.- La humedad y temperatura moderadas favorecen la germinación de las esporas y su penetración en el huésped.

10.10.4 CONTROL.- Evitar producir lesiones en la papa a través de la maquinaria; manipulación cuidadosa de los tubérculos evitando así las escoriaciones; Tratamientos químicos de los -

trozos semilla con los siguientes antibióticos y fungicidas: - Semesan Bel, mezcla de Semesan Bel con Agristrep y Semesan Bel con  $HgCl_2$ , Benlate y Mertec.

10.10.5 RELACION PIERNA NEGRA- PUTREFACCION SECA.- No hay similitud en síntomas pero hay interrelación entre ambas enfermedades porque Fusarium es saprófito y se puede nutrir por las sustancias producidas por E.c.a.

Munzert<sup>112,114</sup> demostró experimentalmente que aunque ambos microorganismos sobreviven en el suelo, E.c.a. puede ser transferida a la cáscara (a través de insectos) y permanecer en ella durante más de un año. Por lo tanto, si los tubérculos contienen heridas y ambos microorganismos penetran al tubérculo, se crea mayor infección que uno solo<sup>94,112-114</sup>, ya que E.c.a. y F.s.c. tienen acción sinérgica con respecto a la Pierna Negra.

En Egipto, El Goorani<sup>39</sup> manifestó que F.s.c. provocó la infección del 60% del cultivo de papa, 3 años después de haber existido Pierna Negra en el mismo terreno.

#### 10.11 SARNA NEGRA

10.11.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Rhizoctonia solani, R. crocorum, se diferencian en que el primero contiene un micelio pardo o castaño y el segundo púrpura o violáceo. Al envejecer, el micelio tiende a agruparse en ramillete y evoluciona hasta la formación de esclerosios. El micelio de R. solani envuelve el tallo al nivel del suelo y en la parte superior se ubican los basidios que dan origen a las basidiosporas, las cuales difunden la enfermedad. El hongo sobrevive en el suelo como saprófito y en los tubérculos en forma de esclerosios.

10.11.2 SINTOMAS.- En un principio las hojas apicales tornan a amarillo y posteriormente los bordes se enrollan hacia arriba y adentro. Engrosamiento de la parte basal del tallo y presencia de tubérculos aéreos. Resquebrajaduras de la corteza del tallo subterráneo y oscurecimiento de sus tejidos vasculares, produciendo por último la destrucción del sistema radicular.

10.11.3 CONDICIONES PREDISPONETES.- El hongo se desarrolla en suelos con alto porcentaje de materia orgánica, levemente ácidos, con alta humedad y temperatura fresca.

10.11.4 RELACION PIERNA NEGRA - SARNA NEGRA.- Estas enfermedades se diferencian en que *Rhizoctonia* produce esclerocios que se observan en el tallo, en los tubérculos aéreos y en los tubérculos subterráneos<sup>46,79</sup>.

10.11.5 CONTROL.- Los esclerocios del hongo se reducen tratando al tubérculo madre con Benomil y Benlate.

#### RELACION CON ENFERMEDADES PROVOCADAS POR VIRUS.-

#### 10.12 ENROLLADO DE LAS HOJAS

10.12.1 MICROORGANISMO CAUSAL.- Virus del enrollado de las hojas, se transmite por los insectos y a través de los tubérculos.

10.12.2 SINTOMAS.- Enrollamiento y amarillamiento de las hojas apicales<sup>46,79</sup>. Los folíolos presentan un leve doblez de sus bordes inferiores. El envés torna a color rosa. Las hojas se enrollan hacia arriba y adentro cuando las plantas comienzan a desarrollarse.

10.12.3 RELACION PIERNA NEGRA - ENROLLADO DE LAS HOJAS.- En el enrollado de las hojas sólo hay enrollamiento de los bordes inferiores, mientras que en el Pie Negro de todo el borde; además el virus ocasiona una coloración rosa en el envés y las plantas están muy sujetas a la tierra, mientras que en la Pierna Negra sucede lo contrario<sup>5,46,79</sup>.

10.12.4 CONTROL.- Erradicación de plantas enfermas durante la certificación de la semilla; lucha contra áfidos utilizando insecticidas sistémicos.

## CAPITULO 11

## MATERIALES Y METODOS

Molina y Harrison<sup>108</sup> diseñaron el método típico para la detección de la Pierna Negra, el cual para facilidad de estudio se divide en dos secciones (11.1 y 11.2).

11.1 RECOLECCION Y AISLAMIENTO<sup>108</sup>

Se recolectan tallos y tubérculos con síntomas del Pie Negro y se colocan individualmente en bolsas de polietileno (vacías o con agua estéril) y se mantienen en refrigeración a 2 ó 4°C para su aislamiento posterior.

El aislamiento se efectúa 2 ó 3 días después de la recolección. Se separan pequeñas secciones de los tejidos enfermos mediante un escalpelo estéril y se colocan en tubos con agua destilada estéril, agitándolos vigorosamente durante 15 - segs. y dejarlos reposar 5 mins. después de este período de -- siembra sobre el medio sólido de Cuppels y Kelman<sup>27</sup> para el -- aislamiento de las colonias pectolíticas. Incubar a 28°C du-- rante 24 - 40 hrs. y resembrar algunas colonias pectolíticas - al medio de cultivo CPG<sup>82</sup> para su purificación. Los siguien-- tes investigadores han realizado métodos similares a este: - - Burr, Golenia, Harrison, Lapwood, Maas Geesteranus, Munzert, - Pérombelon, Weeb y Wood<sup>5,20,39,48,67,86,103,113,123,165,167</sup>.

Otro método rápido y sencillo es el de Pérombe- - lon<sup>122,155</sup> que consiste en lo siguiente: Suspender el tejido - infectado en agua destilada y sembrar en cajas de petri con el medio de Stewart- Mc.Conkey, incubar a 26°C y transferir las- colonias pectolíticas en tubos con medio inclinado del agar nu

tritativo. La purificación se realiza resemebrando en placas con agar nutritivo.

## 11.2 IDENTIFICACION DE E.c.a.

La identificación de las especies de Erwinia se realiza mediante pruebas bioquímicas y serológicas<sup>18,38,51,79,96,145,147,156,165</sup>.

11.2.1 CARACTERISTICAS BIOQUIMICAS.- Mencionadas en el Capítulo 3. Las pruebas bioquímicas más importantes son las delineadas por Dye<sup>39,150</sup>, Graham<sup>38,51,54,55</sup>, Burkholder y Smith. La identificación se puede efectuar realizando pruebas bioquímicas utilizando cultivos bacterinos, de 24 a 48 hrs. de edad, - entre las más comunes están:

11.2.1.1 Tinción de Gram.

11.2.1.2 Prueba de Hug & Leifson.

11.2.1.3 Oxidasa

11.2.1.4 Producción de Levana.- Se determina con el medio de Dye, el cual consiste de agar nutritivo con 5% de sacarosa. -- Incubar a 38°C durante 4-6 días. La producción de levanas se considera + cuando las bacterias producen colonias convexas -- elevadas y mucoides.

11.2.1.5 Putrefacción de discos (rebanadas) de papa<sup>122</sup>.- Se cortan rebanadas de papa, se esterilizan superficialmente y se depositan en cajas de petri que contienen un papel filtro húmedo con agua destilada. El cultivo bacteriano se deposita sobre la herida en una de las rebanadas y la otra deja sin inocular para que sirva de testigo. Incubar las cajas a 28°C de dos a cuatro días. El microorganismo patógeno, pudre el teji-

do inoculado dentro de este período de tiempo.

11.2.1.6 Crecimiento a 37°C.- A esta temperatura sólo la variedad carotovora logra crecer. Las bacterias se depositan en la superficie del medio CPG y se observa el crecimiento a 37°C después de 48 hrs.

11.2.1.7 Producción de sustancias reductoras de sucrosa<sup>122,172</sup>  
Adicionar sucrosa al 4% a una solución de peptona al 1% previamente esterilizada. Los cultivos bacterianos se inoculan en tubos con 4 m. de la solución anterior e incuban a 28°C durante 48 hrs. Adicionar 2 ml. del reactivo de Benedict y hervir en baño maría durante 10 ó 15 mins. La reacción se considera cuando hay cambio de color amarillo o café con formación de un precipitado, y negativa cuando la coloración es verde también con formación de un precipitado.

11.2.1.8 Producción de ácido a partir de carbohidratos<sup>122,172</sup>  
A un medio base estéril consistente en una solución de peptona al 1% con 0.003 ml. de azul de bromotimol, se le adicionan por separado maltosa y lactosa y se inoculan con el cultivo bacteriano incubando a 28°C durante 14 días. Un cambio de color azul a amarillo indica la producción de ácido. Si el cambio ocurre a las 48 hrs. la reacción se considera positiva; entre 2 y 3 días positiva retardada y entre 4 y 14 días retardada.

11.2.2 CARACTERISTICAS SEROLOGICAS<sup>38,156,155</sup>.- Las pruebas serológicas se efectúan mediante pruebas de aglutinación, utilizando un antisuero, una solución salina al 0.85% con azida de sodio al 10.1% y una suspensión bacterial de un cultivo reciente de E.c.a. o E.c.c. Se inmuniza a un conejo con células de dichos microorganismos y su suero sanguíneo produce anticuerpos específicos para E.c.a. o E.c.c. Se producen aglutininas cuando el antígeno reacciona con el antisuero homólogo.



## 11.3 MEDIOS

El diseño del medio está basado en que E.c.a. y E.c.c. tienen la habilidad de producir enzimas pectolíticas y destruyen las laminillas medias de la pared celular por lo que causan la licuefacción del pectato presente en el medio.

Se utilizan técnicas de doble capa en la elaboración de los medios de cultivo, los que consisten de una capa basal que contiene el medio de agar y una capa superficial que consta del medio de pectato.

Los medios más conocidos para el aislamiento de E.c.a. son: Pérombelon (CPG = casaminoácido-peptona-glucosa)<sup>122</sup> Pectato de Pérombelon<sup>127</sup>, Cuppels y Kelman (CVP = cristal-violeta pectato)<sup>51</sup>, medio modificado de Cuppels y Kelman, Stewart Mc-Conkey (MPA = agar-pectato de Mc-Conkey)<sup>153</sup>; medio modificado de Stewart (SSM = medio semiselectivo), Logan (SCBPA = agar Citrato de Simmons con sales biliares y pectato)<sup>93</sup>, Burr y Schroth (PT = ácido poligalacturónico)<sup>20,21</sup>. Los más usuales son: CPG, CVP, MPA y SCBPA. (Ver APENDICE).

## CAPITULO 12

## IMPORTANCIA DE LA PIERNA NEGRA

El cultivo de la papa es destinado al consumo humano y a la producción de la papa semilla.

La Pierna es un factor influyente en las pérdidas de reservas alimenticias tanto en el período de precosecha como durante la recolección y el almacenamiento considerándose las más cuantiosas en el último período.

Las pérdidas del cultivo por la incidencia del Pie-Negro se basan en la distribución geográfica variando en cada país. lo cual depende de las condiciones climáticas. Según -- Molina, Harrison, Stanghellini y Pérombelon <sup>108,120,129,130,140</sup> al utilizar semilla certificada la incidencia de la enfermedad es de 1 al 2%, sin embargo cuando el tubérculo madre no es certificado el porcentaje fluctúa entre el 1 y el 10% (considerándose como promedio el 5%). Los casos más graves que se han -- manifestado hasta la fecha son pérdidas de un 40% y el 50% del cultivo en Arizona y Escocia, lugares en los que prevalecen extremas condiciones climáticas.

Sin embargo, aunque la incidencia de la enfermedad es baja repercute en pérdidas a nivel económico debido a la -- disminución del rendimiento y de la calidad del cultivo.

El área destinada al cultivo de papa en México varía de un año a otro; pero por lo general se siembra alrededor de 69,000 hectáreas. La producción total en 1978 fué de -- 918,000 toneladas, de las cuales el 73% se destinó para el consumo humano y el resto fué distribuido para la semilla, industrial y exportación.

Desde el punto de vista de zoología el microorganismo causal provoca un beneficio biológico a gran cantidad de insectos debido a la simbiosis existente entre ambas.

## COMENTARIOS

1.- La Pierna Negra de la papa se encuentra distribuida en los lugares de excesiva humedad del suelo y temperaturas bajas.

2.- Las bacterias Erwinia carotovora variedad atroseptica y Erwinia carotovora variedad carotovora se consideran como los agentes causales responsables de la enfermedad.

3.- Para la detección de la enfermedad, tomar en cuenta que la variedad atroseptica prevalece en lugares de temperaturas bajas mientras que carotovora en lugares de temperaturas altas.

4.- Se recomienda la utilización de papa semilla -- certificada y variedades resistentes para asegurar la baja incidencia de la enfermedad.

5.- El control del Pie Negro constituye un problema grave en la producción del cultivo de papa puesto que ocasiona pérdidas económicas.

6.- Es de útil aplicación seguir las recomendaciones de cultivo, almacenamiento, transporte y control mencionados en este trabajo para asegurar altos rendimientos y calidad.

## BIBLIOGRAFIA

1. Adams, M.J. 1975. Potato tuber lenticels: susceptibility to infection by Erwinia carotovora var. atroseptica and - Phytophthora infestans. Ann. Appl. Biol. 79:275-282.
2. Aleck, J.R. and M.D. Harrison. 1978. The influence of inoculum density and environment on the development of potato blackleg. Am. Potato J. 55: 479-494.
3. Allan, E. and A. Kelman. 1975. Detection of Erwinia carotovora var. atroseptica in mixed cultures, potato tubers, soil, insects and on potato leaves by immunofluorescent staining procedures. Proc. Am. Phytopathol. Soc. 2:68.
4. Allan E. and A. Kelman. 1977. Immunofluorescent stain procedures for detection and identification of Erwinia carotovora var. atroseptica. Phytopathology 67: 1305-1312.
5. Artschwager, E.F. 1920. Pathological anatomy of potato blackleg. J. Agr. Res. 20: 325-330.
6. Balicka, M. and Z. Krezel. 1977. Effect of dusts emitted by copper smelters on Erwinia carotovora. Zbl. Bakt. Abt. II Bd. 132: 607-612.
7. Barnes, E.H. Atlas and manual of plant pathology. Appleton-Century Crofts. New York, 1968.
8. Beczner, J. and B.M. Lund. 1975. The production of lubimin- by potato tubers inoculated with Erwinia carotovora var. atroseptica. Acta. Phytopathol. 10: 269-274.

9. Beczner, J. 1976. Effect of ethylene on potato tubers inoculated with Erwinia carotovora var. atroseptica. Acta - Phytopathol. 11: 235-243.
10. Beraha, L. and E.D. Garber. 1971. A virulence and extra-cellular enzymes of Erwinia carotovora. Phytopathol. Z. 70: 335-344.
11. Beraha, L. et.al. 1974. Enzyme profiles and virulence in mutants of Erwinia carotovora. Phytopathol. Z. 81:15-22.
12. Berndt, H. 1973. Investigations on the synthesis of some extracellular enzymes by Erwinia carotovora. Arch. Microbiol 91: 137-148.
13. Bonde, R. 1939. The role of insects in the dissemination of potato blackleg and seed piece decay. J. Agr. Res.- 50: 889-916.
14. Bonde, R. 1939. Comparative studies of the bacteria associated with potato blackleg and seed piece decay. Phytopathology 29: 831-851.
15. Bonde, R. and F. Hyland. 1960. Effect of antibiotic and fungicidal treatments on wound periderm formation, plant emergence and yields produced by cut seed potatoes. Am. Potato J. 37: 278-288.
16. Bradbury, J.F. 1977. Erwinia carotovora var. atroseptica. - CMI Descr. Pathog. Fungi Bact. 56 (551), 2p.
17. Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8th Ed. Williams & Wilkins. Baltimore, Maryland, 1974.

18. Burkholder, W.H. and W.L. Smith. 1949. Erwinia atroseptica-  
(van Hall) Jennison and Erwinia carotovora (Jones) -  
Holland. Phytopathology 39: 887-897.
19. Burnett, G.W. Oral Microbiology & Infections diseases. 3rd.  
Ed. The Williams & Wilkins Co. Baltimore, 1968.
20. Burr, T.J., et. al. 1977. Survival of potato blackleg and -  
soft rot bacteria. Calif. Agric. 31 (12): 12-13.
21. Burr, T.J. and M.N. Schroth. 1977. Occurrence of soft rot -  
Erwinia spp. in soil and plant material. Phytopathology  
67: 1382-1387.
22. Calderoni, A.V. Enfermedades de la papa y su control. Editio  
rial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina, 1978.
23. Carter, W. Insects in relation to plant disease. 2nd. Ed. -  
John Wiley & sons. U.S.A, 1973.
24. Clough, H.B., et.al. 1975. Biosynthetic utilization of -  
ethanolamine by Erwinia carotovora. Trans. Biochem. -  
Soc. 3:769-772.
25. Coxon, D.T., et. al. 1974. Two new vetispirane derivatives:  
stress metabolites from potato (Solanum tuberosum) -  
tubers. Tetrahedron Letters 34: 2921-2924.
26. Coxon, D.t., et. al. 1977. Metabolites from microbiology -  
infected potato. Part 1. Structure of Phytuberine -  
forms in potato tubers inoculated with the soft rot -  
bacterium Erwinia carotovora var. atroseptica. J. -  
Chem. Soc., Perkin Trans. I. 1: 53-59.

27. Cuppels, D. and A. Kelman. 1974. Evaluation of Selective - media for isolation of soft rot bacteria from soil and plant tissue. *Phytopathol* 64: 468-475.
28. Davis, B.D., et. al. *Tratado de Microbiología*. Salvat Editores, S.A. Barcelona, 1976.
29. De boer, S.H. and A. Kelman. 1975. Evaluation of procedures for detection of pectolytic Erwinia spp. on potato tubers. *Am. Potato J.* 52: 117-123.
30. De Boer, S.H., et. al. 1978. Erwinia in potato root zone. - *Phytopathology* 68: 1784-1789.
31. De boer, S.H. 1978. Pectolytic Erwinia spp. in the root zone of potato plants in relation to infestation of daughter tubers. *Phytopathology* 66: 1784-1790.
32. De Boer, S.H., et.al. 1979. Survival of Erwinia carotovora in Wisconsin soils. *Am. Potato J.* 56: 243-252.
33. De Ong, E., et.al. 1972. *Insect disease and weed control*. - Chemical Publishing Co., Inc. New York, N.Y. U.S.A.
34. Dirección General de Economía Agrícola SARH. Vol. III. Septiembre de 1979. Consumos aparentes de Productos Agrícolas 1925-1978.
35. Dobias, K. 1970. Resistance of the varieties of the world - potato collection against the blackleg Erwinia carotovora (Jones) Holland. *Rostl. Vyroba* 43: 687-692.
36. Dobias, K. 1973. Serological relationship of strains of - Erwinia carotovora (Jones) Holland isolated from potatoes. *Rostl. Vyroba* 19: 277-284.



37. Dye, D.W. 1968. A taxonomic study of the genus Erwinia II.-  
The "carotovora" group. N.Z.J. Sci. 12: 81-97.
38. El Goorani, M.A. and M.A. El Rheim. 1973. Properties of -  
Erwinia atroseptica and Erwinia carotovora. Zbl. Bakt.  
Abt. II Bd. 128: 660-667.
39. El Goorani, M.A. and M.K. El Kazzaz. 1975. Ocurrence of -  
blackleg and dry rot of potato in Egypt through impor-  
ted tubers. Plant disease reporter 59: 171-174.
40. Erinle, I.D. 1975. Blackleg of potatoes: induction through-  
tuber inoculation. Pl. Path. 24: 172-175.
41. Erinle, I.D. 1975. Growth of Erwinia carotovora var. atro-  
septica and Erwinia carotovora var. carotovora in po-  
tato stems. Pl. Path. 24: 224-229.
42. Esau, K. Anatomía Vegetal. 2a. Ed. Ediciones Omega, S.A. Bar-  
celona, 1972.
43. Eskin, N.A.M. and H.M. Henderson. Biochemistry of Foods. -  
Academic Press. N.Y. & London, 1971.
44. Fox, R.T.V., et.al. 1971. Ultrastructure of entry and spread  
of Erwinia carotovora var. atroseptica into potato tu-  
bers. Potato Res. 14: 61-73.
45. Fox. R.T.V., et . al. 1972. Ultrastructure of tissue disinte-  
gration and host reactions in potato tubers infected -  
by Erwinia carotovora var. atroseptica. Pot. Res. 15:-  
130-145.
46. Fredricks, A.L. and H.M. Metcalf. 1970. Potato blackleg -  
disease. Am. Potato J. 47: 337-343.

47. Gerhold, K.H. 1976. Resistance of several potato varieties - against blackleg, Erwinia carotovora after injuring - the tubers and inoculation. *Gesunde Pflanz* 28: 74-76.
48. Golenia, A. 1976. A generalized form of the potato blackleg. *Rocsniki Nauk Roln.* 6: 129-135.
49. Graham, D.C. 1958. Occurrence of soft rot bacteria in Scot-- tish soils. *Nature* 181: 61.
50. Graham, D.C. and W.J. Dowson. 1960. The coliform bacteria - associated with potato blackleg and other soft rots. - I. Their pathogenicity in relation to temperature. *Ann. Appl. Biol.* 48: 51-57.
51. Graham, D.C. and W.J. Dowson. 1960. The coliform bacteria - associated with potato blackleg and other soft rots. - II. Biochemical characteristics of low and high tempe- rature strains. *Ann. Appl. Biol.* 48: 58-64.
52. Graham, D.C. and Z. Volcani. 1961. Experiments on the con-- trol of Blackleg disease of potato by disinfection of- seed tubers with mercury compounds and streptomycin. - *European Pot. J.* 4: 129-137.
53. Graham, D.C. and P.C. Harper. 1966. Effect of inorganic fer- tilizers on the incidence of potato blackleg disease. *European Pot. J.* 9: 141-145.
54. Graham, D.C. 1976. Re-infection by Erwinia carotovora (Jo-- nes) Bergey et.al. in potato stocks derived from stem- cuttings. *Bull OEPP (Organ. Eur. Mediterr. Prot. Plant)* 6: 243-245.

55. Graham, D.C., et.al. 1976. Recurrence of soft rot coliform-bacterial infections in potato stem cuttings: an epidemiological study on the central nuclear stock production farm in Scotland 1967-1974. *Potato Res.* 19: 3-20.
56. Graham, D.C., et.al. 1977. Quantitative studies on the generation of aerosols of Erwinia carotovora var. atroseptica by simulated raindrop impaction on blackleg infected potato stems. *J. Appl. Bacteriol* 43: 413-424.
57. Gräs, L.E., et.al. 1977. Bulk storing of potatoes. *Acta Agric. Scand.* 27: 156-158.
58. \_\_\_\_\_. Nov. 1971. Blackleg of potatoes. Great Brit. Min. Agr. Fish. Food Adv. Leaf. 107, 4p.
59. \_\_\_\_\_. 1975. Blackleg of potatoes. Great Brit. Min. Agr. Fish. Food Adv. Leaf. 107, 4p.
60. Gunsalus, S. *The Bacteria. The Physiology of Growth.* Academic Press. New York, 1975.
61. Gupta, R.P. and R.K. Tripathi. 1976. Phenylalanine ammonia-lyase & phenols in tubers of Kufri Dewa, a potato variety, in relation to resistance against bacterial soft rot. *Indian J. Exp. Biol.* 14: 365-366.
62. Guzmán, V.L. 1974. Potato seed piece decay control. *Everglades Stn. Mimeo Rep.* 11: 5p.
63. Hall, J.A. and R.K.S. Wood. 1974. Permeability changes in tissues and other effects of cell separating solutions from soft rots caused by Corticium praticola and Erwinia atroseptica. *Ann. Bot.* 36: 129-140.

64. Hall, J.A., et.al. 1974. The effects of pectic enzymes and-phosphatidases on potato tuber tissue. Ann. Bot. 38: -719-727.
65. Hardenburg, E.V. 1949. Potato Production. Comstock Publi- -shing Co., Inc. Ithaca, New York, U.S.A.
66. Harris, R.I. and D.H. Lapwood. 1977. The spread of Erwinia-carotovora var. atroseptica from degenerating seed to-progeny potato tubers in soil. Potato Res. 20: 285-294.
67. Harrison R.C. 1907. A bacterial rot of the potato caused -by Bacillus solanisaprus. Cent. fur Bakteriolog. Parasitenk. und Infect. Abt II 17: 34-39; 120-128; 166-174;-385-395..
68. Harrison M.D., et. al. 1977. Waste potato dumps as sources-of insects contaminated with soft rot coliform bacte--ria in relation to re-contamination of pathogen free -potato stocks. Potato Res. 20: 37-52.
69. Henriksen, J.B. 1976. Influence of the conditions under -which seed potato tubers are handled on blackleg infec-tion. Bull OEPP (Organ. Eur. Mediterr. Prot Plant) -6: 309-313.
70. Herrera, E.C. de 1972. Production of pectinmethylesterase -by Erwinia carotovora. Phytopath. Z. 74: 48-54.
71. Herrera, J.G. y L.C. González. 1977. Desarrollo y combate -del pie negro de la papa, causado por Erwinia carotovo-ra var. atroseptica en Costa Rica. Agron Costarric. -1: 161-163.

72. Hide, G.A. and D.H. Lapwood. The Potato Crop. Chapman & Hall Ltd. London, 1978.
73. Hirst, J.M., et.al. 1973. Yield compensation in gappy potato crops and methods to measure effects of fungi pathogenic on seed tubers. Ann. Appl. Biol. 73: 143-150.
74. Hsu, J.M.C. and M.D. Camper. 1973. Pure culture studies of Erwinia carotovora with 3,5 di-iodo 4 hydroxibenzonitrile. Appl. Microbiol. 26: 814-819.
75. Hubbard, J.P., et.al. 1978. The relation between glucose - repression of endo-poligalacturonate transeliminase and adenosine 3'5' cyclic monophosphate levels in Erwinia carotovora. Phytopathology 68: 95-99.
76. Hugh, R. and E. Leifson. 1953. The taxonomic significance - of fermentative vs. oxidative metabolism of carbohydrates by various Gram negative bacteria. J. Bact. 66: - 24-26.
77. Hughes, D.L. and D.T. Coxon. 1974. Phytuberine: revised - structure for the X-ray crystal analysis of dihydrophy tuberine. Chem. Comm. 20: 822-823.
78. Jennison, H.M. 1921. Bacillus atrosepticus van Hall, the - cause of the blackleg disease of irish potatoes. - Phytopathology 11: 104 (Abstract).
79. Jennison H.M. 1923. Potato Blackleg with speciall reference to the etiological agent. Ann. Missouri Bot. Gard. - 10: 1-72.

80. Jones, A. and J.M. Turner. 1971. Microbial metabolism of amino alcohols via aldehydes. J. Gen. Microbiol. 57: 379--381.
81. Jones A., et.al. 1973. Metabolism of ethanolamine and 1 amino propan- 2 ol in spp. of Erwinia carotovora and the roles of amino alcohol kinase and amino alcohol cposphate phospho-lyase in aldehyde formation. Biochem. J. 134: - 959-968.
82. Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity in Pseudo monas solanacearum to colony appearance on a tetrazolium medium. Phytopathology 44: 693-695.
83. Kloepper, J.W., et. al. 1979. The association of Erwinia carotovora var. atroseptica and Erwinia carotovora var. carotovora with insects in Colorado. Am. Potato J. 56: 351-361.
84. Koepsell, P.A. 1978. Controlling bacterial soft rot and blackleg of potatoes. Ext. Circ. State Univ. Ext. Serv. 954, 4p.
85. Landis, B.J., et.al. 1971. Chemical control of the seed corn maggot, Hylemya platura and seed piece decay in potato seed pieces. Am. Potato J. 48: 374-380.
86. Lapwood, D.H. 1976. Field observations of blackleg in England. Bull OEPP (Organ. Eur. Mediterr. Prot. Plant) 6: 237-239.
87. Leach J. G. 1927. The nature of seed piece transmission of potato Blackleg. Phytopathology 17: 155-160.

88. Leach J.G. 1930. Potato Blackleg: The survival of the pathogen in the soil and some factors influencing infection. *Phytopathology* 20: 215-228.
89. Leach J. G. 1931. Further studies on the seed corn maggot and bacteria with special reference to potato blackleg. *Phytopathology* 21: 386-406.
90. Lee, C.U. 1977. Effect of post harvest temperature on potato seed piece rot in relation to suberin and periderm-development. *Korean J. Pl. Prot.* 16: 55-63.
91. Letal, J.R. 1977. Efficacy of disinfestants against potato-ring rot and blackleg bacteria. *Am. Potato J.* 54: 405-409.
92. Line, R.F. and C.J. Eide. 1961. Chemical control on potato-seed piece decay. *Am. Potato J.* 38: 389-395.
93. Logan, C. 1963. A selective medium for the isolation of soft rot coliforms from soil. *Nature* 199: 623.
94. Logan, C. and R.B. Copeland. 1979. The effect of time of planting inoculated tubers on the incidence of potato-blackleg and gangrene. *An. Appl. Biol.* 93: 133-140.
95. Lund, B.M. and G.M. Wyatt. 1972. The effect of oxygen and carbon dioxide concentrations on bacterial soft rot of potatoes. I King Edward potatoes inoculated with *Erwinia carotovora* var. atroseptica. *Potato Res.* 15: 174-179.

96. Lund, B.M. and G.M. Wyatt 1973. The nature of reducing compounds formed from sucrose by Erwinia carotovora var. atroseptica. J. Gen. Microbiol. 78: 331-336.
97. Lund, B.M. and A. Kelman. 1977. Determination of the potential for development of bacterial soft rot of potatoes. Am. Potato J. 54: 211-215.
98. Lyon, G.D. 1972. Occurrence of rishitin and phytuberin in potato tubers inoculated with Erwinia carotovora var. atroseptica. Physiol. Plant Pathol. 2: 411-416.
99. Lyon, G.D. 1975. Resistance of potato tubers to Erwinia carotovora and formation of rishitin and phytuberin in infected tissue. Physiol. Plant Pathol. 6: 43-50.
100. Lyon, G.D. and C.E. Bayliss. 1975. The effect of rishitin on Erwinia carotovora var. atroseptica and other bacteria. Physiol. Plant Pathol. 6: 177-186.
101. Lyon, G.D. 1978. Attenuation by divalent cations of the effects of the phytoalexin rishitin on Erwinia carotovora var. atroseptica. J. Gen. Microbiol. 109:5-10.
102. Mainardi, E. Hortalizas de bulbo, raíz y tubérculo. Editorial de Vecchi, S.A. Barcelona, 1978.
103. Mass Geesteranus, H.P. and H. Vrugink. 1976. Erwinia carotovora (Jones) Bergey et.al. var. atroseptica (Hellmers et. Dowson) Dye. Seed tuber infection vs. symptom expression in the field. Bull OEPP 6 : 223-224.
104. Menely, J.C. and M.E. Stanghellini. 1975. An enrichment technique for the isolation of soft rot Erwinia from soil. Proc. Am. Phytopathol. Soc. 2-68.



105. Menely, J.C. and H.E. Stanghellini. 1976. Isolation of soft rot Erwinia spp. from agricultural soils using an enrichment technique. *Phytopathol.* 66: 367-370.
106. Meyer E.A. *Microorganisms and Human Diseases*. Prentice Hall. New York, 1974.
107. Molina, J.J., et. al. 1974. Transmission of Erwinia carotovora by Drosophila melanogaster Meig. I. Acquisition and transmission of the bacterium. *Am. Potato J.* 51: 245-250.
108. Molina, J.J. and M.D. Harrison. 1977. The role of Erwinia carotovora in the epidemiology of potato blackleg. I. Relationship of Erwinia carotovora var. carotovora var. carotovora and Erwinia carotovora var. atroseptica to potato blackleg in Colorado. *Am. Potato J.* 54: 587-591.
109. Mosley, A.R. 1974. Affects of Alar on stem length, yield and quality potatoes. *Res. Summ. Ohio Agric. Res. Dev. Cent.* 72: 29-30.
110. Munzert, M. 1974. A method for testing resistance of potato plants to the blackleg organism. *Potato Res.* 17: 358-359.
- 111.- Munzert, M. 1975. A method for testing the resistance of potato plants to the blackleg agent Erwinia carotovora var. atroseptica (van Hall) Dye. *Potato Res.* 18:308-313.
112. Munzert, M. 1977. Importance of tuber damages and infection for blemishes and blackleg of potatoes caused by Erwinia atroseptica. *Kartoffelbau* 28: 202-204.

- 113.- Munzert, M. et. al. 1977. On the influence of fungal and bacterial tuber rot pathogens on emergence diseases in the potato crop. *Nachrichtenbl Dtsch Pflanzenschutzd* - 29: 69-74.
- 114.- Munzert, M. 1978. On the influence of seed potato origins growing on several soils to blights and blackleg in potato crop. *Nachrichtenbl. Dtsch Pflanzenschutzd* 30: -- 20-23.
115. Nester, E.W. *Microbiology molecules, microbes & man*. Holt-Rinehart & Winston Inc. U.S.A., 1973.
116. Normas Técnicas de la papa. Instructivo técnico para la - campaña de papa 1975-1980. Centro de Información y Documentación Agropecuaria INRA.
117. Olofsson, J. 1976. Important diseases of stored potatoes,- *Vaxtskyddnotiser* 40: 40-45.
118. O'Neil, R. and C. Logan. 1975. A comparison of various selective isolation media for their efficiency in the -- diagnosis and enumeration of soft rot coliform bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* 33: 139-146.
- 119.- Ozaki, M., et. al. 1973. Mode of transmission of potato - blackleg disease, Erwinia atropetica and Erwinia carotovora. *Hokkaido Chuo Mogyo Shikenjo Bull.* 28: 62-69
120. Paine, S.G. 1917. Studies in bacteriosis I. Blackleg of - the potato. *J. Agric. Sci.* 8: 480-494.

121. Pérombelon, M.C.M. 1971. A quantal method for determining numbers of Erwinia carotovora var. carotovora and E. carotovora var. atroseptica in soils and plant material. J. Appl. Bact. 34: 793-798.
122. Pérombelon, M.C.M. 1972. The extent and survival of contamination of potato stocks in Scotland by Erwinia carotovora var. carotovora and E. carotovora var. atroseptica. Ann. Appl. Biol. 71: 11-117.
123. Pérombelon, M.C.M. 1972. A reliable and rapid method for detecting contamination of potato tubers by Erwinia carotovora. Plant Dis. Rep. 56: 552-554.
124. Pérombelon, M.C.M. 1973. Sites of contamination and numbers of Erwinia carotovora present in stored seed potato stocks in Scotland. Ann. Appl. Biol. 74: 59-65.
125. Pérombelon, M.C.M. 1974. The role of the seed tuber in the contamination by Erwinia carotovora of potato crops in Scotland. Potato Res. 17: 187-199.
126. Pérombelon, M.C.M. 1974. Effect of soil temperature and seed origin on geographical distribution and level of occurrence of blackleg. Potato Res. 17: 358-359.
127. Pérombelon, M.C.M. and R. Lowe. 1975. Studies on the initiation of bacterial soft rot in potato tubers. Potato Res. 18: 64-82.
128. Pérombelon M.C.M. 1976. Effects of environmental factors during the growing season on the level of potato tuber contamination by E. carotovora. Phytopath. Z. 85: 97-116.

129. Pérombelon, M.C.M., et. al. 1976. Contamination by E. ca--  
rotovora of seed potato stocks of stem cutting origin--  
in the process of multiplication. Potato Res. 19: - -  
335-347.
130. Pérombelon, M.C.M. 1977. A preliminary assessment of the -  
spread of the blackleg and soft rot bacteria by potato  
haulm pulverization. In. Proc. of a Symposium on pro--  
blems of pest and disease control in Northern Brit. --  
p. 39-40.
131. Potato Handbook. 1962. The Potato Association of America.-  
New Brunswick, N.J. U.S.A.
132. Potato Production in Northeastern and Northcentral states.  
Farmer's Bulletin 1958. Department of Agriculture.
133. Prier, J.F. and H. Friedman. Opportunistic Pathogens. Uni--  
versity Park Press. U.S.A., 1974.
134. Ramírez, R. y R. Laird. La fertilización del cultivo de -  
la papa en la región de León, Gto. Sec. de Agricultura  
y Ganadería. Folleto Técnico 46. Agosto 1964.
135. Ramsey, G.B. 1919. Studies on the viability of the potato-  
blackleg organism. Phytopathology 9: 285-288.
136. Robinson, D.B. & R.R. Hurst. 1956. Control of potato black  
leg with antibiotics. Am. Potato J. 33: 56-60.
137. Robinson, D.B., et. al. 1960. Chemical control of blackleg,  
dry rot and Veticilium wilt of potato. Am. Potato J. -  
37: 203-212.

138. Sakurai, H., et. al. 1977. Comparison on antimicrobial activity of various agricultural chemicals against phytopathogenic bacteria and fungi recently isolated from diseased plants. *J. Pestic. Sci.* 2: 249-255.
139. Salle, A.J. Fundamentals principles of bacteriology. 7<sup>th</sup> - Ed. Mc. Graw Hill Co. U.S.A., 1973.
140. Sampson, P.J. 1977. Contamination with Erwinia carotovora and Verticillium albo - atrum during multiplication -- of pathogen tested seed potato crops, cultivar Kennebec. *Am. Potato J.* 54: 1-9.
141. Santaolalla, M. y M. D. Esplá. 1973. Ultraestructura y composición química del antígeno de Boivin. *Microbiol. - Esp.* 26: 1 - 20.
142. Santaolalla, M. 1975. Ultraestructura y composición química del liposacárido de Erwinia carotovora. *Microbiol. - Esp.* 28: 83-102.
144. Schmidt - Hebbel, H. Química y Tecnología de Alimentos. - Editorial Selesiana. Santiago de Chile, 1966.
145. Smith, M.A. and G.B. Ramsey. 1947. Bacterial lenticel infection of early potatoes. *Phytopathology* 37: 22-23.
146. Smith, W.L., Jr. 1949. Some specific characters of E. - - atropsectica and E. carotovora. *Phytopathology* 40: - - 1011 - 1017.
148. Stainer, R.Y., et. al. The Microbial World. 4<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, N. Jersey, 1976.

149. Stanghellini, M.E. 1972. Bacterial seed piece decay and blackleg of potato. *Pogr. Agr. Ariz.* 24: 4-5, 16.
150. Stanghellini, M.E. & J.C. Meneley. 1975. Identification of soft rot Erwinia associated with blackleg of potato -- in Arizona. *Phytopathology* 65: 86-87.
151. Stanghellini, M.E., et al. 1977. Serological and physiological differentiation among isolates of Erwinia carotovora from potato and sugarbeet. *Phytopathology* 67: 1178-1182.
152. Stewart, D.J. The potato and its wild relatives. Texas Research Foundation Texas, 1962.
153. Stewart, D.J. 1962. A selective diagnostic medium for the isolation of pectinolytic organisms in the Enterobacteriaceae. *Nature* 195: 1023.
154. Storage of fruits and vegetables. Vol II. Bibliographical-Bulletin 11. U.S. Department of Agriculture. Potatoes.
155. Tani, A., et. al. 1973. Blackleg of potato plant caused by Erwinia atroseptica (van Hall) Jennison, E. carotovora var. atroseptica (van Hall) Dye in Japan. *Ann. -- Phytopath. Soc. Japan* 41: 513-517.
157. Tattar, T.A. and D.M. Sylvia. 1927. Frequency spectrum analysis of plant storage tissue during deterioration. -- *Can. J. Bot.* 55: 2437-2438.
158. Tejerina, G. & M.T. Serra. 1971. The effect of sugars on the pathogenesis of Erwinia carotovora. *Phyton* 28: 97-93.

159. Tejerina, G., et. al. 1973. Disease development in plants-susceptible to E. carotovora. *Agronomia Lusitana* - 35: 55-61.
160. Thompson, S.V., et. al. 1977. Bacterial vascular necrosis and rot of sugarbeet. general description and etiology. *Phytopathology* 67: 1183-1189.
161. Tripathi, R.K., et. al. 1974. Peroxidase activity & isoenzymes in relation to resistance in potatoes against rotting. *Indian J. Exp. Biol.* 12: 591-592.
162. Tripathi, R.K. & M.N. Verma. 1975. Phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in relation to resistance in potatoes against bacterial soft rot. *Indian J. Exp. Biol.* 13: 414- 415.
163. Tripathi, R.K., et. al. 1977. Interactions of potato tuber polyphenols and proteins with Erwinia carotovora. In. cell wall biochemistry related to specificity in host-plant pathogen interactions. *Proc. of a Symposium* - - 281-287.
164. Tsuyumu, S. 1977. Inducer of pectic and lyase in Erwinia carotovora. *Nature* 269: 237-238
165. Vrugink, H. and H.P. Mass Geesteranus. 1975. Serological recognition of Erwinia carotovora var. atroseptica, -- the causal organism of potato blackleg. *Potato Res.* -- 18: 546 - 55.
166. Walker, J.C. *Patología Vegetal*. 2a. Ed. Ediciones Omega, - S.A. Barcelona, 1973.

167. Webb, L.E. and R.K.S. Wood. 1974. Infection of potato tubers with soft rot bacteria. *Ann. Appl. Biol.* 76: - - 91-98.
168. Wells, J.M. 1974. Growth of Erwinia carotovora, E. atroseptica and Pseudomonas fluorescens in low oxygen and - - high carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 64: -- 1012- 1015.
169. Westcott, C. *Plant Disease Handbook*. 3<sup>rd</sup> Ed. Van Nostrand - Rein Hold Co. New York, 1971.
170. Whitney, P.J. *Microbial Plant Pathology*. Hutchinson & Co.- Ltd. London, 1976.
171. Workman, M.E., et. al. 1976. The effect of storage factors on membrane permeability and sugar content of potatoes and decay by Erwinia carotovora var. atroseptica and- Fusarium roseum var. sarbuicinum. *Am Potato J.* 53: - - 191- 204.
- 172 Young, J.M. 1974. Identification of the pathogen causing - blackleg of potatoes in New Zealand. *N.Z.J. Agr. Res.-* 17: 121- 122.
173. Zacharius, R.M., et. al. 1975. Solanidine in potato (Solanum tuberosum) tuber tissue disrupted by Erwinia atroseptica and by Phytophthora infestans. *Physiol. Plant-Pathol.* 6: 301 -305



## APENDICE

## I MEDIOS DE CULTIVO

a) Medio CPG<sup>122</sup>

## Ingredientes

Glucosa	.....	10 gr.
Peptona	.....	10 gr.
Aminoácidos de la caseína	.....	10 gr.
Agar	.....	18 gr.
Agua	.....	1 litro

Preparación: Se mezclan todos los ingredientes, posteriormente el medio se esteriliza durante 20 mins. a 15 lbs. de presión y se vacía a cajas de petri estériles.

2) Medio de Cuppels y Kelman, CVP<sup>51</sup>.

## Ingredientes

NaOH (1N)	.....	4.5 ml
CaCl <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	.....	3.0 ml
Agar	.....	1.5 gr
NaNO <sub>3</sub>	.....	1.0 gr
Polipectato de sodio (Na <sub>2</sub> Pi)	.....	15.0 gr
Solución ácida de cristal violeta (CV)	.....	1.0 ml

Preparación: Los 4 primeros reactivos se adicionan a 300 ml. de agua destilada hirviendo y se mezclan mediante una licuadora durante 15 segs. Inmediatamente pero lentamente

se le adicionan a esta solución el NaPP y el CV. Una vez efectuada la mezcla, se agregan 200 ml. de agua destilada y se esterilizan en autoclave a 121°C durante 10 mins. En ambos medios se manifiestan colonias característica de E.c.a.

3) Medio de Stewart Mc-Conkey, MPA<sup>153</sup>

Ingredientes

Agar Mc-Conkey .....	52.0 gr
CaCl <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O .....	4.0 gr

Preparación: Disolver en 75 ml. de agua destilada y esterilizar en autoclave a 121°C durante 10 mins. Dejar enfriar y pipetear 15 ml. del medio en cajas de petri estériles.

Ingredientes (Capa Superficial)

NaPP .....	20 gr
Etanol .....	60 ml
EDTA .....	1 gr
Agua destilada .....	1000 ml

Preparación: Ajustar a pH 7.4 y esterilizar en autoclave a 121°C durante 10 mins.; enfriar a 55°C y pipetear 5 ml. sobre las cajas con la capa basal; secar en la estufa a 37°C durante 12 hrs; después de la siembra, incubar a 25°C durante 48 hrs. Las colonias de E.c.a. son rojas, profundas y de bordes lisos.

4) Medio de Logan, SCBPA<sup>93</sup>

Ingredientes (Capa basal)

Agar Citrato de Simmons .....	23 gr
CaCl <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O .....	3 gr

Sales Biliares	.....	5.0 gr
CV	.....	0.001 gr
Agua destilada	.....	1000 ml

Preparación: Mezclar los ingredientes y esterilizar - en autoclave a 121°C durante 15 mins; enfriar y ajustar el pH a 6.8; pipetear 15 ml. en cajas de petri estériles.

#### Ingredientes (Capa Superficial)

NaPP	.....	20 gr
Etanol	.....	60 ml
EDTA	.....	1 gr
Agua destilada	.....	1000 ml

Preparación: Ajustar el pH a 7.4; esterilizar en auto clave a 121°C durante 10 mins., enfriar a 55°C y pipetear 5 -- ml. sobre la capa basal; secar a 37°C durante 12 hrs. e incu-- bar después de la siembra a 27°C durante 48 hrs. Se manifiestan las colonias características de E.c.a. de color azul pálido sobresaliendo perfectamente del medio azul oscuro.

#### 5) Medio para la producción de Levanas o Medio de Dye<sup>79</sup>

##### Ingredientes

Sacarosa	.....	50 gr
Agar Nutritivo	.....	20 gr
Agua destilada	.....	1000 ml

Preparación: Se mezclan los ingredientes y se esteriliza en la forma habitual.

II FIGURAS



FIG. 1 Flor de la planta de la patata.



FIG. 2 Tubérculos.

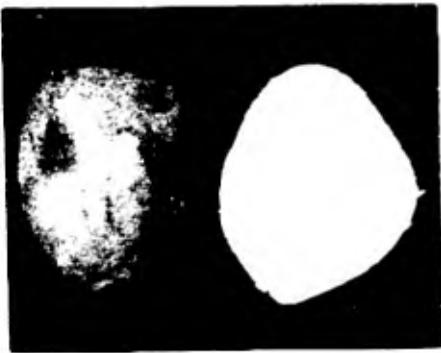


FIG. 3 Trozos de papa para siembra.



FIG. 4 Trozos provenientes de tubérculos flácidos.

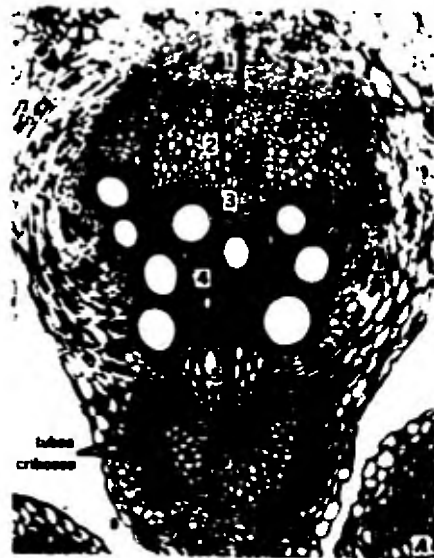


FIG. 5 Corte longitudinal de un brote con entrenudos cortos.

- A) Sistema vascular - primario, compuesto de trazas foliares y trazas de las ramas.
- B) Escamas foliares y yemas axilares.

FIG. 6 Corte transversal de un haz vascular.

- 1) Floema primario externo;
- 2) Floema secundario;
- 3) Célbium vascular desarrollo incompletamente;
- 4) Xilema secundario;
- 5) Metaxilema;
- 6) Protexilema;
- 7) Célbium vascular;
- 8) Floema intern, en su mayor parte primario.



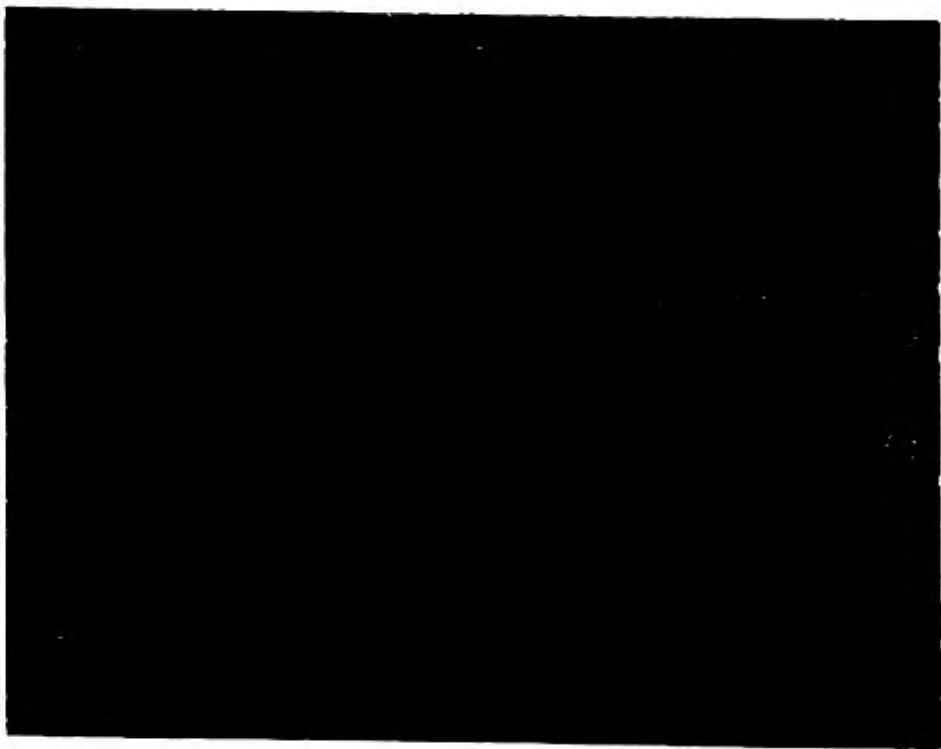


FIG. 7. Plantas de papa en cultivo solfo al aire.



FIG. 8 Plantas de papa cultivadas en forma masal  
en bloques separados.



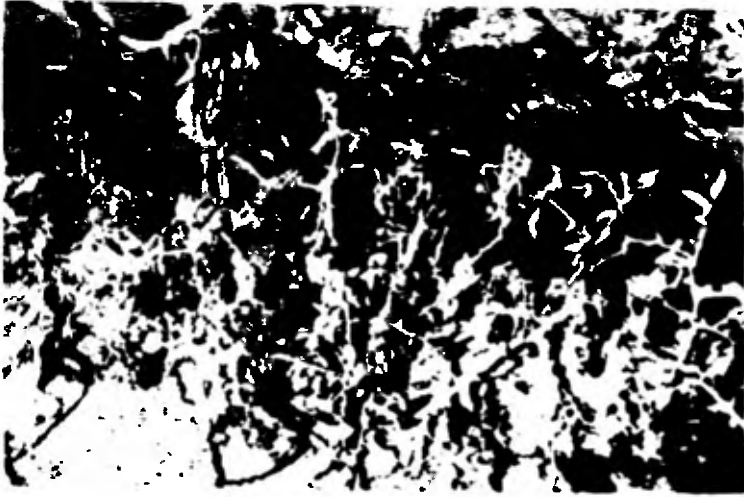


FIG. 9. Marchitamiento y rotura radical en suelos anegados.



FIG. 10. Putrefacción blanda en el cultivar Huinkul.



FIG. 11 Escurlamiento característico de las hojas de la planta de papa causado por Erwinia carotovora var. atroseptica.



FIG. 12 Síntomas de marchitamiento de la planta de papa causados por Erwinia carotovora var. atroseptica.



FIG. 13 Ennegrrecimiento del tallo subterráneo debido a Erwinia carotovora var. atroseptica.

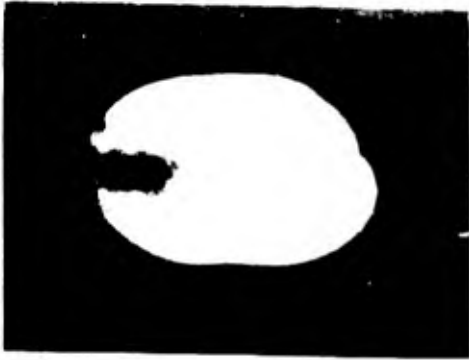


FIG. 14 Tubérculo infectado con Erwinia atroseptica cuya putrefacción se inicia en el corte del esto 16a.



FIG. 15 Putrefacción húmeda en tubérculos afectados por la Pierna Negra.