



**Universidad de Cienfuegos**

Facultad de Ciencias Agrarias

**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

***“Propuesta de patrones sinópticos que  
condicionan la aparición de *Alternaria solani*  
Sor., en el cultivo de la papa en la Empresa  
Agropecuaria Horquita”.***

**Autora: Beatriz Lemus Sánchez**

**Tutora: MSc. Sinaí Barcia Sardiñas**

**Curso 2012-2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

- ◆ A mis familiares por haber confiado en mí.
- ◆ A mi tutora Sinaí Barcia Sardiñas por haberme guiado y por todos los conocimientos que me transmitió durante la realización de este trabajo.
- ◆ A Gonzalo Alfonso Calzadilla por todo su apoyo y por convencerme de seguir este camino.
- ◆ A mi esposo por todo su apoyo y ayuda.
- ◆ A todos mis compañeros de trabajo y en especial a Pepe por toda su ayuda en el análisis de los patrones sinópticos.
- ◆ A las compañeras de la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Yaguaramas y en especial a Kiki.
- ◆ A Irait especialista del Laboratorio de Sanidad Vegetal de Cienfuegos por toda su ayuda.
- ◆ A todos mis compañeros de la carrera que me acompañaron en estos seis años y en especial a Paul.
- ◆ A todas las personas que de una forma u otra colaboraron con la culminación de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

- ◆ A la memoria de mi papá
- ◆ A mis hijos y a mi nieto.

## Resumen

Se determinó la incidencia de *Alternaria solani* Sor. en *Solanum tuberosum* L. (papa) durante seis campañas (2006-2007 hasta 2011-2012) en la Empresa Agropecuaria Horquita en relación a los factores meteorológicos, varietales, épocas de plantación y fenología. Además se identificaron los patrones sinópticos asociados con la aparición de esta enfermedad en el período estudiado. Los datos para realizar el trabajo fueron tomados de la información recopilada en los informes de campañas anuales realizados por la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Yaguaramas y los datos meteorológicos de la Estación de Aguada de Pasajeros. El tizón temprano de la papa incidió en el 100 % de las campañas en estudio. Los mayores niveles de incidencia ocurrieron en la campaña 2007-2008, pudiendo estar atribuidos al gran espaciamiento en las fechas de siembras de los diferentes campos. Las variedades *Red Pontiac* y *Romano (importada)* fueron las que presentaron las mayores intensidades de la enfermedad. La primera aparición y desarrollo de la enfermedad en todas las campañas se vio influenciada por el comportamiento de las variables climáticas temperatura y humedad relativa. Fueron identificados dos patrones sinópticos asociados a la aparición de la *Alternaria solani* Sor. en el cultivo de la papa. En los mismos se presenta sobre Cuba la influencia de anticiclones migratorios que se desplazan hacia el este para dar paso a sistemas frontales. Los resultados obtenidos contribuyen a fortalecer el sistema de manejo de esta enfermedad en la provincia Cienfuegos.

**Palabras Claves:** Incidencia, *Solanum tuberosum* L, *Alternaria solani* Sor, tizón Temprano.

**Abstract:**

Was determined the incidence of *Alternaria solani* Sor (Early Blight) in *Solanum tuberosum* L. (Potato) for six seasons (2006-2012) in Horquita Agricultural Company in relation to meteorological factors, plantation season and age. Also were identified the atmospheric synoptic patterns associated with the apparition of this disease. The data to carry out this work were taken of the information gathered in the reports of annual campaigns carried out by the Yaguaramas Protection of Plants Station and the meteorological data were obtained of the Aguada de Pasajeros Meteorological Station. The potato Early Blight affected the 100% of the studied campaigns. The biggest levels of incidence happened in the campaign 2007-2008, being able to attribute that, to the great spacing in the dates of plants of the different fields. The first apparition and progresses of the disease in all the campaigns were influenced by the behavior of the climatic variables: temperature and relative humidity. Two synoptic patterns associated to the apparition of *Alternaria solani* Sor. in potato were identified. In both it is presented aver Cuba the influence of migratory anticyclones that move toward the east to open the way to front systems. The obtained results contribute to strengthen the system of handling of this disease in Cienfuegos.

**Key words:** Incidence, *Solanum tuberosum* L., *Alternaria solani* Sor., Early blight.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	1
2.	Revisión Bibliográfica .....	6
2.1.	El cultivo de la papa .....	6
2.2.	Ubicación taxonómica y morfología de <i>A. solani</i> .....	7
2.3	Distribución y daños.....	8
2.4.	Sintomatología del tizón temprano .....	9
2.5.	Biología de <i>A. solani</i> .....	10
2.6.	Epidemiología del tizón temprano.....	11
2.6.1.	Fuentes de inóculo y sobrevivencia .....	11
2.6.2.	Especies hospedantes .....	12
2.6.3.	Factores de predisposición para el ataque de la enfermedad .....	13
2.6.4.	Dinámica y condiciones que favorecen la enfermedad .....	13
2.6.5.	Pronóstico de la enfermedad. ....	14
2.7.	Medidas de lucha .....	17
2.7.1.	Estrategia varietal .....	17
2.7.2.	Otras medidas de lucha.....	19
2.8.	Factores climáticos de la zona de Horquita, municipio Abreus, provincia Cienfuegos. ....	20
2.8.1	Temperaturas .....	20
2.8.2	Humedad Relativa .....	21
2.8.3	Precipitaciones.....	22
2.9	Situaciones Sinópticas .....	23
2.10	Patrones Sinópticos .....	24

3.	Materiales y Métodos.....	25
3.1	Caracterización de la incidencia de <i>Alternaria Solani</i> Sor. en papa durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.....	25
3.2	Determinación de la relación entre la incidencia de <i>Alternaria Solani</i> Sor.en papa y el comportamiento de las principales variables meteorológicas durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita. ....	28
3.3	Identificación de los patrones sinópticos asociados a la aparición de <i>Alternaria Solani</i> Sor. en el cultivo de la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita. ....	29
4.	Análisis y discusión de los resultados.....	31
4.1	Caracterización de la incidencia de <i>Alternaria solani</i> Sor. en papa durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.....	31
4.2	Determinación de la relación entre la incidencia de <i>Alternaria solani</i> Sor. en papa y el comportamiento de las principales variables meteorológicas durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita. ....	35
4.3	Identificación de los patrones sinópticos asociados a la aparición de <i>Alternaria solani</i> Sor. en el cultivo de la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita. ....	42
5.	Conclusiones.....	48
	Se llegó a las siguientes conclusiones generales: .....	48
6.	Recomendaciones .....	49
7.	Referencias Bibliográficas.....	50
8.	ANEXOS .....	60

## 1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) se originó hace unos 8 000 años en las montañas de los Andes, donde generaciones de campesinos han creado la imponente cantidad de 5 500 variedades de este cultivo. Llevado a Europa por los españoles en el siglo XVI, este tubérculo se adaptó con rapidez a las condiciones del norte y pronto se convirtió en alimento básico en una época de acelerado crecimiento demográfico. De Europa siguió avanzando hacia otras partes del mundo, incluida Cuba donde fue introducida a finales del siglo XIX por los mismos españoles.

Hoy se producen papas en el mundo en una superficie estimada de 180 000 kilómetros cuadrados, desde la planicie de Yunnan en China y las tierras bajas subtropicales de la India, hasta las montañas ecuatoriales de Java y las estepas de Ucrania, (FAO, 2006). Según la FAO, los principales productores mundiales el 2010 fueron: China (74 millones de toneladas), India (36 millones de T) y Rusia (21 millones de T).

Las plagas afectan a todos los agricultores sin diferenciar tamaño de unidad productiva o tecnología empleada (Andrews, 1989). Se estima que ellas causan un total de daños entre 40-48% en la producción mundial de alimentos; en los campos alcanzan un promedio de 33-35% del potencial productivo de los cultivos (Bottrell, 1979). Smith (1979) estima que las pérdidas por plagas pueden ser reducidas en un 50% si se mejoran las tecnologías de control. En el cultivo de la papa los rendimientos pueden ser afectados si no se ejerce un control fitosanitario hasta un 40% (Bayer, 2000).

Las enfermedades que más afectan a este cultivo en Cuba son el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary) y el tizón temprano (*Alternaria solani* Sor.); la sarna común (*Streptomyces scabies* (Thaxt)); la rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani* Kuhn) y las pudriciones blandas y pierna negra causadas por *Erwinia* spp. (Mayea *et al.*, 1983).

El tizón de la papa, producido por un moho que se trasmite a través del aire, es la enfermedad más grave de la papa en todo el mundo. Sólo en los países en

desarrollo, esta enfermedad afecta a 3 millones de hectáreas de tierras productoras de papa, y las pérdidas agrícolas se estiman en 2 750 millones de dólares al año. La lucha contra el tizón de la papa también es costoso, en el norte de Ecuador los agricultores gastan un promedio de 120 dólares por hectárea en fungicidas, que representan un 10% de los costos generales de producción. (FAO, 2006)

El tizón temprano es después del tizón tardío, la enfermedad foliar más importante del cultivo de papa, se presenta con mayor incidencia en las zonas paperas ubicadas en regiones húmedas y cálidas de países como India, Uruguay, Brasil y del Caribe. Las pérdidas se estiman entre 10 a 50% de los rendimientos (Martin y Thurston, 1989).

Las condiciones favorables para la producción del cultivo de papa les son también para el desarrollo de la enfermedad, por lo tanto es imposible producir papa sin tomar las medidas necesarias para el manejo de la misma (Lucca *et al.*, 2008). Puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos químicos aplicados adecuadamente en la temporada (Tomás y López, 1999; AgroNet, 2001; Andréu y Gómez, 2007; Lucca *et al.*, 2008).

El tizón temprano constituye la enfermedad de mayor importancia para el cultivo de la papa en Cuba (Piña, 1980; Mayea *et al.*, 1983) y se ha considerado como la principal enfermedad debido a que en un tiempo reducido provoca la defoliación de las plantaciones por lo que ocasiona grandes pérdidas (Mayea y Perdomo, 1990).

En la década del 80 se realizaron importantes investigaciones que arrojaron recomendaciones para el mejor control del tizón temprano, como fueron las de Piña (1980), quien estudió la biología de ***Alternaria solani Sor.*** y el control químico con los fungicidas disponibles en ese momento; las de Arzuaga (1982), el cual estudió la resistencia genética de los cultivares de papa, y las de Skeen (1984), que abordó algunos aspectos epifitotiológicos y el empleo de los derivados

del fufural en el control de esta patología. No obstante, la introducción de nuevas tecnologías de cultivo, fungicidas y cultivares obligan a profundizar en las investigaciones relacionadas con la nocividad, la epidemiología, la acción de nuevos fungicidas y otras formas de lucha, que permitan un perfeccionamiento de la señalización y el pronóstico y de las medidas de control, con el objetivo final de lograr un sistema de manejo integrado de la enfermedad científicamente fundamentado.

En 1995, Castellanos diseñó un sistema de pronóstico a corto plazo del tizón temprano (SISPROTITE) el cual predice la probabilidad de encontrar la enfermedad en los campos de papa, utilizando el modelo matemático exponencial en función de la edad del cultivo, la humedad relativa y la temperatura.

Es importante conocer en cada territorio el comportamiento histórico de una enfermedad o plaga, su control resulta más eficiente y económico cuando se toma en cuenta y dispone de toda la información respecto al cultivo; sus patógenos, las condiciones del medio ambiente que se espera predominen, la localidad, la disponibilidad de materiales, costos y otros. Tales conocimientos son utilizados por el hombre para su manejo (AgroNet, 2001).

Desde el punto de vista de la vigilancia agrometeorológica también se han realizado estudios en Cuba relacionados con la identificación de patrones sinópticos asociados a la aparición de esta enfermedad en los cultivos de tomate y papa en las provincias Ciego de Ávila y Santiago de Cuba respectivamente. (Domínguez, 2010 y Hernández *et al.*, 2008)

En la provincia Cienfuegos en los últimos años se ha venido perfeccionando el Sistema de Vigilancia Agrometeorológica llevado a cabo por el Centro Meteorológico Provincial y uno de los objetivos ha sido diseñar Sistemas de Alerta Temprana ante condiciones meteorológicas favorables para la aparición de enfermedades, tanto en las plantas, como en los animales de crianza.

Es por ello que estudios como el que se presenta contribuyen a diversificar los productos agrometeorológicos que se brindan en el Centro Meteorológico

Provincial; además de aportar nuevos conocimientos y ayudar a fortalecer con una nueva herramienta el Manejo Integrado de Plagas que realiza el laboratorio de Sanidad Vegetal en la provincia.

Desde hace varios años se cultiva la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita, siendo la principal productora de este cultivo en la provincia. A pesar de haberse realizado trabajos relacionados con el estudio de esta enfermedad y aunque se han realizado varias investigaciones que permiten conocer los fundamentales aspectos epidemiológicos del tizón temprano causado por ***Alternaria solani* Sor.** ninguna ha estado relacionada con la relación de su aparición con los patrones sinópticos de la atmósfera.

Teniendo en consideración esta situación se planteó el siguiente problema científico:

### **Problema de Investigación**

Qué relación tiene la incidencia de la ***Alternaria solani* Sor.** en el cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en la Empresa Agropecuaria Horquita con las variables meteorológicas (temperatura, humedad y precipitaciones) y cuáles son los patrones sinópticos más frecuentes asociados a la aparición de esta enfermedad.

### **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento de la ***Alternaria solani* Sor.** en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en la Empresa Agropecuaria Horquita determinando las condiciones meteorológicas y los patrones sinópticos de mayor asociación con la aparición de la enfermedad en la Empresa Agropecuaria Horquita.

### **Objetivos específicos**

- 1- Caracterizar la incidencia de ***Alternaria solani* Sor.** en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.

2- Determinar la relación entre la incidencia de la ***Alternaria solani* Sor.** y las variables meteorológicas (temperatura, humedad y precipitaciones) en la Empresa Agropecuaria Horquita.

3- Identificar y proponer los patrones de circulación atmosférica más frecuentes en la aparición de la ***Alternaria solani* Sor.** en la Empresa Agropecuaria Horquita.

### **Hipótesis**

Un análisis de las condiciones meteorológicas y de los patrones de la circulación atmosférica asociados a la aparición de la ***Alternaria solani* Sor.** en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) revelará una relación particular entre estos elementos con lo cual podrá contribuir a la vigilancia agrometeorológica y pronóstico de condiciones atmosféricas favorables para la aparición de esta enfermedad.

## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1. El cultivo de la papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es nativa de la cordillera andina de Sudamérica, donde se ha cultivado desde hace ocho mil años. Según AgroNet (2001) es una dicotiledónea herbácea anual, la más importante como fuente de alimentación humana; ocupa el quinto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo y es superada solamente por gramíneas como el trigo, arroz y cebada. Se conocen aproximadamente dos mil especies del género *Solanum* de las cuales unas ciento ochenta producen tubérculos. Sólo ocho de estas especies son cultivos alimenticios, pero únicamente *Solanum tuberosum* L. es sembrada extensiva e intensivamente en todo el mundo.

Según Alonso, (2008) este cultivo milenario ya forma parte importante del sistema alimentario mundial, es el primer producto no cerealero; uno de los cuatro alimentos básicos más importantes de la humanidad, superada por el trigo, arroz, y el maíz; aunque brinda más alimento en menos espacio, en condiciones más variables y en menor tiempo (Zandstra, 2000 y Fundación Chile, 2001). Es un vegetal excelente desde el punto de vista nutricional; en muchos países es la comida básica como el arroz y el pan; en algunos como Alemania y Polonia se consumen alrededor de 180 kg de papa per cápita al año (AgroNet, 2001).

La papa es además una importante fuente de ingresos para pequeños agricultores en todo el mundo. Las utilidades de la papa son iguales a las del arroz y el doble de las recibidas por la venta del maíz y la batata (Alonso, 2008). Ocupa una superficie de aproximadamente 18 millones de hectáreas, con una producción cercana a 300 millones de toneladas, de las cuales cerca de 170 millones son destinadas al consumo humano (Fundación Chile, 2001).

El cultivo de este tubérculo se practica en casi todo el mundo (AgroNet, 2001). A diferencia de los principales cereales, sólo una fracción del total de su producción ingresa al comercio internacional y sus precios generalmente se establecen por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial.

Por lo tanto es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria (Alonso, 2008).

El cultivo de la papa es muy extendido en varias provincias de Cuba, es el más importante de las siembras de invierno en el país, pues además de contribuir una fuente alimenticia considerable, sus tubérculos pueden ser almacenados a diferencia del resto de las viandas (Mayea *et al.*, 1985; Font, 1999; Andréu y Gómez, 2007 y Martínez *et al.*, 2007). La superficie cultivada va en aumento cada año, extendiéndose en la actualidad a 15 provincias del país. Como cultivo tiene un peso específico importante por los esfuerzos y grandes recursos que se le dedican (Font, 1999; Martínez *et al.*, 2007 y Elizondo *et al.*, 2002). Una de las grandes limitantes en la producción de papa son los problemas fitopatológicos, los que afectan tanto el rendimiento como la calidad del producto (Acuña, 2004).

Las enfermedades que más afectan a este cultivo en Cuba son el tizón tardío (***Phytophthora infestans*** (Mont) De Bary) y el tizón temprano (***Alternaria solani*** Sor.); la sarna común (***Streptomyces scabies*** (Thaxt)); la rizoctoniasis (***Rhizoctonia solani*** Kuhn) y las pudriciones blandas y pierna negra causadas por ***Erwinia*** spp. (Mayea *et al.*, 1983).

El tizón temprano, causado por el hongo *Alternaria solani*, es mucho más serio en condiciones subtropicales donde el cultivo de la papa se desarrolla con riego. Las mismas favorecen la diseminación las esporas y por ende el desarrollo de la enfermedad (Cassells y Kowalski, 1998) que es controlada principalmente con el empleo de fungicidas que resulta costoso y algunas veces poco efectivo (Steward Bradshaw, 1993).

## **2.2. Ubicación taxonómica y morfología de *A. solani***

Este microorganismo ha recibido a lo largo del tiempo las siguientes denominaciones; ***Macrosporium solani*** Ellis y Martin, 1882; ***Macrosporium solani*** CKE, 1883; ***Macrosporium cookei*** Sacc., 1886; ***Alternaria solani*** Sorauer, 1896; ***Sporidermium solani*** var *varians*, Vahna, 1904; ***Alternaria porri*** sp. ***solani*** (Ellis y Martin) Neerg, 1945; ***Alternaria dauci*** (Kubn) sp. ***solani*** (Ellis y

Martin) Neerg, 1945 (CMI, 1975). ***Alternaria solani* Sor.** se ubica en la división Mycota, subdivisión Deuteromycotina, clase Deuteromycetes, sub clase Hyphomycetes, orden Moniliales, familia Dematiaceae (Alexopoulos y Mims, 1979).

Piña (1980) y Mayea *et al.*, (1983) coinciden en que las colonias del hongo pueden tener diferentes coloraciones desde blanco a gris, que éste induce pigmentaciones al medio de cultivo que pasan desde el pardo oscuro hasta el negro, en dependencia del sustrato. En agar papa dextrosa las colonias tienen aspecto algodonoso de color gris, y produce una pigmentación pardo oscura al medio.

Según Piña (1980), cuando el micelio está aislado tiene un aspecto hialino algo oscurecido, de forma tubular, uniforme y con septos y presenta ramificaciones en diversas posiciones y ángulos, predominando la lateral con ángulo recto. Del micelio surgen los conidioforos, algo más oscuros, sobre los cuales se desarrollan los conidios. Estos son de coloración oscura con aspecto de mazo en la parte basal. El extremo se prolonga reduciendo su color hasta terminar en una célula alargada en forma de cola que en ocasiones se bifurca. En cultivos artificiales los conidios pueden estar solitarios o en cadenas. El número de tabiques transversales puede variar entre siete y 18 y los longitudinales entre uno y cinco. Las dimensiones promedio de los conidios, se ubican alrededor de 190,3  $\mu$  de largo y 17,8  $\mu$  de ancho, en condiciones naturales, y 29,9  $\mu$  de largo y 10,5  $\mu$  de ancho, cuando se desarrollan en cultivos artificiales.

### **2.3 Distribución y daños**

Según Hooker (1980) el tizón temprano fue descrito en plantaciones de papa en New Jersey por los norteamericanos Ellis y Martin en 1882. Zachmann (1982) la considera como un problema serio en diferentes partes del mundo. En los últimos años se han observado ataques de importancia en muchas áreas calientes donde se cultiva la papa.

Trabajos en diferentes localizaciones expresan la magnitud de la enfermedad; Urquijo *et al.*, (1971) en España; Abdel - Rahman (1977) y Bambawate y Dedi

(1982) en la India; Hooker (1980) en Perú; Douglas y Groskopp (1974) y Pscheidt y Stevenson (1984) en EUA; y Tverskoi *et al.*, (1980) y Kvasniuk (1985) en la antigua URSS. Informes desde el Sur de Australia sitúan a la mancha por **A. solani** como la enfermedad más importante en todos los distritos (Dillard *et al.*, 1993) mientras que Boiteux *et al.*, (1995) indican la importancia de la enfermedad en Brasil.

Sinden *et al.*, (1973) consideran la enfermedad como la más destructiva del follaje de la papa en el mundo, después del tizón tardío. Se ha reportado nocividad del 5 al 10 % de la producción para algunas regiones y en otras ha sobrepasado el 50% de la cosecha total (Doroshkin e Ivaniuk, 1979). Posteriormente, Johnson *et al.*, (1986) determinaron pérdidas máximas de 31 % a causa de **Alternaria solani Sor**, fueron Red Pontiac y Russet Burbank los cultivares que presentaron mayores pérdidas de cosechas, mientras que Shtienberg *et al.*, (1994a) informan un 32% de disminución de los rendimientos en parcelas tratadas con respecto a parcelas no tratadas.

En Cuba, la enfermedad fue encontrada por primera vez en 1915 en campos de tomate en la zona de Güira de Melena. Se reportó oficialmente por Bruner en 1918 y desde ese momento ha sido considerada como endémica por aparecer cada año en los cultivos de papa y tomate (Mayea *et al.*, 1983).

#### **2.4. Sintomatología del tizón temprano**

En las hojas y, en menor grado, en los tallos se forman manchas necróticas, marcadas internamente por series de anillos concéntricos. Las lesiones en las hojas rara vez son circulares porque son restringidas por las nervaduras principales. Las lesiones se forman primero en las hojas inferiores. Pueden coalescer y causar un amarillamiento generalizado, caída de hojas o muerte precoz. Usualmente aparecen alrededor de la floración y van aumentando en número a medida que van madurando las plantas. CIP (1996), Cuando las manchas son numerosas se van uniendo y sobreviene la fase de tizón. Según las condiciones ambientales y la variedad presente de papa, las lesiones se agrandan

de 0,5 a 2,0 cm de diámetro y alrededor presentan áreas cloróticas. Castellano (2002)

Hooker (1980) y Zachman (1982), señalan que en los tubérculos el hongo produce lesiones superficiales y un poco más oscuras que la coloración normal del tubérculo sano, ligeramente hundidas y de consistencia firme (pudrición dura), claramente delimitada del tejido sano. CIP (1996), La pudrición en el tubérculo es oscura, seca y coriácea.

Según Zachmann (1982), cuando sobreviene la fase de tizón, además, se afectan los tallos con síntomas similares a los de las hojas, donde se aprecia fácilmente la esporulación del hongo.

En las manchas de tizón temprano, ocasionalmente también se observan conidios de ***Alternaria alternata*** (Fr.), aunque en mucho menor proporción que ***Alternaria solani*** (Hooker, 1980; Mayea y Seidel, 1994; Boiteux y Reitschneider, 1994; Dita, 1996).

Las variedades susceptibles, usualmente de maduración precoz, pueden presentar una severa defoliación. Las variedades de maduración tardía pueden mostrarse resistentes. Las plantas sometidas a estrés que aceleran la maduración-medio ambiente adverso, clima cálido y húmedo, otras enfermedades o deficiencia nutricional se vuelven más susceptibles y mueren prematuramente. CIP (1996)

## **2.5. Biología de *A. solani***

Según Piña (1980), ***Alternaria solani* Sor.** crece en numerosos medios de cultivo y considera como mejor el agar-malta, seguido de agar-papa dextrosa, agar-jugo de tomate, agar Czapek y agar-cebolla, mientras que Herrera y Cupull (1985), al igual que Andreu y Cupull (1991), recomiendan medios a base de malanga, boniato y yuca.

***A. solani*** no esporula fácilmente en medios de cultivos artificiales, pero la intensidad de esporulación logró mejorarse al exponer el hongo a la luz ultravioleta (Mc. Gallan y Chan, 1944). Douglas y Pavek (1972) obtuvieron mayor

esporulación practicando heridas al micelio. Otras alternativas con las que se logra buena esporulación, se exponen por Izquierdo (1977 a), Shahin y Shepard (1979) y Andreu y Cupull (1993), estos últimos con la utilización de viandas tropicales en los medios de cultivos.

Piña (1980), Castellanos y Pérez (1986) y Stevenson y Pennypacker (1988), señalan que los conidios del hongo germinan a todas las temperaturas entre 5 y 40 °C, y que es mayor entre 20 y 30 °C. En condiciones favorables, el proceso de germinación puede completarse en tres horas (Walker, 1970; Urquijo *et al.*, 1971; Piña, 1980; Castellanos y Pérez, 1986).

Horsfall y Lukens (1979) encontraron que el hongo tiene diferentes temperaturas óptimas para las distintas fases del ciclo de vida y patogénesis, 28 °C para el crecimiento, esto es formación de hifas, germinación de esporas y crecimiento del tubo germinativo; 22 °C para la diferenciación de conidios, conidióforos y apresorios; 20 °C para la penetración al follaje; 15 °C para la penetración en los tejidos del tubérculo, y 25°C para la expansión en las lesiones de éstos.

El rango de temperatura óptimo para el crecimiento micelial lo sitúan entre 20 y 28 °C y para la esporulación, por debajo de 20 °C (Lukens y Horsfall 1971; Douglas y Pavek, 1971; Izquierdo, 1977; Piña, 1980; Castellanos y Pérez, 1986). Walker (1970) y Urquijo *et al.*, (1971) consideran las temperaturas límites para el crecimiento en cultivos puros entre 1 y 2 °C como mínimo, y de 35 a 45 °C como máximo, mientras que Piña (1980) no observó crecimiento por encima de 40 °C, pero sí a 5 °C.

Los conidios pueden germinar a humedad relativa baja y sin necesidad de agua libre, la cual puede ser sustituida por el rocío (Mayea y Padrón, 1977); sin embargo, Piña (1980) plantea que la humedad relativa para este proceso nunca debe estar por debajo de 88%; mientras que Stevenson y Pennypacker (1988) indican que debe ser igual o superior al 96%.

## **2.6. Epidemiología del tizón temprano**

### **2.6.1. Fuentes de inóculo y sobrevivencia**

Harrison *et al.*, (1965) y Walker (1970) refieren que el micelio conserva su vitalidad en las hojas secas infectadas durante un año o algo más. Dorozhkin e Ivaniuk (1979) argumentan que el hongo sobrevive en forma de conidios más tiempo en los suelos arenosos que en los arcillosos, pero que en condiciones adversas se mantiene viable en forma de clamidósporas, esclerocios y micelio. Zachmann (1982) considera que el hongo sobrevive de una campaña a otra sobre la superficie del suelo o dentro de éste, como micelio o esporas sobre restos de plantas, de donde las esporas son diseminadas por el viento, mientras que Patterson y Powell (1988) enfatizan sobre el importante papel que juegan las clamidósporas de este hongo en la infección del tizón temprano en el cultivo del tomate. No se ha encontrado referencia de un estudio profundo sobre sobrevivencia de este microorganismo en Cuba.

Mayea y Naranjo (1984) plantean tres fuentes principales de inóculo primarias para Cuba: primera, el suelo donde pudiera sobrevivir en forma de clamidósporas, segunda, los tubérculos usados para la semilla, y tercera, las solanáceas silvestres que crecen durante todo el año en zonas aledañas al cultivo.

### **2.6.2. Especies hospedantes**

Walker (1970) informa la presencia de *Alternaria solani* Sor. sobre papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* W.), berenjena (*Solanum melongena* L.), pimiento (*Capsicum annum* L.) y yerba mora (*Solanum nigrum* L.). Hooker (1980), además de informarlo en papa, tomate y berenjena, señala que puede estar en otras solanáceas silvestres y *Brassica* spp., pero no menciona las especies. Mc Govern *et al.*, (1993) informaron a *Solanum viarum* como hospedante natural de *A. solani* en la Florida.

Seidel (1976) informó como plantas hospedantes de este hongo para Cuba a *Lycopersicon esculentum* W., *Solanum melongena* L., *Solanum tuberosum* L. y *Datura suaveolans* L. (campana blanca), mientras que Fernández (1980) lo informó sólo sobre las tres primeras especies y Arnol (1986) coincide con las especies que señala Seidel (1976) y agrega a *Capsicum annum* L.

Castellano (2002) informa como plantas hospedantes de este hongo en Cienfuegos, Cuba a ***Solanum nigrum*** L resultó hospedante natural y bajo condiciones de inoculación artificial ***Solanum nigrum*** L., ***Solanum campechiensis*** L. y ***Lycopersicon pimpnellifolium*** Dunal y como hospedantes naturales y también bajo inoculación artificial a ***Lycopersicon esculentum*** M. y ***Solanum melongena*** L.

### **2.6.3. Factores de predisposición para el ataque de la enfermedad**

**A. solani** se considera un hongo patógeno débil que aumenta su agresividad cuando el cultivo no está vigoroso por falta de nutrientes, dificultades con el régimen de riego u otro factor agrotécnico que debilite la plantación (Walker, 1970; Hooker, 1980; Zachmann, 1982). En tal sentido, Mayea y Castellanos (1978) informan que en los campos donde la fertilización no fue uniforme o no se fertilizó, fueron superiores los niveles de tizón temprano en la Empresa de Cultivos Varios de Manacas, pero no se cuantificó la influencia sobre la cosecha.

Mayea y Hernández (1983) y Mayea y Seidel (1994) entre otros, señalan que el tizón temprano es una enfermedad de la senescencia que aparece sobre las hojas más viejas, con lo que coinciden Pscheidt y Stevenson (1984), quienes estiman que en plantas maduras la susceptibilidad aumenta, debido a que el área foliar es mayor y aumenta el peso fresco de la hoja.

Trabajos realizados por Frank *et al.* (1975) indican que los glucoalcaloides solanina en papa y tomatina en tomate son tóxicos al hongo y actúan como factores de resistencia. Sinden *et al.*, (1973) y Skeen (1984) comprobaron que el contenido de glucoalcaloides en papa varía en dependencia del cultivar y la edad de la planta y se vincula con la resistencia al tizón temprano.

### **2.6.4. Dinámica y condiciones que favorecen la enfermedad**

Los estudios realizados para determinar cuándo aparecen los primeros síntomas en la planta han sido realizados por Douglas y Pavek (1972), Mayea y Andreu (1974), Mayea y Pérez (1977), Arzuaga (1982), Mayea y Hernández (1983), Mayea y Naranjo (1984) y Mayea y Seidel (1994), quienes coinciden en que éstos

pueden aparecer a partir de los 30 y 35 días de plantado el cultivo, y que existe resistencia antes de este momento, la cual disminuye después de los 60 días.

Piña (1980) observó los primeros síntomas entre los 15 y 46 días a partir de la brotación, con un ataque intenso de la enfermedad a los 60 días. González y Suárez (1985) determinaron la aparición de los primeros síntomas entre los 25 y 60 días de plantado el cultivo, con un incremento notable a partir de los 60. Skeen (1984) planteó que la intensidad y diseminación de la enfermedad aumentan con la edad de la planta, y que alcanza niveles importantes a partir de los 50 días, llegando a su grado máximo entre los 70 y 90 días.

#### **2.6.5. Pronóstico de la enfermedad.**

Los métodos de pronóstico permiten establecer los períodos críticos para el desarrollo de las enfermedades y orientar los tratamientos químicos en los momentos idóneos, optimizando así recursos. Madden *et al.*, (1978) diseñaron en Estados Unidos un método de pronóstico (FAST) para el tizón temprano en tomate basado en dos criterios, humedad - lluvia - temperatura y temperatura - duración de humectación sobre las hojas; esta última información, tomada a la altura de las plantas. En este cultivo el método se validó (Madden *et al.*, 1979; Madden *et al.*, 1980; Pennypacker *et al.*, 1983) con buenos resultados. El método FAST también se ha estado ajustando y validando en el cultivo de la papa con resultados alentadores en Estados Unidos (Pscheidt y Stevenson, 1982; 1984).

El método FAST de Madden *et al.*, (1978) utiliza como parámetros climáticos la temperatura media por encima o debajo de 22 °C, la lluvia caída en los últimos siete días por encima o debajo de 25 mm, las horas de humedad relativa > 90% por encima o por debajo de 60 en cinco días y las horas de humectación sobre las hojas y la temperatura promedio de ese período. Este sistema fue evaluado en Cienfuegos por Castellanos y Rivero (1984), quienes concluyeron que no se ajustaba a esas condiciones, ya que por el criterio de lluvia temperatura - humedad relativa el pronóstico siempre fue muy favorable, e indicó la necesidad de realizar tratamientos semanales, mientras que por el criterio temperatura -

humectación sobre las hojas, que en una campaña indicó la posibilidad de hacer dos tratamientos menos, se alcanzó mayor intensidad de la enfermedad con diferencia estadística de la variante donde se utilizó la metodología de señalización (IISV, 1979). El mismo método se evaluó para el pronóstico del tizón temprano de la papa en Brasil, y aunque sus predicciones indicaron la posibilidad de reducir el número de tratamientos fungicidas, no ha sido finalmente implantado, porque los agricultores no han querido correr el riesgo de que aumenten los daños al cultivo por esta enfermedad (Reis *et al.*, 1999)

Gómez *et al.*, (1990) propusieron un método de pronóstico del tizón temprano en papa en el que consideran un período favorable durante dos días consecutivos cuando se presentan:

- 1.- Humedad relativa media del día > 84% ó HR mínima > 60%.
- 2.- Temperatura mínima del día > 18 °C
- 3 - Precipitaciones > 0.5 mm.

Un trabajo de validación del método de pronóstico de Gómez *et al.*, (1990) se realizó en la Empresa Cultivo Varios de Horquita durante tres campañas por Castellanos *et al.*, (1997), y fueron evidentes altos niveles de tizón temprano sin que se produjeran períodos favorables a la enfermedad. También se obtuvieron resultados similares en un análisis retrospectivo con datos de esta empresa durante 17 campañas, al presentarse períodos escasos o nulos con humedad relativa mínima >60% o humedad relativa media > 84% durante algunas campañas y aparecer la enfermedad y alcanzar altos niveles de intensidad de ataque. Este comportamiento se le atribuyó a la menor frecuencia de los frentes fríos y su menor efecto por estar Horquita más al centro y al sur del país con respecto a la provincia de la Habana, donde este método demostró más posibilidades. Fernández (1998), en la validación de un método de pronóstico objetivo de variables meteorológicas a corto plazo denominado Prometeo elaborado en Cienfuegos y aplicable a todo el país, encontró errores significativos

en la parte más occidental de la Isla, debido a la mayor afectación por los sistemas frontales (frentes fríos).

Harrison *et al.*, (1965) señalan la conveniencia de usar trampas cazaesporas para determinar la infección secundaria y orientar los tratamientos químicos. Padrón y Arzuaga (1982) y Zachmann (1982) también recomiendan la utilización de cazaesporas para la captura de conidios de ***A. solani*** en papa, pero no precisan sobre la toma de decisiones para hacer los tratamientos químicos en función de la dinámica de los conidios. Estudios realizados por Pico *et al.*, (1987) en la provincia de Camagüey, corroboraron la utilidad de las trampas cazaesporas en las condiciones de Cuba.

Los métodos de modelación han sido utilizados en las investigaciones sobre el tizón temprano. Johnson y Teng (1990) modelaron el progreso del tizón temprano acoplado a un modelo de crecimiento dinámico referido a la materia seca en hojas, tallos, raíces y tubérculos. El modelo de la enfermedad fue modificado por la función logística, mientras que por otra parte, Shtienberg *et al.*, (1990) modelaron también las pérdidas de cosecha en función del área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad. El modelo se aplicó a 124 epidemias y en el 80% de los casos las desviaciones fueron menores del 5% para los valores estimados con respecto a los reales.

Shtienberg y Fry (1990), mediante un programa de computación, simularon la enfermedad y la evaluaron en experimentos de campo y comprobaron la posibilidad de reducir el número de tratamientos contra el tizón temprano por ambos métodos, mientras que Shtienberg *et al.*, (1994) determinaron por métodos de simulación, que la incorporación de variedades resistentes de papa permitía alargar los ciclos de tratamiento de siete a 14 días para el control del tizón temprano.

Anderson y May (1986) han recomendado modelos matemáticos para datos binomiales que se utilizan en las enfermedades infecciosas del hombre para modelar enfermedades infecciosas de comunidades de animales y plantas. Estos

métodos estiman la dispersión de las epidemias en el tiempo, teniendo en cuenta las múltiples variables que las afectan, a las cuales se les hacen transformaciones llamadas logísticas, utilizando diferentes funciones matemáticas no lineales. Recientemente se ha propuesto una metodología de regionalización de las plagas, que incluye la modelación matemática de epidemias de las plantas con métodos para datos binomiales (Cortiñas, 1999). Este investigador recomienda el método para epidemias que se desarrollan con estrecha dependencia de la edad de las plantas, lo que abre nuevas perspectivas para el pronóstico de plagas agrícolas.

Los modelos permiten conocer la probabilidad de encontrar plantas enfermas en el campo de forma dinámica, en dependencia de la edad de la planta y las condiciones climáticas de humedad relativa y temperatura concurrentes, y por consiguiente, inferir la intensidad de ataque, variable estrechamente relacionada con la distribución Castellanos (2002).

## **2.7. Medidas de lucha**

### **2.7.1. Estrategia varietal**

Techner (1954) señaló que *Alternaria solani* Sor. está compuesto por varios biotipos que presentan diferente agresividad. Kvasniuk (1985) obtuvo aislamientos monoconidiales en el cultivo de la papa en tres regiones geográficas de la antigua URSS, y observó diferencias de la capacidad esporulativa, no sólo entre las distintas zonas, sino dentro de la misma variedad y región. Arzuaga (1982) encontró variabilidad en la patogenicidad de diferentes aislamientos del hongo obtenidos en distintas regiones de Cuba.

Durante varios años, Douglas y Pavek (1972) en Idaho, E.U.A. hicieron estudios con un gran número de cultivares de varias zonas del mundo y numerosos clones para el mejoramiento contra el tizón temprano. Con respecto a la susceptibilidad en condiciones de campo, hallaron que había amplias diferencias. Los altos niveles de susceptibilidad fueron asociados con la madurez temprana de los clones, con lo que también coincide Abdel-Rahman (1977). Thurston y Plaisted (1985) informaron al cultivar Elba de maduración tardía como resistente a **A.**

***solani*** en Perú, mientras que Johanson y Thurston (1990) señalaron que la precocidad es una característica que está estrechamente relacionada con la susceptibilidad al tizón temprano; o sea, que los cultivares de ciclo corto o maduración temprana son los más susceptibles. Shtienberg *et al.*, (1994b) indicaron que la incorporación de cultivares resistentes permitió la reducción de la cantidad de fungicidas requeridos para suprimir los efectos de la enfermedad y en este sentido es necesario profundizar también en Cuba.

Arzuaga (1982) evaluó 84 cultivares de papa durante tres campañas en condiciones naturales y observó diferencias altamente significativas entre las mismas, en cuanto a la severidad de ataque del tizón temprano. De acuerdo a la susceptibilidad y resistencia de los cultivares los clasificó en cuatro grupos: dos de ellos donde la enfermedad se desarrolla violentamente, de forma tardía, como en Chieftain, y temprana, como en Red Pontiac y Arka, y otros dos donde la enfermedad se desarrolla tardía y lentamente, como en Baraka, y temprana y lentamente como en Cardinal y Désirée. A pesar de estos resultados se puede seguir avanzando en la búsqueda de cultivares resistentes, ya que Estévez *et al.*, (1993) informaron la existencia de 16 especies silvestres de papa con resistencia a ***Alternaria solani*** Sor., lo que indica que existen en Cuba reservas genéticas para un programa de mejoramiento contra esta enfermedad.

Mayea y Hernández (1983) no encontraron resistencia apreciable al tizón temprano, aunque describieron dos formas típicas de desarrollo de las epifitotias en los diferentes cultivares, una para los más susceptibles, como en Red Pontiac, y otra para los más resistentes, como en Désirée, señalando las características más importantes de los que se plantan comercialmente en Cuba.

En los programas de selección y mejoramiento de la papa a varias enfermedades y entre ellas el tizón temprano causado por ***A. solani***, se están usando filtrados de cultivos o toxinas del hongo, lo que permite evaluar precozmente los clones; técnicas que han sido propuestas para esta enfermedad por Ortiz (1989); Hernández *et al.*, (1991); Dita *et al.*, (1995). Para condiciones de campo Boiteux *et*

*al.*, (1995) señalan la utilidad del área bajo la curva de progreso de la enfermedad como criterio para medir la resistencia de los cultivares de papa al tizón temprano.

### **2.7.2. Otras medidas de lucha**

Dorozhkin e Ivaniuk (1979) comprobaron que el complejo de medidas (destrucción de las fuentes de infección, los brotes preplantación de los tubérculos, la fecha de siembra óptima y dosis correcta de nutrientes) deprimía la actividad del agente causal del tizón temprano, mientras Zachman (1982) señala que además de lucha química y el uso de una buena estrategia varietal utilizando la fecha óptima de siembra, se hace necesario encaminar un mínimo de medidas agrotécnicas y culturales relacionadas con la preparación de los suelos, buena agrotecnia, eliminación de hospedantes silvestres, así como un manejo adecuado en la semilla. Para la reducción del inóculo recomienda la rotación de cultivo y la eliminación de restos de cosecha.

Skeen (1984) observó menores niveles de la enfermedad en los campos donde se hizo laboreo mínimo con énfasis en la preparación superficial. Por otra parte, Weisz *et al.*, (1994) comprobaron que la enfermedad disminuía en los campos de papa, cuando aumentaba la proporción de áreas en rotación con otros cultivos no susceptibles.

En los últimos años un gran auge ha tomado el uso de programas de manejo integrado para las enfermedades en los diferentes cultivos y se han establecido los principios y acciones a tener en cuenta para los diferentes grupos de microorganismos patógenos (Andrews y Quezada, 1989; IAC, 1993, Raterink *et al.*, 1994; Van de Fliert, 1994).

En los informes del CIP (1989; 1990) se hace énfasis en la necesidad de lograr un enfoque integral en la lucha contra el tizón temprano en papa, pero en publicaciones posteriores no aparecen propuestas ni resultados de manejos integrados para esta enfermedad, como los relacionados con el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) (Mackay, 1996) con la polilla (*Pthorimoaea*

*operculella*) (CIP, 1996; CIP, 1997 ; Moawad *et al.*, 1997) o con el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) (Gallegos y Asaquibay, 1997).

En Cuba se han propuesto diferentes medidas agrotécnicas y de uso de variedades y estrategias de lucha química sobre la base de la señalización para el tizón temprano de la papa, pero un sistema de manejo integrado de la enfermedad científicamente fundamentado sería una propuesta nueva para el país. Actualmente se trabaja en un proyecto ramal de investigación sobre manejo integrado de plagas en papa auspiciado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y el Programa Regional de Cooperación para el Desarrollo de la Papa (PRECODEPA) que incluye también al tizón temprano y al cual tributan los resultados de la provincia de Cienfuegos (PRECODEPA, 1997).

## **2.8. Factores climáticos de la zona de Horquita, municipio Abreus, provincia Cienfuegos.**

### **2.8.1 Temperaturas**

En la zona las temperaturas son generalmente altas, siendo el valor medio anual de 24.4°C. La temperatura del aire alcanza su máximo anual en los meses de julio y agosto, mientras que el mínimo ocurre en enero y febrero. En el período comprendido entre noviembre hasta abril se reportan las mayores variaciones de temperatura media con máximos en enero y diciembre; mientras que en los meses más cálidos estas variaciones son menores. La mayor variación de la temperatura media mensual ocurre en los meses de transición de marzo-mayo y de octubre-diciembre. En esos meses la temperatura varía de mes en mes de 1- 2 °C, Barcia *et al.* 2009.

La temperatura mínima media del aire tiene un comportamiento similar al de la temperatura media, presentándose los mínimos en los meses de enero y febrero, mientras que los máximos se presentan en julio y agosto. La duración del período con temperaturas mínimas por debajo de los 20 °C se presentan como regla entre la segunda quincena de noviembre y mediados de abril. El período con temperaturas máximas del aire por encima de los 30 °C abarca desde marzo hasta

noviembre. (Barcia *et al.* 2009)

La oscilación diaria de la temperatura varía notablemente de amplitud según la época del año y las condiciones locales, de tal manera que dicha amplitud debe ser considerada como uno de los índices climatológicos más significativos. Los meses que presentan una mayor oscilación térmica diaria son los de febrero, marzo y abril. Esta situación está debida fundamentalmente a que en estos meses las temperaturas en la madrugada son frescas, características de la segunda mitad del período invernal y que en ocasiones están por debajo de los 20 °C en contraste con tardes poco nubladas que unido a la gran insolación, variable meteorológica que en estos meses también alcanza su máximo anual, hace que las temperaturas máximas contrasten de forma notable con las mínimas registradas al final de la madrugada. (Barcia *et al.* 2009)

El año 2010 fue un año de grandes contrastes térmicos en la provincia Cienfuegos, pues se rompieron los récords de temperaturas máximas y mínimas absolutas. En los meses de mayo y junio los valores medios de la temperatura superaron significativamente los valores históricos, con anomalías positivas superiores a 1°C, el resto de los meses del período lluvioso presentó temperaturas medias similares a lo normal. En los meses invernales las temperaturas disminuyeron notablemente con respecto a la norma, disminución que fue más acentuada en el mes de diciembre, cuando se presentaron anomalías negativas superiores a los 3°C. En este año, la provincia se vio afectada por 23 FF, superando así la media anual que es de 18 FF. Durante el mes de enero de 2010 la provincia fue afectada por solo cuatro Frentes Fríos (FF), valor que iguala la media histórica. Sin embargo en los dos meses posteriores la afectación de sistemas frontales fue mayor, seis en Febrero y 5 en Marzo, superando en ambos casos la media histórica. Boletín Climático Anual (2010)

### **2.8.2 Humedad Relativa**

La zona de Horquita se caracteriza por presentar valores medios anuales de Humedad Relativa entre el 77 % y 78 %. Esta variable presenta una marcha anual

que se corresponde con la distribución estacional de las precipitaciones; los mayores valores tienen lugar en los meses de septiembre y octubre, últimos meses del período lluvioso y los mínimos se presentan en los meses de marzo y abril finalizando el período poco lluvioso del año. Los mínimos diarios de la humedad relativa tienen lugar al mediodía, mientras que los valores más elevados se registran al final de la madrugada, entre las 4.00 y 7.00 am los que superan como promedio el 90 %. (Barcia *et al.* 2009)

### **2.8.3 Precipitaciones**

La precipitación en Cuba es el elemento climático de mayor variación espacio-temporal; de acuerdo con su comportamiento anual se definen dos temporadas: la lluviosa (mayo-octubre) donde cae aproximadamente el 80 de la precipitación anual y la poco lluviosa (noviembre-abril), Trusov *et al.* (1983).

En la zona de estudio, el régimen de las precipitaciones posee un comportamiento similar al que tiene esta variable en el resto del territorio cubano. El valor medio de la serie anual de precipitaciones de la provincia en Horquita en el período 1967-2006 (40 años), es de 1253 mm. Los meses de noviembre hasta abril presentan una mayor variabilidad (> 60 %) que el resto del año cuando las precipitaciones en la provincia adquieren un carácter más estable. En el comportamiento mensual de las precipitaciones en la provincia Cienfuegos, se observan dos períodos bien definidos, uno de mayo a octubre conocido como el Período Lluvioso donde cae aproximadamente el 80 % de la precipitación anual y el otro de noviembre a abril conocido como Período poco Lluvioso o Período Seco.

Las lluvias en el mes de enero están asociadas fundamentalmente al paso de sistemas frontales con bandas prefrontales activas que afectan con mayor frecuencia las provincias más occidentales del país. Este mes es el de mayor frecuencia de afectación de frentes fríos a la provincia Cienfuegos, según Barcia, *et al.* 2007. Las precipitaciones en el mes de febrero tienen un comportamiento similar al mes que le precede, pues por lo general estas son generadas por los mismos sistemas que caracterizan el período invernal en el país. Marzo es el

quinto mes del período poco lluvioso y las precipitaciones en este mes dependen fundamentalmente de los sistemas frontales que afectan al país, los que poseen una frecuencia de afectación inferior que la del mes anterior. En este mes también se produce la mayor influencia del evento ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), haciéndolo más lluvioso y tormentoso en los años en que este se presenta. (Barcia *et al.* 2009)

En el año 2010 en las estaciones meteorológicas de la provincia se rompieron los récords de lluvia máxima en 24 horas para un mes de febrero, que databan en Cienfuegos del 20 de febrero de 1985 y en Aguada del 26 de febrero de 1986 con 87 y 68.4 mm respectivamente. El acumulado diario de precipitaciones en la provincia fue de 110 mm lo cual representó el 76.7 % del acumulado mensual. Boletín Climático Anual (2010)

## **2.9 Situaciones Sinópticas**

El término “sin óptica” se refiere, obviamente, a algo que ha sido determinado o establecido sin la realización de una observación visual, y de esta manera se identificó inicialmente a la parte instrumental de las observaciones meteorológicas, pues en los tiempos iniciales de la meteorología: sólo unos pocos elementos del estado del tiempo eran medidos con ayuda de instrumentos (barómetros, termómetros, pluviómetros y otros), mientras que la mayoría de los elementos se determinaban de forma visual (la cantidad del cielo cubierto por nubes y sus tipos, el estado del tiempo, los fenómenos atmosféricos, la visibilidad horizontal, entre otros).

Por extensión, cuando se comenzaron a elaborar los primeros mapas del tiempo basados en las lecturas normalizadas de la presión atmosférica reducida al nivel medio del mar, medida de manera simultánea en puntos de observación distribuidos por un amplio territorio, se les llamó indistintamente como “mapas del tiempo o mapas sinópticos” y esa denominación es hoy aplicable a muchas actividades asociadas al diagnóstico y pronóstico de las condiciones del estado del tiempo.

La configuración de las isobaras (las líneas que unen los puntos de igual presión atmosférica en el mapa del tiempo) permite identificar las masas de aire, ciclones, vaguadas y demás procesos meteorológicos que están presentes en una zona geográfica dada en un momento específico. Ya que las observaciones meteorológicas se hacen cada 3 horas, pues en la práctica se pueden hacer hasta 8 mapas sinópticos diarios, y es precisamente el cambio de los patrones isobáricos lo que permite analizar y conocer cómo están cambiando las condiciones del tiempo en dicha región.

### **2.10 Patrones Sinópticos**

Los procesos atmosféricos que influyen sobre una región en particular presentan una constante variación en el tiempo. No obstante, existen situaciones sinópticas que experimentan una pobre variación espacial y temporal, como por ejemplo cuando existe el predominio en superficie del sistema anticiclónico subtropical del Atlántico Norte en los meses de verano. En situaciones sinópticas que presentan marcada persistencia y estabilidad el tiempo se comporta sin grandes cambios y la variación local de la mayoría de los elementos meteorológicos en gran medida es debida a las fluctuaciones del calentamiento superficial, como consecuencia de la sucesión de los días y las noches.

### **3. Materiales y Métodos**

Se desarrolla una investigación de tipo no experimental para un período de seis campañas (2006-2007 hasta 2010-2011) del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en la Empresa Agropecuaria Horquita.

Las variables meteorológicas históricas que caracterizan la zona de Horquita en el período de noviembre-marzo fueron determinadas a partir de la información histórica de la estación meteorológica de Aguada de Pasajeros en el período 1977-2006 referidas en la Guía Climática de Cienfuegos (Barcia *et al.* 2009).

Los datos para la evaluación de cada uno de los aspectos que a continuación se relacionan, fueron tomados de la información recopilada en los informes de campañas anuales realizados por la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Yaguaramas.

Para realizar este trabajo se tuvo en cuenta la información recogida en los informes de campaña, en los Registros Territoriales Históricos, así como los datos de los muestreos semanales realizados en campos estacionarios y de recorridos de itinerario en Empresa Agropecuaria Horquitas.

#### **3.1 Caracterización de la incidencia de *Alternaria Solani* Sor. en papa durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.**

Para la evaluación de este aspecto se recogió la siguiente información por campaña del cultivo:

- Primera observación u ocurrencia del agente patógeno y las condiciones meteorológicas concurrentes.
- Porcentaje de área con presencia de la enfermedad.
- Distribución e intensidad ponderada de la enfermedad causada en cada campo o cuadrante y cultivar.
- Distribución e intensidad por época de plantación.

- Incidencia de la enfermedad en relación a la edad de plantación de cada campo o cuadrante de la máquina de pivote central (Kubans).

Para determinar la distribución de la enfermedad se evaluó el momento de la máxima incidencia de la enfermedad (60-70 días de plantado el cultivo) 100 plantas por campo o cuadrante de la máquina de riego de pivote central de forma diagonal, determinando esta variable por la siguiente fórmula:

---

La intensidad de la enfermedad de cada campo o cuadrante se determinó asignándole a cada una de las 100 plantas evaluadas un grado según la escala de seis grados (0-5) establecida (INISAV, 1979).

A partir de esa información se aplicó la fórmula de Townsend y Heinkeiquer para determinar el porcentaje de intensidad en cada campo (CIBA GEIGY, 1981).

---

Donde:

a: Grado determinado de la escala.

b: Números de plantas con ese grado.

N: Número de plantas evaluadas.

5: Grado mayor de la escala.

A partir de la distribución e intensidad de cada enfermedad por campo o cuadrante se determinó la distribución e intensidad ponderada por área, cultivares y unidades productivas (Granja, Unidad Básica Producción Cooperativa, etc.) hasta obtener la distribución e intensidad ponderada para la empresa por campaña, para lo cual se empleó la siguiente fórmula (CNSV, 1978):

---

---

Donde:

Di: Distribución (%) del campo.

Ii: Intensidad (%) del campo.

Ai: Área en hectárea del campo.

Se consideró como unidades productivas a las Unidad Básica Producción Cooperativa, Granjas, CCS o CPA; máquina de riego de pivote central a las Kubans (construida en URSS) y Bayama (ensamblada en Cuba, Bayamo; construida en España); la unidad básica muestreo es campo, sinónimo de cuadrante (cuarta parte del área bajo las máquina de riego de pivote central).

Se tuvo en cuenta que la enfermedad se encontró en nivel ligero cuando tenía valor hasta 5 % de intensidad; medio con valores entre 6-20 %e intenso cuando fue mayor de 20 % (CNSV, 1978).

Para el estudio de la edad más susceptible y épocas de plantación más propicia para la aparición del patógeno, se tuvo en consideración que el período vegetativo de la papa en Cuba según Quintero (1978) se divide en cuatro períodos principales. El primero considerado desde la plantación hasta la brotación máxima (19 días); el segundo, entre la brotación máxima y el comienzo de la tuberización (9 días); el tercero, desde el comienzo de la tuberización hasta el desarrollo máximo del follaje (26 días), y el cuarto desde el desarrollo máximo hasta la cosecha (a partir de 55 días). En Cuba las épocas de plantación establecidas en la papa son tres: temprana (del 15 de octubre al 15 de noviembre), intermedia (del 16 noviembre al 15 de diciembre) y tardía después del 15 de diciembre (Gómez y Suárez, 2001).

La información de fecha de incidencia de la enfermedad de acuerdo a la edad del cultivo y época de plantación se empleó para relacionar estas variables y hacer comparaciones entre las fechas de plantación y los períodos vegetativos de la

papa.

### **3.2 Determinación de la relación entre la incidencia de *Alternaria Solani* Sor.en papa y el comportamiento de las principales variables meteorológicas durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.**

Para determinar la relación entre la incidencia de la *Alternaria Solani* Sor. y el comportamiento de las principales variables meteorológicas se utilizaron las siguientes datos climáticos en el período de 2006-2012 en los meses de noviembre a marzo.

#### Variables meteorológicas:

- Temperatura media diaria (°C)
- Temperatura máxima diaria (°C)
- Temperatura mínima diaria (°C)
- Humedad relativa media diaria (%)
- Humedad relativa máxima diaria (%)
- Humedad relativa mínima diaria (%)
- Oscilación Térmica Diaria (°C)
- Precipitación diaria (mm)

Los datos meteorológicos se corresponden con la Estación Meteorológica de Aguada de Pasajeros y en el caso de la precipitación se utilizaron los datos del pluviómetro ubicado en la localidad de Horquita perteneciente a la Red Informativa del Instituto de Recursos Hidráulicos en Cienfuegos. (ver Anexo 1)

Con la información meteorológica obtenida (temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa media, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima y precipitaciones) y las variables biológicas (distribución e intensidad) del tizón temprano se realizó una dinámica de la enfermedad en función de la fenología del cultivo en semanas desde el momento de plantación (Fenoclimatograma) para cada una de las seis campañas estudiadas.

Luego los datos se promediaron cada 7 y 14 días antes de cada muestreo y en cada uno de esos períodos se determinaron las nuevas variables meteorológicas:

los valores promedios de la temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima; oscilación de temperatura y humedad relativa diaria, así como del total de lluvia y días con lluvia. Para esos períodos se obtuvo también la frecuencia de días con temperatura mínima mayor de 18°C, media mayor de 22°C, máxima mayor de 27°C, humedad relativa mínima mayor de 60%, media mayor de 84% y máxima mayor de 90 y 95%.

Se realizaron análisis de correlación de las variables dependientes (intensidad y distribución) con la información de edad del cultivo y las variables meteorológicas. Para ello se empleó el paquete estadístico SPSS para Windows Versión 17.

### **3.3 Identificación de los patrones sinópticos asociados a la aparición de *Alternaria Solani* Sor. en el cultivo de la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita.**

Para determinar las condiciones meteorológicas de mayor asociación con la aparición de la *Alternaria Solani* Sor., se utilizaron las fechas de la primera observación u ocurrencia del agente patógeno en las seis campañas que se estudiaron (2006-2007 hasta 2011-2012) y se relacionaron con las situaciones sinópticas presentadas en los cinco días antes de la aparición de la enfermedad.

Las situaciones sinópticas estuvieron caracterizadas por la distribución de la presión atmosférica en el nivel de superficie, la altura geopotencial en los niveles de 500 hpa y 200 hpa representando los niveles medios y altos de la atmósfera respectivamente. Esta información se obtuvo de la base de datos de la División de Ciencias Físicas de la NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration* la cual pudo ser obtenida en el sitio web: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>. La ventana de trabajo que se utilizó fue (80-110° LN y 5-45° LW) (Anexo 2).

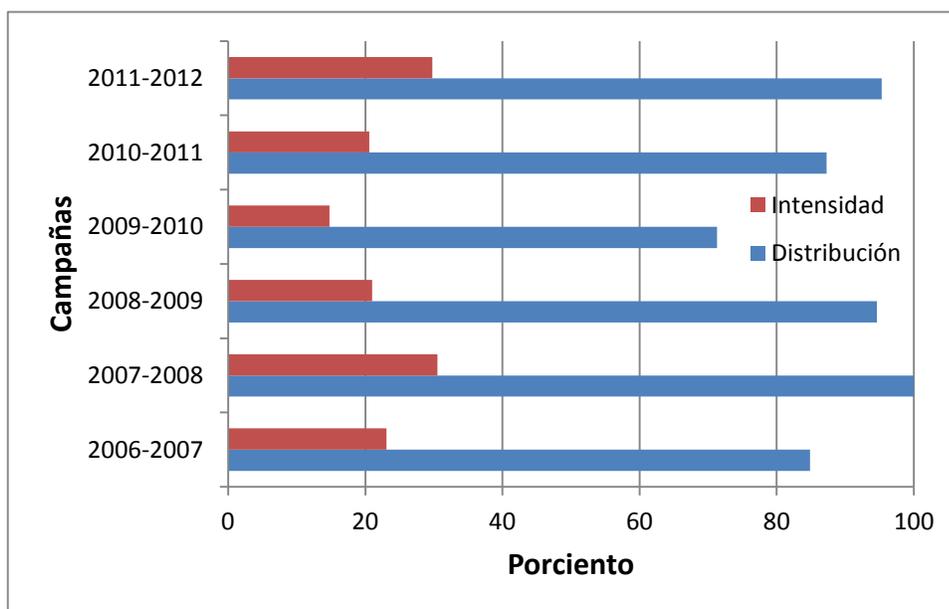
También se contó con la base de datos de Frentes Fríos que afectaron la provincia Cienfuegos en las seis campañas estudiadas la cual fue utilizada para sustentar los análisis de las situaciones sinópticas asociadas a la aparición de la enfermedad.

Una vez determinadas las situaciones sinópticas asociadas a la aparición del Tizón Temprano se procedió a realizar una clasificación sinóptica para determinar así los patrones de la circulación atmosférica más frecuentes de forma tal que puedan ser utilizados en la Alerta Temprana de esta enfermedad.

#### 4. Análisis y discusión de los resultados

##### 4.1 Caracterización de la incidencia de *Alternaria solani* Sor. en papa durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.

La enfermedad estuvo presente en todas las campañas estudiadas en la empresa Agropecuaria Horquita, lo que representa el 100 % de ocurrencia y de área afectadas, con diferentes niveles de distribución e intensidad (Figura 1).



**Figura 1.** Niveles de incidencia (distribución e intensidad) de la enfermedad.

En el período estudiado la campaña 2007-2008 fue la que presentó la mayor área afectada por el tizón temprano de la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita. De forma general en todas las campañas analizadas se presentó más de un 80 % de áreas afectadas, con excepción del período 2009-2010 en el que solamente hubo un 71 % de afectación. Figura 1. Esta situación estuvo influenciada por las bajas temperaturas registradas en el trimestre de mayor incidencia de esta enfermedad (enero-marzo del 2010), como se verá más adelante.

Los niveles relativamente más altos de distribución e intensidad alcanzados por la enfermedad ocurrieron en la campaña 2007- 2008 donde los valores fueron del 100 % y 30.5 % respectivamente. Estos niveles relativamente más elevados están

atribuidos en gran medida al gran espaciamiento en las fechas de siembras de los diferentes campos (49 días) de esta manera las plantaciones en esa campaña no fueron de la misma edad fisiológica y esto es un factor negativo porque puede haber permitido que las plantaciones más viejas infestaran aquellas más jóvenes de forma temprana y los daños por la enfermedad fueran de mayor cuantía.

Es por ello que hay que tomar todas las medidas tendientes a disminuir el potencial de inóculo, como una buena planificación de la siembra para evitar plantaciones de papa de edades más avanzadas, los que pudieran acelerar el incremento de la enfermedad en campos vecinos más jóvenes, tal y como plantea (2002). Skeen (1984) y González y Suárez (1985), demostraron también el efecto negativo de las plantaciones viejas colindantes con otras más jóvenes debido a la mayor intensidad de esporulación de las primeras, lo que reafirma la necesidad de tener en cuenta la planificación de las siembras en el manejo de la enfermedad.

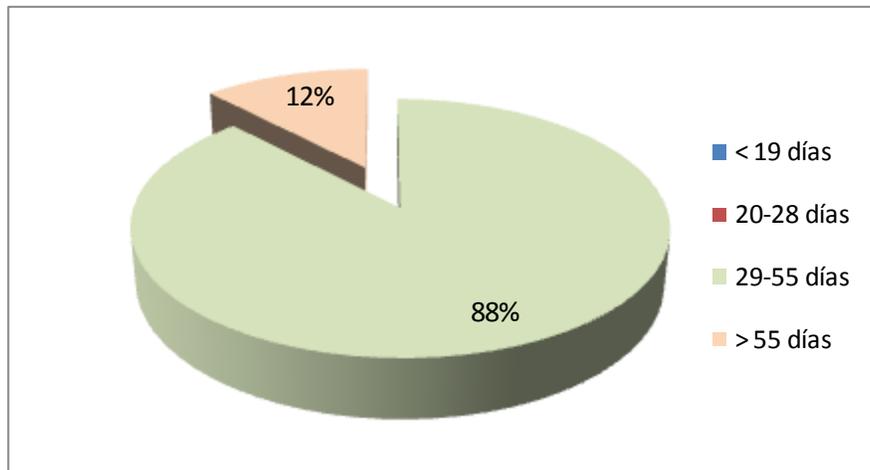
#### **Análisis de la edad más susceptible para la aparición de la enfermedad.**

En la mayoría de las campañas estudiadas la primera aparición se detectó en el mes de enero con excepción de la campaña 2009-2010 en que se detectó en el mes de diciembre debido a la temprana época de siembra (4/11/2009) con respecto a las demás campañas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Fecha de la 1ra observación del Tizón Temprano durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.

<b>Campañas</b>	<b>Fecha de la 1ra observación</b>	<b>Días después de la siembra</b>
2006-2007	04/01/2007	43
2007-2008	03/01/2008	42
2008-2009	08/01/2009	39
2009-2010	17/12/2009	43
2010-2011	20/01/2011	53
2011-2012	05/01/2012	41

En el primer período vegetativo de la papa (0-19 días) nunca fue detectada la enfermedad y en el segundo (20- 28 días) tampoco. En el tercer período (comienzo de la tuberización hasta el desarrollo máximo del follaje que se produce entre 29-55 días) es donde ocurre el mayor número de detecciones representando el 88 % y en el último período ocurren siete detecciones para 12 %, Figura 2.



**Figura 2.** Porcentaje de aparición *Alternaria solani* Sor. en las seis campañas de estudio.

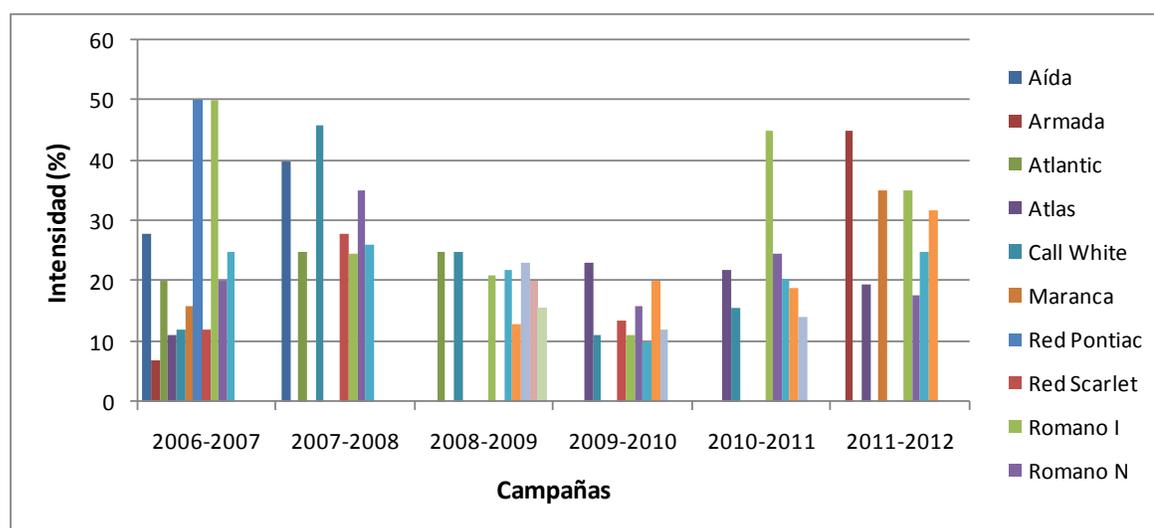
La enfermedad fue detectada después de los 29 días de plantado el cultivo coincidiendo con Mayea y Seidel (1994), quienes plantearon que estos pueden aparecer a partir de los 30 y 35 días de plantado el cultivo, y que existe resistencia antes de este momento, la cual disminuye después de los 60 días.

González y Suárez (1985) determinaron la aparición de los primeros síntomas entre los 25 y 60 días de plantado el cultivo, con un incremento notable a partir de los 60. En las seis campañas estudiadas solo el 12 % de los campos reportaron la aparición de la enfermedad con más de 55 días de plantado, donde la incidencia de la enfermedad en los campos fue tardía constituyendo un aspecto favorable en la fitosanidad del cultivo. Esto da la medida de cuán importante es un nivel de saneamiento adecuado, una buena cobertura de los tratamientos fungicidas al envejecer las plantas de papa, así como evitar todo lo que produzca estrés en las plantaciones para evitar que la enfermedad se presente tempranamente en las plantaciones y el desarrollo de la epidemia sea menor.

Castellanos (2002) en trabajos realizados da a conocer la necesidad de alargar, lo más posible, la aparición del tizón temprano en el cultivo, y evitar que el hongo desarrolle sus generaciones potenciales, así como tener en cuenta en el programa de manejo, las medidas preventivas que permitan disminuir el potencial de inóculo y las curativas que rompan los ciclos de la enfermedad.

### **Incidencia de *Alternaria solani* Sor. por variedades o cultivares**

El rango de variedades plantada en cada año fue variable manteniéndose de forma continua la variedad *Santana* y *Romano (importada)*. Estas variedades son moderadamente resistentes tal y como plantean Castellanos (2002), Salomón, J. L (2009). El empleo de variedades resistentes constituye uno de los métodos más seguros y económicos en la lucha contra las enfermedades y en particular contra el tizón temprano de la papa, Castellanos (2002).



**Figura 3.** Intensidad de *Alternaria solani* Sor. por variedades y campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.

En la campaña 2006-2007 se sembraron un mayor número de variedades (11) de papa con respecto a las demás. Las variedades *Red Pontiac* y *Romano (importada)* fueron las que presentaron las mayores intensidades de la enfermedad, Figura 3. El cultivar *Red Pontiac*, según Castellanos (2002) es de los

más susceptibles al Tizón Temprano, este solo fue plantado en esa campaña y presentó un 50 % de intensidad.

La variedad *Dessirée* (*importada*) en las seis campañas estudiadas fue plantada en una sola ocasión, en ese año se plantaron ocho cultivares (*Rouge, Santana, Atlantic, Call White, Chieftain, Romano* (*nacional e importada*), *Ajiba* y *Desirée*) siendo las dos últimas las de mayor resistencia a la enfermedad. Este resultado coincide con Castellanos (2002) que ubica a *Désirée* entre los cultivares moderadamente resistentes a esta enfermedad.

#### **4.2 Determinación de la relación entre la incidencia de *Alternaria solani* Sor. en papa y el comportamiento de las principales variables meteorológicas durante seis campañas en la Empresa Agropecuaria Horquita.**

Al analizar las condiciones meteorológicas en que se desarrollaron las plantaciones de papa en cada campaña (Tabla 2), en los seis años estudiados en los meses de enero solo se reportaron precipitaciones en la campaña 2009-2010 y 2010-2011, en la última el valor fue superior a la norma. En febrero se reportaron en las campañas (2006-2007, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012) y en el mes de marzo en todas las campañas.

Las tres últimas campañas estudiadas (2009-2010, 2010-2011, 2011-2012) fueron las más lluviosas y la de más días con precipitaciones. La de mayor acumulado fue la 2009-2010, en la misma se registraron precipitaciones en los meses desde diciembre hasta marzo, aunque solo en el mes de febrero se sobrepasó la media histórica, Tabla 2.

El comportamiento de las temperaturas en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo en la mayor parte de las campañas estudiadas fue mayor de lo normal. Como se puede observar las desviaciones de la temperatura media tuvieron valores que llegaron a ser mayores a 1°C en varias ocasiones. Solo en las temporadas 2009-2010 y 2010-2011 las temperaturas presentaron anomalías negativas con respecto a los valores históricos.

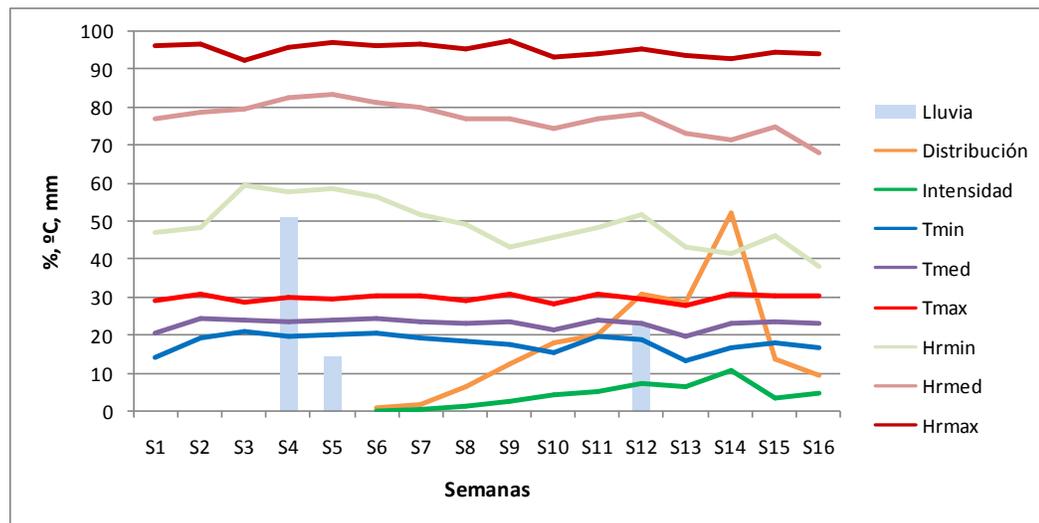
Los valores de la humedad relativa media en los meses de enero y marzo predominaron ligeramente inferiores a los valores históricos en todas las campañas, mientras que los meses de febrero presentaron desviaciones positivas con excepción del año 2011.

**Tabla 2.** Desviación respecto a la media histórica de las variables meteorológicas en la Empresa Agropecuaria Horquita. (rojo: desviaciones positivas, azul: desviaciones negativas)

<b>Campañas</b>	<b>Variabes</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
2006-2007	Temperatura media °C	+2	+2.2	+0.8	+0.6
	Humedad relativa media (%)	+1	0	+1	-2
	Lluvia (mm)	+28.6	-38.7	-12.3	-22.8
	Días con lluvia	-1	-3	-1	-2
2007-2008	Temperatura media °C	+0.7	+0.7	+1.5	+0.9
	Humedad relativa media (%)	-2	-2	0	+1
	Lluvia (mm)	-22.8	-38.7	-34.1	+2.3
	Días con lluvia	-1	-3	-1	0
2008-2009	Temperatura media °C	-	-	-	-
	Humedad relativa media (%)	-	-	-	-
	Lluvia (mm)	-5.4	-38.7	-26.3	-30.8
	Días con lluvia	-1	-3	-1	-1
2009-2010	Temperatura media °C	+1.2	-1.2	-1.8	-2.2
	Humedad relativa media (%)	0	-1	+1	-2
	Lluvia (mm)	-5.9	-31.7	+228.0	-23.8
	Días con lluvia	-2	-2	+2	-1
2010-2011	Temperatura media °C	-4.8	-0.2	+0.3	-0.5
	Humedad relativa media (%)	-2	+1	-2	-2
	Lluvia (mm)	-14.4	+33.3	-35.3	-17.8
	Días con lluvia	0	-1	-2	-1
2011-2012	Temperatura media °C	+0.1	+0.1	+1.2	+0.9
	Humedad relativa media (%)	+1	-3	0	-1
	Lluvia (mm)	-34.7	-38.7	+3.7	+46.2

	Días con lluvia	-1	-3	+1	+2
--	-----------------	----	----	----	----

Al analizar la situación específica por campaña, en la 2006-2007 la enfermedad tuvo la primera aparición en la semana 6 (4 enero), antecediéndole en los 15 días anteriores dos días con lluvias con acumulados significativos para un mes de diciembre y valores de humedad relativa máxima superiores al 95 %. Las temperaturas máximas oscilaron entre los 28- 30 °C, mientras que las mínimas superaron los 18°C en las dos semanas que le antecedieron a la primera aparición, (Figura 4). Piña (1980), Castellanos y Pérez (1986) y Stevenson y Pennypacker (1988), señalan que los conidios del hongo germinan a todas las temperaturas entre 5 y 40 °C, y que es mayor entre 20 y 30 °C.

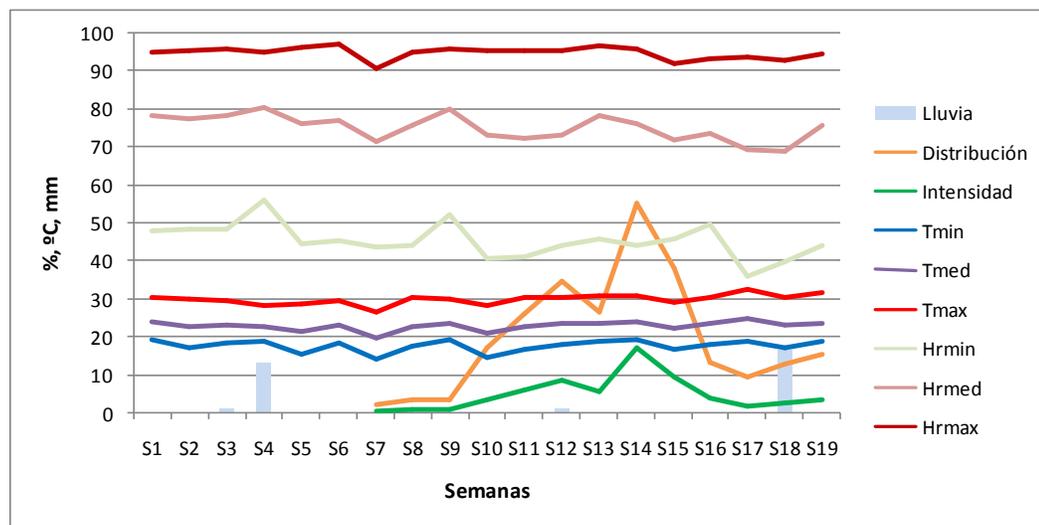


**Figura 4.** Dinámica del tizón temprano en campos de producción y el comportamiento de las variables meteorológicas (Temperatura, Humedad y Lluvia) (Campaña 2006 - 2007).

La Campaña 2007-2008 estuvo caracterizada por ser poco lluviosa por lo que la primera aparición de la enfermedad no estuvo antecedita por precipitaciones, las temperaturas máximas 15 días antes de la 1ra aparición oscilaron entre 26 -29°C y las mínimas entre (15 – 18°C). La humedad relativa media osciló (77-80%) y la máxima superior al 95% (Figura 5), coincidiendo esta última con Piña (1980) plantea que la humedad relativa para este proceso nunca debe estar por debajo

de 88%. Mayea y Padrón (1977) plantean que los conidios pueden germinar sin necesidad de agua libre, la cual puede ser sustituida por el rocío.

La incidencia del tizón temprano en esta campaña fue la de mayor distribución de las cinco estudiadas, la enfermedad tuvo su máximo desarrollo durante las semanas 13 y 16 correspondiente a la 2da quincena de febrero y 1ra de marzo donde se produjo un notable aumento de las temperaturas, Figura 5.

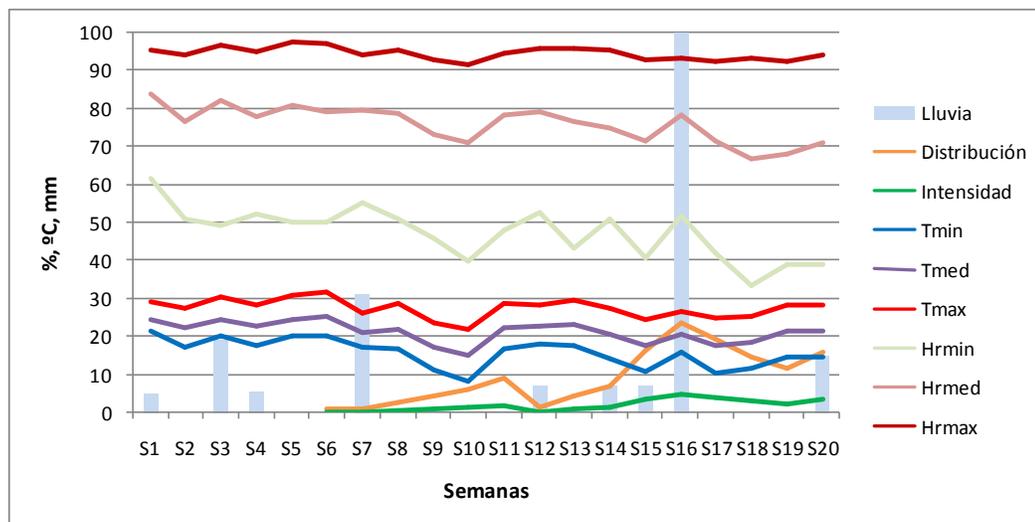


**Figura 5.** Dinámica del tizón temprano en campos de producción y el comportamiento de las variables meteorológicas (Temperatura, Humedad y Lluvia) (Campaña 2007 - 2008).

La campaña 2009-2010 fue la de menor incidencia del tizón tardío como ya se había expuesto anteriormente en este capítulo. La primera aparición también fue antecedida por precipitaciones y valores de humedad relativa media entre 78-81% y máximos por encima del 95%. Las temperaturas medias también mantuvieron valores elevados entre 23-25 °C con máximas entre 28-31 °C y mínimas entre 18-20 °C, (Figura 6).

Durante las primeras 6 semanas de haber aparecido la enfermedad esta se mantuvo con muy baja incidencia (menor a un 10 % de distribución y menor de un 2 % de intensidad) debido a la disminución acentuada de los valores de temperatura y de humedad asociado a la masa de aire frío, seco y estable que predominó sobre todo el país después de la entrada de los Sistema Frontales No. 9 y 10 de esa temporada invernal.

Esta campaña se caracterizó por presentar varios días con lluvia, los cuales fueron más frecuentes en el mes de Febrero coincidiendo con las semanas 13, 14, 15 y 16 cuando la enfermedad tuvo su máxima distribución e intensidad.



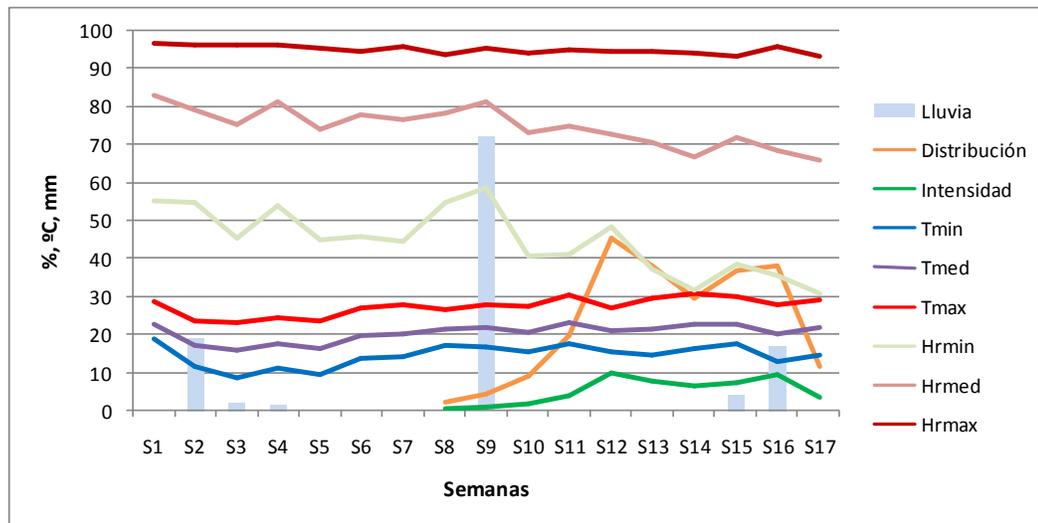
**Figura 6.** Dinámica del tizón temprano en campos de producción y el comportamiento de las variables meteorológicas (Temperatura, Humedad y Lluvia) (Campaña 2009 - 2010).

La primera aparición del Tizón Temprano en la campaña 2010-2011 en la Empresa Agropecuaria Horquita no estuvo antecedida por lluvias, estas solo se reportaron en la primera quincena de diciembre y los acumulados fueron poco significativos. Las primeras semanas de esta campaña estuvieron caracterizadas por el registro de temperaturas muy frías debido a la afectación de varios Frentes Fríos y la influencia de masas de aire de origen polar - ártico. En el mes de diciembre de 2010 se rompieron en el país varios récords de temperatura mínima absoluta y la provincia de Cienfuegos no fue la excepción.

La enfermedad presenta su primera aparición en la semana 8 de la campaña después de haberse experimentado un ascenso gradual de las temperaturas a partir de la semana 6 coincidente con comienzos del mes de enero. Los valores de humedad relativa se mantuvieron altos durante todo el período máximos diarios por encima del 95 %, Figura 7.

El desarrollo de la ***Alternaria solani* Sor.** fue el 3er valor más alto de intensidad y distribución junto a la campaña 2006-2007 y su relación fue notable con la

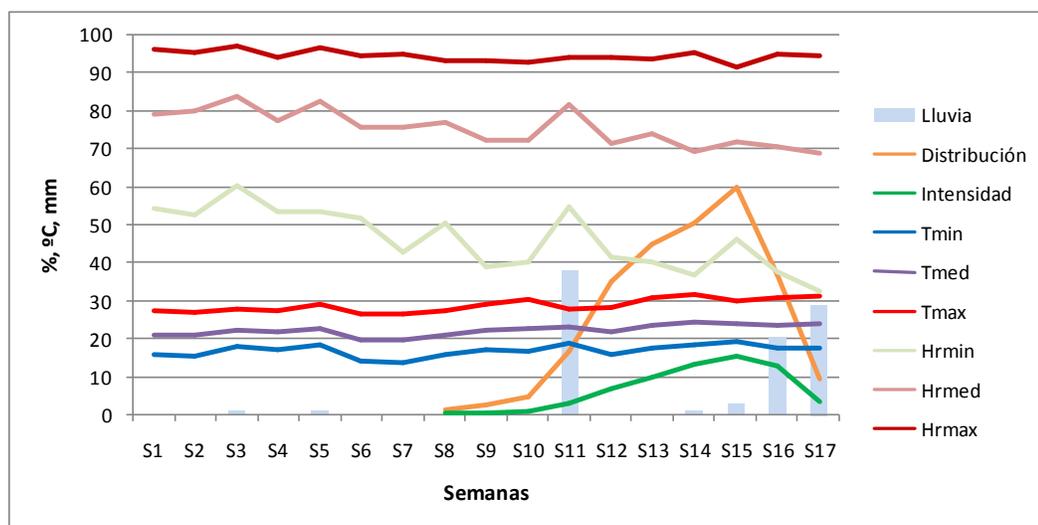
humedad relativa media y la oscilación diaria de la temperatura y la humedad relativa.



**Figura 7.** Dinámica del tizón temprano en campos de producción y el comportamiento de las variables meteorológicas (Temperatura, Humedad y Lluvia) (Campaña 2010 - 2011).

La campaña 2011 – 2012, ocupó el 2do lugar en cuanto a distribución e intensidad. La primera aparición en esta campaña estuvo asociada a un aumento en el comportamiento de la temperatura con relación a las dos semanas anteriores en las cuales esta variable sufrió una disminución a causa de la afectación del Frente Frío No. 10 de esa Temporada Invernal que provocó una disminución notable de la temperatura durante varios días en la provincia Cienfuegos.

El aumento de la distribución e intensidad del tizón temprano en esta campaña presentó una alta correlación con el comportamiento de la Temperatura Media, Temperatura Mínima y la frecuencia de días con temperaturas mínimas por encima de 18 °C.



**Figura 8.** Dinámica del tizón temprano en campos de producción y el comportamiento de las variables meteorológicas (Temperatura, Humedad y Lluvia) (Campaña 2011 - 2012).

El análisis de correlación lineal no arrojó siempre una alta correlación entre las variables dependientes (distribución e intensidad) con todas las variables independientes (variables climáticas y edad del cultivo en semanas). Los valores de coeficientes de correlación más altos respecto a las variables independientes fueron: la fenología del cultivo, humedad relativa media, humedad relativa mínima, oscilación diaria de la humedad y la temperatura máxima. Estos resultados son coincidentes con otros trabajos realizados por Castellanos (2002) y Díaz (2012) donde los valores de coeficientes de correlación más altos con las variables climáticas se obtuvieron para la temperatura máxima y la fenología del cultivo.

**Tabla 3.** Coeficiente de correlación variables biológicas (distribución e intensidad) en la semana del muestreo con las variables meteorológicas.

		Tmax	Hrmin	Hrmed	Hrmax	Oscilación Térmica	Oscilación Humedad Relativa	Frecuencia de días con Hr min >60%	Frecuencia de días con Hr med >84%	Frecuencia de días con Hr max >95%	Semana
Distribución	Pearson Correlación	,286**	-,463**	-,514**	-,305**	,324**	,423**	-,297**	-,292**	-,311**	,637**
	Sig. (2-tailed)	.007	.000	.000	.004	.002	.000	.005	.005	.003	.000
Intensidad	Pearson Correlación	,315**	-,454**	-,505**	-,271*	,305**	,421**	-,296**	-,297**	-,263*	,619**
	Sig. (2-tailed)	.003	.000	.000	.010	.004	.000	.005	.005	.013	.000

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Los valores de las correlaciones no fueron significativos para las variables climáticas cuando fueron procesados catorce días anteriores a cada muestreo, esto confirma el amplio rango de condiciones meteorológicas favorables para esta enfermedad para las condiciones climáticas de Cuba.

#### **4.3 Identificación de los patrones sinópticos asociados a la aparición de *Alternaria solani* Sor. en el cultivo de la papa en la Empresa Agropecuaria Horquita.**

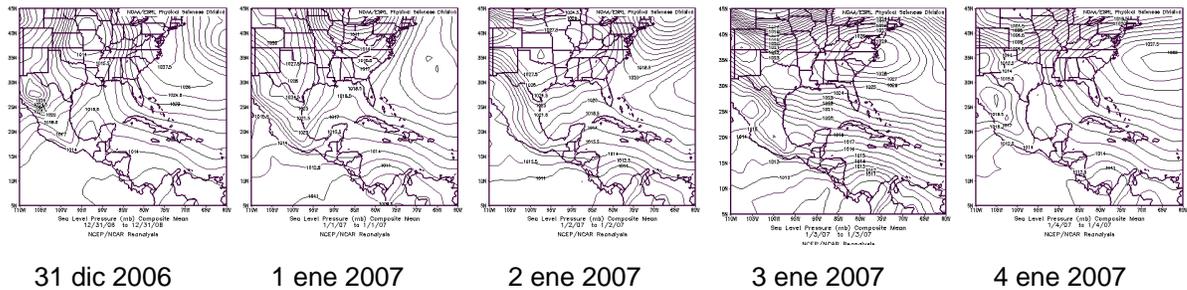
Desde el punto de vista climático enero-febrero es el bimestre más frío del año en Cuba. Los Procesos Sinópticos Objetivos obtenidos por Fernández y Díaz (2005) muestran la diversidad de sistemas sinópticos que influyen en esta época del año. Este bimestre se caracteriza por la fuerte penetración de la circulación de los Oestes en niveles medios, matizado por la existencia de ondas largas que descansan en su periferia sobre las inmediaciones del Mar Caribe y las zonas aledañas a Cuba. Los patrones de circulación de este período del año presentan semejanzas a los del bimestre noviembre-diciembre.

En este bimestre es frecuente la llegada a Cuba de frentes fríos procedentes del golfo de México, los cuales se desplazan generalmente a lo largo del país y traen consigo cambios de tiempo como la ocurrencia de precipitaciones, descenso de temperaturas y la influencia de vientos de región norte. Sin embargo los patrones frontales suelen presentar características diferentes en dependencia de la estructura de la onda polar que los acompaña y de la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

En la campaña 2006-2007 la primera aparición del Tizón Temprano el día 4 de enero de 2007 estuvo antecedido durante los días 1ro y 2 de enero por la retirada del anticiclón oceánico hacia el Atlántico occidental para dar paso a un frente frío que avanzaba por territorio de Canadá y los EEUU.

En la noche del 2 de enero y la madrugada del 3 el referido frente cruza por el norte del archipiélago cubano sin ninguna afectación y entretanto la masa

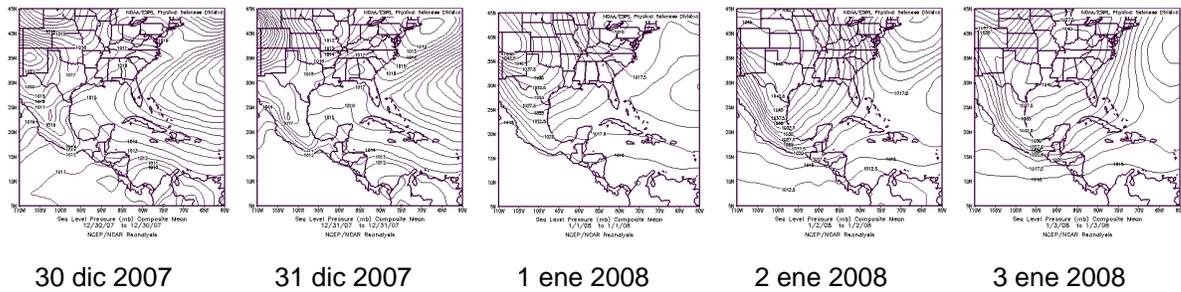
anticiclónica continental migratoria que le acompaña se impone a partir del mismo día 3 de enero. El centro de este sistema pasa con rapidez al Atlántico occidental, dominando el tiempo en el Sudeste de los Estados Unidos (EEUU), las Antillas y el mar Caribe, Figura 9.



**Figura 9.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 31 de diciembre de 2006 al 4 de enero de 2007, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

En la campaña papera 2007-2008 durante los días 30 y 31 de diciembre del 2007 sobre Cuba, el Sudeste de EEUU y el Caribe el anticiclón del Atlántico norte se encontraba la influencia del anticiclón oceánico, el cual se desplazaba al Nordeste para adentrarse en el océano Atlántico y permitir el avance de un frente frío y al anticiclón continental acompañante que se impuso sobre toda el área de cuba durante los días 2 y 3 de enero del 2008 cuando fue detectada la primera aparición de la **Alternaria solani Sor.** en la Empresa Agropecuaria Horquita.

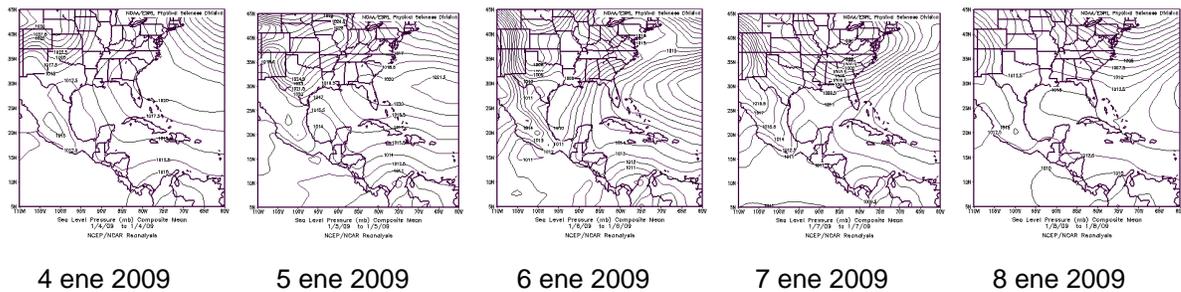
Durante los días 2 y 3 de enero de 2008 se produjo un descenso marcado de las temperaturas debido a la influencia del anticiclón de origen continental. A partir del día 4 de enero las temperaturas aumentan notablemente.



30 dic 2007      31 dic 2007      1 ene 2008      2 ene 2008      3 ene 2008

**Figura 10.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 30 de diciembre de 2007 al 3 de enero de 2008, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

En los primeros días de enero del 2009 se presenta sobre Cuba un patrón sinóptico muy parecido al primero descrito en el cual sobre el país y los mares adyacentes está dominando el tiempo una cuña de altas presiones de origen oceánica, la que llega hasta el golfo de México. En los días 5 y 6 este sistema se fortalece pero el 7 inicia un desplazamiento al Nordeste y a la vez se debilita, dando paso a un frente frío que no llega a Cuba pues la cuña de las altas presiones oceánicas, aunque debilitada no le permite penetrar el territorio nacional cubano.



4 ene 2009      5 ene 2009      6 ene 2009      7 ene 2009      8 ene 2009

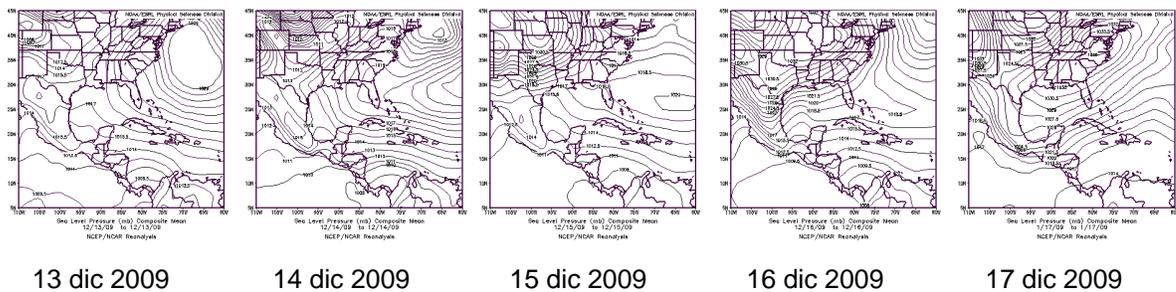
**Figura 11.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 4 al 8 de enero de 2009, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

En la campaña 2009-2010 fue la única en que el Tizón Temprano fue detectado en el mes de diciembre. El 13 de diciembre del 2009 en toda el área de Cuba dominó el tiempo un anticiclón que se debilita en los días 14 y 15 del propio mes, mientras transita al norte del archipiélago cubano un sistema frontal y la correspondiente imposición de la masa anticiclónica continental migratoria al final de la noche del

16 y el transcurso del 17, cuando es detectada por primera vez la enfermedad en Horquita.

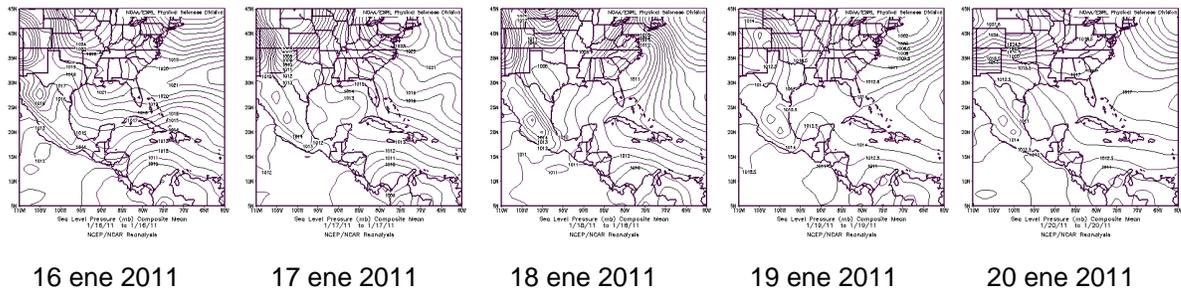
Al igual que en los casos de las campañas 2006-2007 y 2008-2009 este patrón estuvo caracterizado por la influencia de anticiclones continentales migratorios antecedidos de sistemas frontales que no afectaron el territorio nacional, por lo que no se produjo un cambio notable en el comportamiento de las temperaturas y la humedad relativa, manteniéndose estos con valores altos como se analizó en el epígrafe anterior.

Según Fernández y Díaz (2005) este patrón sinóptico es el segundo de mayor frecuencia (13 %) en el bimestre Enero-Febrero caracterizado por la retirada gradual al Este de un sistema anticiclónico en correspondencia con el avance de un frente frío en el sudeste del continente, cuya influencia no llega a Cuba.



**Figura 12.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 13 al 17 de diciembre de 2009, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

En la campaña 2010-2011 la de mayor tardanza en la aparición de la **Alternaria solani Sor.** en el cultivo de la papa en el período estudiado, ya que esta fue detectada el día 20 de enero de 2011 a los 53 días de plantado el cultivo. Durante los días 16 y 17 de enero del 2011 sobre Cuba, el Caribe y Centroamérica dominaban el estado del tiempo dos sistemas sinópticos. Uno era una amplia área de bajas presiones con su centro localizado en el golfo de Darién y el otro eran las altas presiones oceánicas. Este último sistema se fortaleció y predominó en el estado del tiempo en Cuba durante el día 18. Para debilitarse en los días 19 y 20 finalizando dicho plazo.

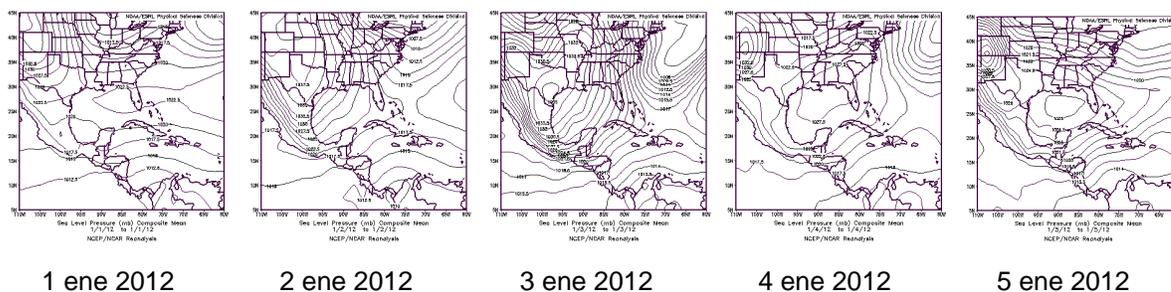


**Figura 13.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 16 al 20 de enero de 2011, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

El 1ro de enero del 2012 influyen sobre el área de Cuba débiles altas presiones oceánicas. Mientras que el 2 se desplaza, por el Sur se los EEUU, un frente frío produciéndose un desbordamiento de la masa anticiclónica por encima del sistema frontal, por lo que el anticiclón continental migratorio inicia su influencia sobre Cuba el mismo día 2 y durante los sucesivos, incluyendo el día 5 de enero cuando se presenta la primera aparición de la enfermedad en Horquita.

Este caso fue similar al de la temporada 2007-2008 en la que el desbordamiento del anticiclón continental produjo una disminución acentuada de las temperaturas los días 4 y 5 de enero produciéndose en días posteriores un aumento notable de estos valores.

Estos procesos son descritos por Fernández y Díaz (2005) y los vinculan a la influencia de situaciones sinópticas asociadas a anticiclones continentales migratorios. Estos sistemas están relacionados con un gradiente barométrico fuerte, los cuales producen en ocasiones un marcado descenso de las temperaturas en el período diurno.



**Figura 14.** Evolución del patrón sinóptico en superficie del 4 al 8 de enero de 2012, caracterizado por la distribución espacial del campo de presión en la superficie del nivel medio del mar.

De forma general se puede asociar la aparición de la ***Alternaria solani* Sor.** en la papa a dos patrones sinóuticos típicos del mes de enero y pueden que presentarse también en el mes de diciembre. En los mismos se presenta sobre Cuba la influencia de anticiclones migratorios que se desplazan hacia el este para dar paso a sistemas frontales que en uno de los casos no afecta al país por lo que no se producen descensos marcados de temperatura y humedad relativa; y en el segundo de los casos lo afectan trayendo consigo un disminución brusca de la temperatura durante dos o tres días solamente.

## 5. Conclusiones

Se llegó a las siguientes conclusiones generales:

- 1- El tizón temprano de la papa incidió en todas las campañas estudiadas en la Empresa Agropecuaria Horquita con una mayor frecuencia de aparición en el 3er período vegetativo comprendido entre los 29 y 55 días de plantado el cultivo, siendo la edad del cultivo la variable de mayor relación con la aparición y desarrollo de esta enfermedad.
- 2- Se determinó la relación entre la incidencia de la ***Alternaria solani Sor.*** y las variables meteorológicas teniendo como resultado que en todas las campañas estudiadas la primera aparición y desarrollo de la enfermedad se vio influenciada por el comportamiento de las variables temperatura y humedad relativa.
- 3- Fueron identificados dos patrones sinópticos asociados a la aparición de la ***Alternaria solani Sor.*** en el cultivo de la papa, los cuales se proponen para su utilización en el pronóstico de condiciones atmosféricas favorables para la aparición de esta enfermedad en la Empresa Agropecuaria Horquita.

## **6. Recomendaciones**

- 1- Implementar en la Empresa Agropecuaria Horquita los resultados obtenidos en la presente investigación.
- 2- Socializar los resultados en eventos científico-técnicos, publicaciones, entre otros.
- 3- Repetir la investigación en otras empresas del país o de la provincia donde se cultive la papa.
- 4- Extender la identificación de los patrones sinópticos asociados a las fechas de aumento de la incidencia (distribución e intensidad) que contribuyan a mejorar el sistema de alerta temprana ante esta enfermedad.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Abdel-Rahman, M. (1977). Control de Enfermedades fungosas en papa, 14(1-3).
- Acuña, I. (1977). Cómo reconocer los tizones de la papa, 47.
- AgroNet. (2001). El portal Agrícola Mexicano. *Los Mochis Sin, México*.  
<http://www.agronet.com>. Retrieved March 9, 2009, from 2470
- Alonso, J. L. (2008). La papa y el tizón tardío; La papa y el calentamiento global. *Bitácora de Papa*. <http://bitacoradelapapa.wordpress.com>. Retrieved March 9, 2009, from
- Andreu, C. M, y R. Cupull. (1993). *Método para la rápida esporulación de Alternaria solani empleando medio de cultivo con viandas tropicales* (20th ed., Vol. 1). Centro Agrícola.
- Andréu, C. M., y J. Gómez. (2007). *La Sanidad Vegetal en la Agricultura Sostenible Agentes bióticos causantes de enfermedades en las plantas* (4th ed.). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Andreu, C. M., y R. Cupull. (1991). *Efectividad de nuevos medios de cultivos y de la temperatura en el crecimiento in vitro de Alternaria solani Sor* (18th ed.). Centro Agrícola.
- Andrews, K. L., y J. R. Quesada. (1989). *Manejo de plagas insectiles en la Agricultura*. Honduras El Zamorano.
- Arnol, G. R. W. (1986). *Lista de hongos fitopatógenos de Cuba*. La Habana.
- Arzuaga, J. (1982). *Estudio de la resistencia genética de Alternaria solani Sor en 84 variedades de papa*. (Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). La Habana.
- Bambawate, O. M, & J. S. Dedi. (1982). Epidemiology of early blight in the Pijab. *Indian Phytopathology.*, 4.
- Barcia, S., Orbe, G., Regueira, V., Sánchez, R., Núñez, E., Rodríguez, C., Hernández A., Angulo, R., Ceballo, R. y J. Millán (2009). *Guía Climática de la*

*Provincia Cienfuegos* (Resultado Científico-Técnico) (p. 58). Cienfuegos: Centro Meteorológico Provincial.

Barcia, S., Rodríguez, C., y Hernández, A. (2007). *Climatología y Cronología de los Frentes Fríos que han afectado a la provincia de Cienfuegos desde la temporada invernal 1977-1978 hasta la temporada 2006-2007*. Informe Científico Técnico, Proyecto Territorial: "Guía Climática de la provincia Cienfuegos". (Resultado Científico-Técnico) (p. 34). Cienfuegos: Centro Meteorológico Provincial.

Boiteux, F. J .B. Reitschneider, M. E., Fonseca, N. y J. A. Buso. (1995). *Search for sources of early blight field resistance not associated with vegetative late maturity in tetraploid potato germplasm. Euphytica*.

Boiteux, L. S. y F. J. B. Reitschneider. (1994). *Potato early blight caused by Alternaria alternata* (Vols. 1-78, Vol. 1). Brazil.

Bottrell, D.R. (1979). *Integrated Pest Management, Council on Environmental Quality White House, Washington DC, USA*.

Cassells, A.C., y Kowalski B. (1998). *Strategies for the evaluation of variation as a source of resistance to early and late blight of potato. En: Khurana P, Chandra R y Mahesh D (eds) Comprehensive Potato Biotechnology*.

Castellanos, L. (2002). *Nocividad, epidemiología y manejo del tizón temprano (Alternaria solani Sor.) en el cultivo de la papa. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias* (Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). Universidad Central de Las Villas. Cuba.

Castellanos, L, T. Rivero, A. Pomas, y J. Pajón. (2005). Modelación matemática de *Alternaria solani* Sor en papa en función del tiempo. *Fitosanidad*, 9.

Castellanos, L, T. Rivero, y C. Martín. (1997). *Comprobación de un método de pronóstico para el tizón temprano de la papa en la provincia Cienfuegos. Ponencia al XII Fórum de Ciencia y Técnica*.

- Castellanos, L., y T. Rivero. (1984). *Estudio de las posibilidades de usar un método de pronóstico para A. solani en papa en la provincia de Cienfuegos. 2da Jornada Científico Técnica de Sanidad Vegetal*. Las Tunas.
- Castellanos, L. y R. Pérez. (1986). *Estudio del efecto de la temperatura sobre algunos aspectos biológicos de Alternaria solani. En Resúmenes 1ra Jornada Científico Técnica de Sanidad Vegetal*. Sancti Spíritus.
- CIP. (1989). *Informe Anual. Mejoramiento de la papa y la batata (Camote) en el mundo. Control de enfermedades fungosas y bacterianas. Tizón temprano*. Lima.
- CIP. (1990). *Informe anual. Mejoramiento de la papa y la batata (Camote) en el mundo. Control de enfermedades fungosas y bacterianas*. Lima.
- CIP. (1996). *Informe anual. Mejoramiento de la papa y la batata (Camote) en el mundo. Control de enfermedades fungosas y bacterianas* (p. 93). Lima.
- CIP. (1999). *Informe anual del CIP*. Lima.
- CITMA. (2003). *Convocatoria. Programa Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica*. La Habana.
- Collins, Wanda. (n.d.). *Research strategies for potatoes: A global approach. Proc. 4to World Potato Congress*.
- D., S., D. Blanchinski, Yaniv, A., y A. Dinoor. (1994). *Control of potato early blight in the northern negev region of Israel in the fall season*. Hassadeh.
- Díaz, M. (2012). *Incidencia de Alternaria solani Sor. en papa durante cinco campañas en relación a las variedades y condiciones meteorológicas, en la granja La Vega de la Empresa Agropecuaria del Municipio Rodas*. (Tesis de Diploma). Cienfuegos, Cienfuegos.
- Dillard, H. R, Wicks, T. S., y B. phil. (1993). *A grover survey in South Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture* (Vols. 1-33, Vol. 5).

- Dita, M. A, N. Veitía, L. Herrera, y L. García. (1995). *Posibilidad del empleo de las toxinas de Alternaria alternata en la selección "in vitro" en papa. En Resúmenes V Simposio Internacional sobre Sanidad Vegetal en la Agricultura Tropical.* Santa Clara: Universidad Central de Las Villas.
- Dita, M. A. (1996). *Relación Alternaria solani - Alternaria alternata en lesiones de tizón temprano en papa. En Resúmenes V Jornada Científico Técnica de Sanidad Vegetal.* Cienfuegos.
- Domínguez, L., Nápoles, G., y Vuelta, D. R. (2010). *Propuesta de patrones sinópticos que condicionan el desarrollo de Alternaria Aolani, para las características climáticas de Santiago de Cuba., 10.*
- Dorozhkin, N. A., y E. G. Ivaniuk. (1979). *Vlianie agrotiejnicheskij priomov na ustoichivost Kartofelia ranniei sujoi piatnistosti .Kartofiellievodstvo (Vol. 4).*
- Douglas, D. R, & J. J. Pavek. (1972). Screening potatoes for field resistance to early blight. *American Potato Journal, 49.*
- Douglas, D. R., & J. J. Pavek. (1971). An efficient method of inducing sporulation of *Alternaria solani* Sor. in pure culture. *Phytopathology, 61.*
- Douglas, D. R., & M. Groskopp. (1974). Control of early blight in Eastern and South Central Idaho. *American Potato Journal, 51.*
- Elizondo A. I., C.A Murguido, E. Fernández, M. Martínez, L. Licor, L. Castellanos, & R. Jiménez. (2002). Impacto del manejo integrado de plagas en la recuperación de los enemigos naturales en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad, 6.*
- Ellis, J.B., y Martin, G. (1882). *New species of North American fungi. American Midland Naturalist.*
- Estévez, A., M. E. González, M. M. Hernández, U. Ortiz, J Arzuaga, J. Cordero, ... P. Lorenzo. (1993). *Caracterización de un grupo de especies silvestres de papa. Cultivos Tropicales.*

- Fernández, A. (1998). *Sistema de pronóstico objetivo de variables meteorológicas*. Editorial Academia. La Habana.
- Fernández, A. J., y Díaz, Y. A. (2005). *Catálogo de los Procesos Sinópticos en el Archipiélago cubano*. (Vols. 1-1, Vol. 1). Cienfuegos: GeoCuba.
- Font, C. (1999). *Detección de Phytophthora infestans (Mont.) de Bary mediante técnicas de ELISA*. (Vols. 1-3, Vol. 3).
- Frank, J. A.; J.M. Willsm, y R. Webb. (1975). *The relationship between glucoalkaloids and diseases resistance in potato*. *Phytopathology* (Vol. 15).
- FUNDACIÓN CHILE. (2001). Cadenas agroalimentaria, Papas. (On line).
- Gómez, G, J. Rodríguez, y L. Castellanos. (1990). *Pronóstico a corto plazo de Alternaria solani en papa y tomate*. En *Resúmenes. II Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*. Habana.
- González, L., y M. Suárez. Época de aparición Alternaria solani Sor. en el cultivo de la papa. En *Resúmenes. III Jornada Científico Técnica* (1985). Cienfuegos.
- Harrison, M. D, Livingston, C. H., y N. Oshima. (1965). *Control of potato early blight in colorado. II spore traps as guide for enitiating aplicacion of fungicides*. *American 117 Potato Journal*.
- Hernández, Ma. .M, B. Kowalski, P. Lorenzo, y V. Ortiz. (1991). *Efectividad del empleo de filtrados de Alternaria solani Ellis y Martin (Jones y Grout) en la selección in vitro de formas resistentes en papa (Solanum tuberosum L.) Cultivos Tropicales*.
- Hernández, A., Córdova, O., y López, A. (2008). Elementos sinópticos asociados a la aparición de tizón temprano (Alternaria solani Sor.) en el cultivo de la papa en Ciego de Ávila. *Fitosanidad*, 12 (4), 261–262.
- Herrera, L.; R. Cupull. (1985). *Medios de cultivos para hongos fitopatógenos en regiones tropicales*. Centro Agrícola.

- Hooker, W. J. (1980). *Compendio de enfermedades de la papa*. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú.
- Horsfall, J. C, y J. R. Lukens. (1979). *Differential temperatures for separate phase of Alternaria solani*. *Review of Plant Pathology*.
- I A C. (1993). *I P M strategies and approaches for adoption 1er refresher course of the international course on Plant Protection*. The Netherland,.
- IISV. (1979). *Metodologías de señalización y pronóstico de plagas y enfermedades*. La Habana.
- INISAV. (1990). *Acta de taller Nacional de Alternaria solani en los cultivos de papa y tomate*. LPSV de Villa Clara.
- Izquierdo, F. (1977). Factores que afectan la esporulación de *Alternaria solani* en cultivo puro, 163–171.
- Johnson, K. B, Radcliffe, E. B., y P.S. Teng. (1986). *Effects of interacting population of Alternaria solani, Verticillium dahliae, and the potato leaf hopper (Empoasca jaovae) on potato Yield*. *Phytopathology*.
- Johnson, K.B, y P.S. Teng. (1990). *Coupling a disease progress model for early bhght to a model of potato growth*. *Phytopathology*.
- Johnson, K.B., Radcliffe, E. B. E. B., y P.S. Teng. (1986). *Effects of interacting population of Alternaria solani, Verticillium dahliae, and the potato leaf hopper (Empoasca jaovae) on potato Yield*. *Phytopathology*.
- Kvasniuk, N. V. (1985). *Intenso nost sporutactaii patogemost isoliatuy A. solani Ell*. *Micología. Fitopatología*.
- Lukens, R. J., y J. G. (1971). *Horsfall. Spore germination and appressorial formation, a new assay for fungicides*. *Phytopathology*.
- Mackay R. (1996). *Resistencia . El fundamento del Manejo integrado del patógeno para el Tizón tardío*.

- Madden, L., S. P. Pennypacker, y A. A. Mc. Nab. (1978). *FAST, a forecast system for Alternaria solani on four tomato cultivar. Phytopathology.*
- Madden, L., S. P. Pennypacker, y A. A. Mc. Nab. (1979). *Principal components analysis of tomato early blight epidemics. Phytopathology.*
- Madden, L., S. P. Pennypacker, y A. A. Mc. Nab. (1980). *Verification of an early blight forecasting system on four tomato cultivars. Phytopathology.*
- Martínez E., Barrios G., Robesti L., y Santos R. (2007). *Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Cuba. CNSV, Cuba; Entre pueblos, España; GVT, Italia.*
- Mayea, S, y Perdomo, O. (1990). *Sistema de lucha integrado contra el tizón temprano (Alternaria solani Sor) en la papa (Solanum tuberosum Lin.). Trabajo de Diploma. Universidad Central de Las Villas.*
- Mayea, S., y C. Pérez. (1977). *Influencia de la edad de la planta como factor de predisposición a los tizones temprano y tardío. Tesis de grado.*
- Mayea, S., y C.M. Andreu. (1974). *Control de tizones en papa. En Resúmenes. III Simp. de Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba.*
- Mayea, S., y C.M. Andreu. (1977). *Control de tizones en papa. En Resúmenes. III Simp. de Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba.*
- Mayea, S., y D. Seidel. (1994). *Sistema de lucha contra el tizón temprano (Alternaria solani) en papa. Agrícola Vergel XII.*
- Mayea, S., Herrera, L., y Andréu, C. M. (2008). *Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Pueblo y Educación. (Vols. 1-21, Vol. 7). Ciudad de La Habana Cuba.*
- Mayea, S., y J. Padrón. (1977). *Estudios culturales de Alternaria solani Ell. Informe final de investigación (p. 20). Universidad Central de Las Villas.*

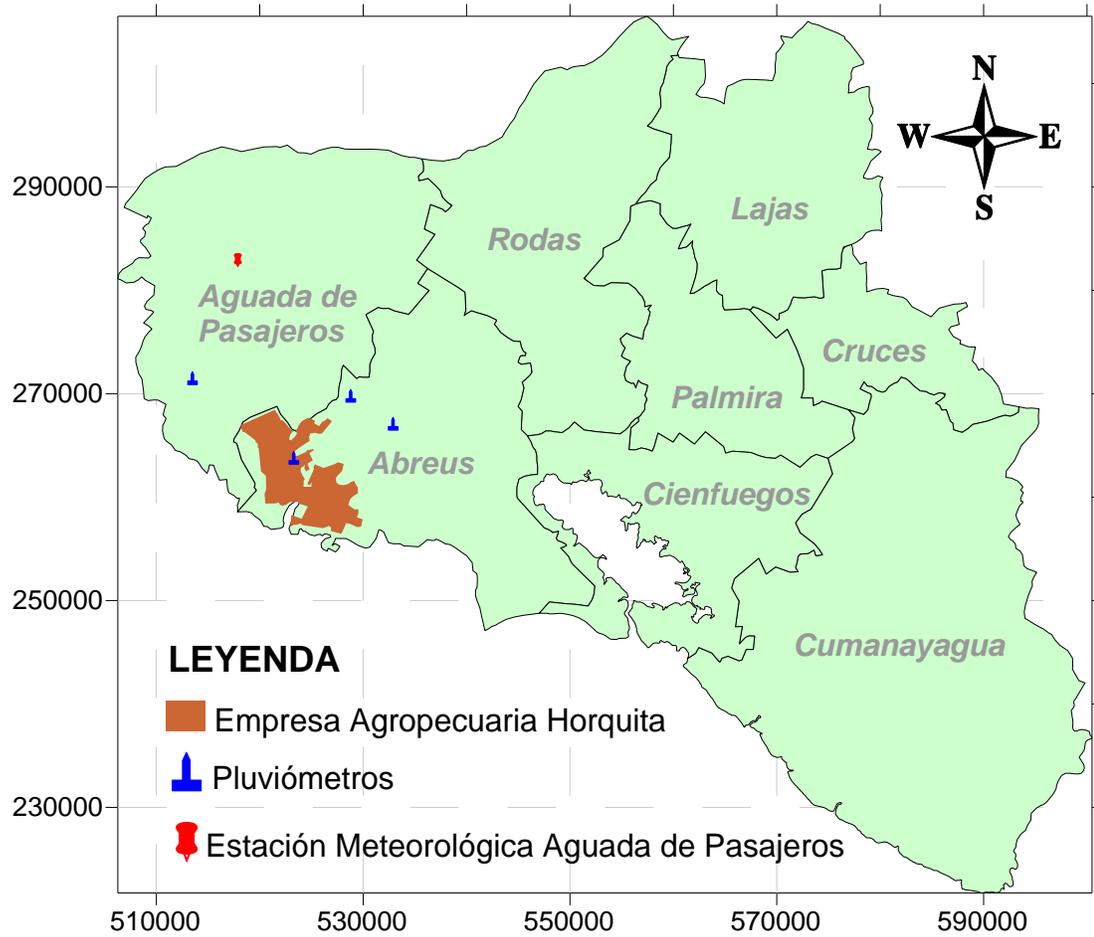
- Mayea, S., y L. Castellanos. (1978). *Estudio sobre pronóstico de los tizones tardío y temprano en varias zonas de la provincia Villa Clara. Tesis de grado.* Universidad Central de Las Villas.
- Mayea, S., y M. Naranjo. (1984). *Estudio sobre la epidemiología del tizón temprano. Tesis de grado.*
- Mayea, S., y S. Hernández. (1983). *Hernández. Estudio sobre las enfermedades del tizón tardío y temprano de la papa. Tesis de grado.*
- Mayea, S.; Herrera, L., y Andréu, C. M. (1985). *Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Pueblo y Educación.* Ciudad de La Habana. Cuba.
- Mc Govern, R. J., J. E. Polston, y I. J. Mullahey. (1993). *Tropical soda apple; newly identified host of tomato, pepper and tobacco viruses in Florida. Citrus and Vegetable Magazine.*
- Mc. Gallan, S.E., y S.Y. Chan. (1994). *Inducing sporulation of Alternaria solani in culture. Contribution Royce Thompson Institute.*
- Ortiz, U. (1989). *Estudios morfológicos de diferentes aislamientos de Alternaria sp. y los síntomas que causan en el cultivo de la papa (S. tuberosum L.). Cultivos Tropicales.*
- Padrón, J, y J. Arzuaga. (1982). *Algunos aspectos de la epidemiología de los tizones en papa al momento de iniciar el control. Cultivos Tropicales.*
- Patterson, C .L., y C. Powel. (1988). *The role of chlamidospores in infection of tomato early bight. Phytopathology.*
- Pico, V. et al. (1986). *Resultados de la utilización del Cazaespora durante cinco años para la señalización de la alternaría solani en papa , Resumenes II Jornada Científico –Técnica de Sanidad Vegetal. Camaguey , Cuba.*
- Piña, A. (1980). *Estudio bioecológico y control de Alternaria solani en papa. Problema Principal Estatal 04 (p. 68). Habana.*

- PRECODEPA. (1997). *Memoria de la XXI Reunión de Evaluación y Planificación del Programa Regional Cooperativo de Papa*. Antigua, Guatemala.
- Pscheidt, J. W., y W. R. Stevenson. (1982). *Forecasting potato early blight in relation timing fungicide sprays in Wisconsin*. *Phytopathology*.
- Pscheidt, J. W., y W. R. Stevenson. (1984). *The critical period for control of potato early blight, caused by Alternaria solani*. *Phytopathology*.
- Raterink, S. M., R. A. Daoment, P. D. de Jong, y J. A. B. M. (1994). *Theunissen. Development of IPM. 2nd refresher course of international on Plant Protection*. Zamorano, Honduras.
- Seidel, D. (1976). *Lista preliminar de hongos fitopatógenos de Cuba.-- Ed. Pueblo y Educación*. Habana. Cuba.
- Shahin, E. A., y J. F. Shepard. (1979). *An efficient technique for inducing profuse sporulation of Alternaria solani*. *Phytopathology*.
- Shtienberg, D., D. Blanchinski, A. Yaniv, y A. Dinoor. (1994). *Control of potato early blight in the northern negev region of Israel in the fall season*. *Hassadeh*.
- Shtienberg, D., M.A. Doster, J. R. Pelletier, y W. E. Fry. (1990). *Field and computer simulation evaluation of spray scheduling. Methods for control of early blight of potato*. *Phytopathology*.
- Shtienberg, D., y W. E. Fry. (1990). *Quantitative analysis of host resistance, fungicide weather effects on potato early and late blight using computer simulation models*. *American Potato Journal*.
- Sinden, S. L.; R. W. Goth, y M. J. O'Brien. (1973). *Effects of potato alkaloids on the growth of A. solani Ell. and their possible role as resistance factor in potatoes*. *Phytopathology*.
- Skeen, G. (1984). *Epifitiología de Alternaria solani en papa y el empleo de los derivados del furfural en su control. Resúmenes Tesis para optar al grado científico de candidato a Dr. en Ciencias Agrícolas*. Habana.

- Stevenson, R. E., y S. P. Pennypacker. (1988). *Effect of radiation, temperature and 125 moisture on conidial germination of Alternaria solani*. *Phytopathology*.
- Stewardt, H, y Bradshaw JE. (1993). *A glasshouse test for assessing resistance to Early blight (Alternaria solani)*. *Potato Research* (Vols. 1-26).
- Teschner, G. (1954). *Investigaciones sobre A. solani Sor. agente causante de la pudrición dura del tubérculo de la papa y de la pudrición del fruto del tomate*. *Phytopathology*.
- Thurston, H. D., y R. L. Plaisted. Elba. (1985). *Alternaria Blight resistance potato variety*. *American Potato Journal*.
- Trusov, I. I, E. Hernández, y E. Crespo. (1986). *Intensidad máxima de las precipitaciones en las regiones naturales de Cuba*. *Reporte de investigación*. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Urquijo, P. (1971). *Patología Vegetal Agrícola*. España.
- Walker, J. (1970). *Patología vegetal. Edición Revolucionaria*. Instituto Cubano del Libro. La Habana.
- Weisz, R, Z. Smilowitz, y B. Christ. (1994). *Distance, rotation and border crops affect Colorado Potato Beetle, colonization and population density and early blight severity in rotated potato fields*. *Economic Entomology*.
- Zachmann, R. (1982). *El tizón temprano Alternaria solani*. *Boletín de información*. Centro Internacional de la papa. Lima.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Ubicación de la Empresa Agropecuaria Horquita, estación meteorológica y pluviómetros utilizados en el estudio.



Anexo 2. Ventana de trabajo

