

El cambio climático y las enfermedades de las plantas

Climatic change and plants diseases

Leónides Castellanos González¹

Resumen

El objetivo del presente artículo es reflexionar sobre la relación entre el cambio climático y las enfermedades de las plantas. La estrecha relación de la epidemiología de las enfermedades de las plantas con las condiciones meteorológicas presentes, fundamentalmente, la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones, las hace dependientes de las variaciones que se producen por el calentamiento global. Un ejemplo típico se ha puesto en evidencia con el caso de *Phytophthora* spp. en papa en la Empresa de Cultivos Varios de Horquita. Los resultados indican la necesidad de profundizar en la incidencia de las enfermedades ante los cambios del clima que se vienen manifestando en los últimos años y que obligará en algún momento a los agricultores a variar los sistemas de manejo que tienen establecidos en los cultivos.

Palabras clave: patógenos vegetales, epidemiología, factores abióticos

Abstract

The objective of the present article is to meditate on the relationship between climatic change and plants diseases. The narrow relationship of the epidemiology of the plant diseases with the meteorological conditions, fundamentally, temperature, relative humidity and the rainfalls, make those dependent of the variations that take place for the global heating. A typical example has put on in evidence with the case of *Phytophthora* spp. in potato in the Company of Varied Crops of Horquita. The results indicate the necessity to deep in the incidence of the diseases in the face of the climate changes that comes manifesting in the last years and that will force to the farmers to vary in some moment the management systems that they have settled down in the crops.

Key words: plant pathogens, epidemiology, abiotic factors

Generalidades

¹ Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible (CETAS). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba. * Autor para la correspondencia. Email: lcastellanos@ucf.edu.cu

El calentamiento global se produce por la acumulación en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) que impiden la disipación a niveles normales del calor que penetra con los rayos solares a la atmósfera. Gracias a estos gases la tierra tiene una temperatura que hace posible la vida en el planeta. El calentamiento global es el mismo efecto invernadero pero intensificado y es debido a la concentración de ciertos gases con efecto invernadero (Labrada *et al.*, 2007 y Alonso, 2008).

La satisfacción de gran parte de las necesidades humanas depende de la agricultura. Esta, con el aumento de la población mundial, el cambio de uso de la tierra y la producción intensiva, se ha convertido en uno de los principales elementos con incidencia directa y significativa sobre el cambio climático que , además de ser un problema global, afecta negativamente el desarrollo agrícola en si mismo (Márquez *et al.*, 2007). Coincidiendo los autores antes mencionados con Labrada *et al.*, (2007); Andréu y Gómez (2007), quienes plantean que esto es causado por la quema de residuos de cosecha y de vegetación de sabanas y pastizales, a la ganadería, el uso excesivo de pesticidas, al uso de combustibles fósiles durante la mayoría de actividades agrícolas, a las practicas inapropiadas de manejo de agua, los fertilizantes orgánicos e inorgánicos entre otros factores.

El objetivo del presente artículo es reflexionar sobre la relación del cambio climático con las enfermedades de las plantas.

Efectos del cambio climático sobre los cultivos.

El fenómeno del aumento de la temperatura media del planeta, conocido como “calentamiento global”, es considerado en la actualidad uno de los temas más preocupantes relacionados con los cambios climáticos. Resulta dramática la velocidad con que se a manifestado este fenómeno, sus catastróficos efectos para la vida en el planeta y las condiciones meteorológicas (aumento de la intensidad y frecuencias de tormentas , sequías, inundaciones , olas de calor o de frío), lo que a hecho que constituya uno de los principales temas de discusión mundial (Labrada *et al.*, 2007).

El *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)*, cuyas proyecciones fueron publicadas el año pasado, predice para el año 2100 una elevación de la temperatura global entre 1.8-4°C debido al incremento de gases invernadero, el calentamiento global va a afectar a los diferentes sistemas de producción en un grado que variará de acuerdo a la región (Alonso, 2008).

El Cambio climático reducirá la producción de cultivos (Andréu y Gómez, 2007), potencialmente serán muy afectados maíz, frijoles, papa y arroz; también se vera afectada su calidad lo cual puede afectar la productividad de los agricultores e incluso afectar negativamente la salud de su familia (Altieri y Nicholls, 2007).

El retardo de las temporadas de lluvias, las sequías prolongadas la mala calidad de los suelos la reducción del número de especies y variedades, el aumento de la temperatura, la mayor incidencia de plagas y enfermedades y la reducción de los rendimientos son algunas de las evidencias de que el cambio climático afecta la agricultura (Márquez et al., 2007).

Habrán menos pero más intensas lluvias, lo que producirá tanto sequías como inundaciones; más vientos y ciclones; brotes de enfermedades y plagas; y la aceleración de la erosión de la tierra y del consumo de materia orgánica del suelo. En resumen, el cambio climático modificará sustancialmente el acceso al agua e incrementará la ya inherente incertidumbre de la agricultura y la vida rural (Sherwood et al., 2007).

El calentamiento global amenaza a la biodiversidad de la papa y por su causa podrían desaparecer muchas de las cinco mil variedades existentes. Aumentaría la presión sobre las especies silvestres de papa. Se cree que un 16-22% de ellas estaría amenazado de extinción para el año 2055. Esta es una situación muy grave si se tiene en cuenta que las especies silvestres son una importante fuente de genes para el mejoramiento de las variedades existentes. La elevación de la temperatura podría además provocar la aparición de nuevas plagas y una eventual destrucción del hábitat natural del tubérculo. Un modelo de simulación demostró que un clima más caluroso extendería el período agrícola e incrementaría su producción en los países del norte de Europa. Sin adaptación, el incremento de las temperaturas disminuiría la producción de papa entre el 10-19% de 2010 a 2039 y entre el 18-32% de 2040 a 2069, siendo la franja tropical la zona más sensible, donde la merma podría ser mayor al 50% (Alonso, 2008).

Desde la década del 90 Castellanos et al. (1998) habían señalado que en los inviernos de Cuba se están operando cambios climáticos como son: mayor humedad relativa del aire y mayor frecuencia de lluvia, lo que unido a mayor adaptabilidad del patógeno a estas condiciones habían motivado una mayor incidencia del tizón tardío de la papa en la provincia Cienfuegos Empresa Cultivos Varios Horquita.

Mitigación del cambio climático.

Resultados de investigaciones recientes sugieren que muchos agricultores se adaptan e incluso se preparan para el cambio climático minimizando las pérdidas en productividad mediante la mayor utilización de variedades locales tolerantes a la sequía, cosecha de agua, policultivos, agroforestería, deshierbe oportuno, recolección de plantas silvestres y una serie de otras técnicas (Altieri y Nicholls, 2007).

Resulta difícil encontrar las mejores prácticas que den un racional balance entre emisión de gases de efecto invernadero y producción de alimentos en su más diversa concepción (Labrada et al., 2007). Una de las alternativas emergentes

para mitigar el efecto negativo del cambio climático sobre la agricultura, y al mismo tiempo disminuir su impacto en el clima es la adopción de prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente (Márquez et al., 2007).

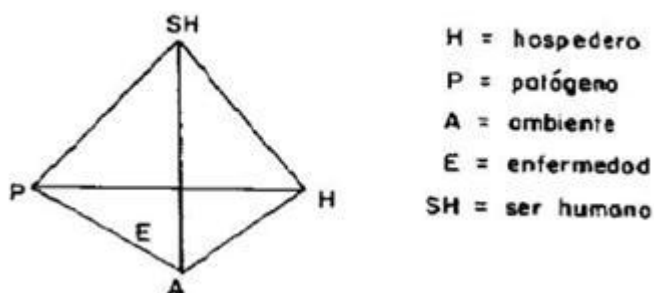
La resiliencia a los efectos de los desastres climáticos está íntimamente relacionada con los niveles de biodiversidad de las fincas. Los agricultores en laderas que usaban prácticas de diversificación tales como cultivos de cobertura, cultivos intercalados y agroforestería sufrieron menos daños que los productores convencionales con monocultivos después del paso del Huracán Mitch (Altieri y Nicholls, 2007).

La epidemiología de las enfermedades de las plantas

Van der Plank (1963, 1975), afirma que un hospedero mas sensible, un patógeno más agresivo, y un ambiente más favorable, contribuyen a aumentar la enfermedad en un cultivo determinado.

Zadoks y Schein (1979), manifiestan que las epidemias son procesos, biológicos complejos. Cada proceso usualmente está compuesto en un número fácilmente identificable de subprocesos que son los ciclos de infección. Por lo tanto, en el enfoque sistémico, una epidemia, vista como un todo, consiste de una secuencia de ciclos de infección que ocurren extensivamente, como resultado de la interacción entre una población de unidades infectivas del patógeno sobre una población de plantas hospederas, bajo un ambiente (Clima) favorable.

Esta relación íntima entre los tres componentes del Patosistema (hospedante - patógeno-ambiente), fue representada, inicialmente, mediante un triángulo, al que se denominó triángulo de la enfermedad, teniendo en cada vértice uno de los componentes indicados Van der Plank (1963). Años después, Zadoks y Schein (1979) sugirieron la representación de las interacciones entre los componentes de la enfermedad, por la figura del tetraedro:



De acuerdo con lo dicho, una epidemia es la consecuencia de procesos biológicos, designados procesos epidemiológicos. Estos procesos son los ciclos de infección o ciclos de patogénesis, el cual es denominado por Zadoks y Schein (1979) como "proceso mono cíclico". Una serie de procesos mono cíclicos constituyen un proceso poli cíclico. Si se considera a una epidemia como una

cadena de ciclos de infección, puede inferirse que una epidemia es un proceso poli cíclico, que envuelve una serie de procesos mono cíclicos, los que se dan en el tiempo y en el espacio. Esto se puede graficar en lo que se denomina la curva de progreso de una epidemia.

Las variables climáticas de interés en estudios epidemiológicos son: Temperatura, Humedad, Pluviosidad, Radiación y Viento (Campbell y Madden, 1990). De estas, la Temperatura y la Humedad ejercen papel fundamental en el progreso de las epidemias de cultivos de café, causadas por hongos fitopatógenos.

La temperatura influye en los procesos de infección, colonización, esporulación, sobrevivencia del patógeno. También en los procesos fisiológicos de la planta, como fotosíntesis, evapo-transpiración, metabolismo entre otros (Zadoks y Schein, 1979). La Humedad es representada por: Humedad relativa, humedecimiento de la superficie foliar, lluvia, humedad del suelo. Una película de agua sobre la hoja foliar es indispensable para la germinación. La integración de a la influencia del ambiente sobre los procesos epidemiológicos se expresan en *Las funciones epidemiológicas*, que son fórmulas o modelos matemáticos.

El pronóstico de las enfermedades de las plantas en función de las variables del clima.

Rodríguez (1980) basándose en los datos obtenidos durante 1979 y 1980, propuso una fórmula para el cálculo de los índices de peligrosidad de la enfermedad de MOGERY, la cual ha mostrado buena correlación con las progresiones de los ataques. El índice peligroso es 80. Si se presentan dos días consecutivos en que la suma de los índices es 80, el ataque se puede presentar de 3- 10 días a partir del período antes referido.

Cálculo del índice de peligrosidad, modificación del de MOGERY (Rodríguez, 1980).

% H.R. DEL AIRE		PRECIPITAC. EN mm		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CENTÍGRADOS						SUMA INDICE
HR	IND	SUMA	IND	7.00am						
98-	40	> 10	15	12.0	30	< 25	30	15.0	35	156
91-95	35	6-10	10	15.1-9.0	25	25-28	25	20.0-22.0	15	110
< 90	30	1-5	5	18.0-21	20	>23	0	>> 22	0	55

La Modelación matemática de enfermedades en función de las variables meteorológicas

Como se ha observado, varios modelos matemáticos pueden ser utilizados para explicar los efectos del ambiente sobre los macro procesos y micro procesos epidemiológicos. Las funciones o modelos pueden ser simples, incluyendo un elemento del Clima; por ejemplo, horas de agua líquida; o pueden ser complejas, incluyendo varios elementos, por ejemplo lluvia, viento, hospedero en la ecuación.

El resultado de un análisis estadístico para la modelación matemática no lineal de la probabilidad de dispersión del tizón temprano de la papa arrojó que un modelo que utilizó una función Log-log como enlace, con un grupo de edades y donde participan como predictores la edad y seis variables meteorológicas manifestó los valores más bajos de los criterios mejorado de AKAIKE y de Swarts, por lo que se consideró el de mejor ajuste (Castellanos, 2012).

$$Y = 1 - \exp(-\exp(-24,2205) * (Edad ^ 4,083) * \exp(0,0492 * Tmax - 0,1441 * Tmin + 0,1328 * Tmed + 0,0482 * Hmax - 0,0232 * Hmin + 0,0173 * HRmed) * edad)$$

En este modelo exponencial creciente participan la edad del cultivo en días de plantado, la temperatura máxima, mínima y media y la humedad relativa máxima, mínima y media, siete días antes de cada evaluación, y su expresión matemática es:

Algunos reflexiones para el tizón tardío de la papa como estudio de caso.

Epifitología del tizón tardío

Los factores climáticos influyen sobre el desarrollo del patógeno que bajo condiciones muy favorables pueden propiciar epidemias importantes con pérdidas de consideración en el cultivo (Fernández, 2002). El patógeno encuentra condiciones muy favorables para su desarrollo bajo las condiciones de Cuba, donde las temperaturas medias oscilan entre 25 y 30°C, rango favorable para la mayoría de los procesos biológicos de este patógeno. Se desarrolla en temperatura desde 10 hasta 35°C, con rango favorable de 20-30°C y óptimo a 25 °C. (Mayea et al., 1985; Espino (2006), considera que cuando el potencial de inóculo en el suelo es elevado y se presentan temperaturas de los 30 grados con abundantes lluvias, puede llegar a provocar pérdidas de 80 % o más de la plantación.

La formación de zoosporangios, es más abundante en las temperaturas de 20 y 25 °C y en presencia de agua sobre la superficie del micelio. La germinación de las zoosporas, ocurre entre 1 y 5 horas en las temperaturas desde 10 hasta 40°C, pero es superior en 20, 27,30 y 35°C. La viabilidad de las zoosporas disminuye a medida que se incrementa la temperatura, además permanecen viables durante 50 días a 10 °C y de 22 a 29 días a 20, 25 y 30 °C (Fernández, 2002)

.El desarrollo de *Phytophthora infestans* depende altamente de las condiciones ambientales (por el efecto que tiene la humedad y la temperatura sobre las distintas etapas del ciclo de vida del hongo) (AgroNet, 2001; Lucca et al., 2008). Muestra una mayor esporulación en una humedad relativa de 100% (o un valor que se aproxime) y a temperaturas comprendidas entre 16 y 22°C. Los esporangios pierden su viabilidad al cabo de 3 a 6 horas a humedades relativas por debajo de 80%. La germinación de los esporangios sólo se produce cuando hay rocío o un cierto volumen de agua sobre las hojas de las plantas y, dentro del rango de temperatura comprendido entre 10 y 15°C puede concluir al cabo de media hora o dos como máximo. Una vez que los esporangios han germinado, se requiere un período de 2 a 2.5 horas de temperatura que va desde 15 a 25°C para que se produzca la penetración de los tubos germinales en los tejidos del hospedero. Después de haber penetrado en los tejidos, el micelio del hongo se desarrolla con mayor rapidez dentro del rango de temperatura de 17 a 21°C, el cual es también óptimo para que pueda esporular de nuevo cuando la temperatura sea favorable, pero siempre y cuando la humedad relativa sea lo suficientemente alta (AgroNet, 2001).

En ocasiones puede advertirse que a pesar de existir condiciones favorables a la enfermedad desde el punto de vista climático y cultivares susceptibles, no existe el inóculo primario del hongo en cantidad suficiente para causar la enfermedad. De forma general el hongo evoluciona adecuadamente en ambientes fríos (11- 28 °C) y húmedos (60-100 % Hr), donde se presentan lluvias, lloviznas, neblinas y nieblas (Gómez, 1999)

Manejo del tizón tardío

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 toda la información pertinente y dispone respecto al cultivo, sus patógenos, las condiciones del medio ambiente que se espera predominen, la localidad, la disponibilidad de materiales, costos, etc., tales conocimientos son utilizados por el hombre para su manejo. El tizón tardío de la papa puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos químicos aplicadas adecuadamente en la temporada (AgroNet, 2001).

“El patógeno viene adaptándose con mayor rapidez que las medidas de control para combatirlo, y se necesitan con urgencia nuevos métodos”. El cuadro se complica por el calentamiento global, que abre nuevas oportunidades para el *P. infestans* en zonas donde no fue anteriormente un problema, pues las temperaturas bajas lo mantenían bajo control (CIP, 2002). El tizón tardío, como consecuencia del cambio climático podría extenderse a zonas hoy libres de esta patología (Alonso, 2008 y CIP, 2008).

Manejo de la edad y fecha de plantación

En la provincia de Cienfuegos desde 1996 se estableció como política fitosanitaria la utilización de los Manejos Integrados de Plagas que conllevó a la confección de un Manual el cual recoge las principales alternativas de manejo en los cultivos más importantes producto de los resultados y experiencias de investigaciones nacionales, provinciales y de algunos productores, demostrándose su alta efectividad y factibilidad técnico – económica en las condiciones de Cienfuegos (Castellanos *et al.*, 2000).

Es importante destacar la relación que existe entre la época de plantación del cultivo y el período más favorable para la aparición de los primeros brotes del tizón tardío. Está demostrada la importancia que tiene para el desarrollo epifitotológico el inóculo que se disemina con la semilla (Erwin y Ribeiro, 1996). Con la plantación tardía de papa se hace coincidir la fonología adecuada con el tiempo óptimo para la aparición de los primeros síntomas (Gómez y Suárez, 2001).

Desde 1978, año en que se fundó la Estación Territorial de Protección de Plantas de Yaguaramas, se han estado realizando observaciones sobre las epidemias del tizón tardío (Castellanos *et al.*, 1989, 1998) Según informes de campaña EPP Yaguaramas (2008), los niveles de distribución e intensidad del tizón tardío por cultivos en la Empresa Cultivos Varios Horquita han variado considerablemente de campaña en campaña en dependencia de las condiciones climáticas concurrentes, los cultivos presentes, las fechas de plantación y la calidad de los tratamientos fungicidas.

En muchas áreas el patrón de las condiciones climáticas que preceden al establecimiento del tizón tardío está bien determinado y sistemas de alerta son puestos en operación. Los sistemas de predicción para la aparición de los primeros síntomas de tizón tardío de la papa, son una herramienta muy valiosa en el manejo de la enfermedad, ya que determina el momento más oportuno para aplicar un fungicida (AgroNet, 2001).

Los sistemas de pronóstico para predecir el ataque de tizón han sido ampliamente utilizados y mejorados en los países desarrollados (Acuña *et al.*, 2005). Estos programas se utilizan como complemento a los Programas de Manejo Integrado de Plagas (IPM) y contribuyen al perfeccionamiento de los mismos, ayudando a realizar manejos técnicos más precisos, haciendo un uso eficiente y racional de los pesticidas.

En Cuba se ha trabajado por mucho tiempo con los métodos “Gráfico Móvil” (Hyre *et al.*, 1959) y de Naumova (1975). El método Naumova (1975) fue el primer modelo implementado en 1978 en las ETPP del país para hacer predicciones de la *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, aunque autores como Padrón (1982) y Mayea (1984) también investigaban desde la década del

sesenta acerca de modelos como el de Beaumont (1947), Wallin (1951), Hyre (1954) y Naumova para ser utilizados en las estrategias de control químico, aun cuando estos tendrían que ser modificados ya que en la segunda mitad de la década del ochenta existían evidencias de la aparición de brotes ligeros de la enfermedad en varias regiones del cultivo de la papa que el método de Naumova no fue capaz de predecir.

Esto motivó un análisis de las fechas de incidencia y desarrollo del tizón tardío y de los datos meteorológicos de diferentes campañas y regiones del cultivo de la papa y el tomate. Fue necesario profundizar acerca de las relaciones del comportamiento de la enfermedad con el clima, la evolución y validación de los métodos de pronósticos, así como la creación de un nuevo modelo, más eficaz, para las condiciones de Cuba (Gómez,1999).

Los métodos de pronóstico Naumova Modificado para predecir la aparición de los primeros síntomas y Umbral de lluvias para el pronóstico de la ocurrencia de epifitias fueron evaluados por primera vez en ocho localidades, durante 15 años y validados en dos de las tres Provincias que más áreas le dedican al cultivo, detectándose la importancia de los períodos favorables y la cuantificación de la lluvia como bondades de ambos, respectivamente; así como los desaciertos tener incluida la lluvia de forma cualitativa y un alto umbral critico de la temperatura media, también respectivamente (Gómez,1999). El uso combinado de los métodos Gráficos Móvil y Noumova Modificado ha resultado muy efectivo para las predicciones del tizón tardío, ya sea en forma de foco o de epidemia (Castellanos et al. 1998).

Se acepta la hipótesis, en el sentido que es factible y económicamente viable implementar los pronosticadores automatizados para controlar el tizón tardío de la papa, en los casos estudiados. Si bien los resultados obtenidos podrían haber sido mejores, esta experiencia aporta los primeros antecedentes de una nueva tecnología que se quiere implementar, para controlar el tizón tardío de la papa y que a futuro, se pretende mejorar con la experiencia adquirida en este proyecto (Flores *et al.*, 2008).

Un sistema de pronóstico para los tizones temprano y tardío de la papa, el moho azul del tabaco (SISPROSAV) se creó en la provincia de Cienfuegos sobre la base de varios resultados de investigación de trabajo práctico. Para el caso del tizón tardío de la papa se trabaja con la el método de Naumova modificado según los resultados de la provincia de Cienfuegos. En este participan el Centro Provincial de Meteorología, el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas y las empresas. Se elaboró un SOFTWARE en Borland Delphi, que captura los datos meteorológicos diarios, los procesa durante los días anteriores, los sustituye en los diferentes modelos de pronóstico y emite un reporte para los usuarios (Castellanos *et al.*, 2008).

Incidencia de *Phytophthora* spp en papa.

Acuña y Torres (2000), plantean que entre las enfermedades de las plantas más importantes a nivel mundial se encuentra el tizón tardío de la papa (*Solanum tuberosum* L) causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. En Cuba es un problema serio problema para la sanidad vegetal por su carácter epidémico (Hernández y Gómez, 2005). Por otro lado *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan. constituye uno de los principales agentes causales de enfermedades del tabaco en Cuba (Martínez *et al.*, 2007), sin embargo desde la campaña 1992-1993 los especialistas del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Villa Clara detectaron a este agente patógeno en el follaje de plantas de papa en el valle de Yabú. Síntomas similares se detectaron en las campañas 1994-1995 y 1995-1996 en diferentes localidades de la provincia de la Habana (Gómez *et al.*, 2002).

Una revisión realizada por Taylor y Pasche (2008) puso en evidencia que *P. nicotiana* se había informado en EU. como patógeno del tubérculo de la papa, asociado a *P. eritroseptica*, causante de la pudrición rosada, pero no se había confirmado como causante de tizón en el follaje hasta el año 1983 en el estado de Texas. Posteriormente se adicionaron dos estados más en 1994 (Deleware y New Jersey) y durante un estudio más amplio realizado entre los años 2005 y 2007 se comprobó que el patógeno era responsable de afectaciones al follaje y al tubérculo en otros tres Estados: La Florida, Nebraska y Missouri.

Estudio de caso. Incidencia de *Phytophthora* ssp en papa en la Empresa Cultivos Varios Horquita en relación con el cambio climático.

El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary incidió durante 16 campañas en un período de 30 estudiadas en esta Empresa (1978-79 a 2007-2008) lo que representa el 53.3 % de ocurrencia. Estuvo presente desde las campañas 1978-1979 hasta 1989-1990 en cinco ocasiones. En el período de las campañas 1990-1991 hasta 1999-2000, la enfermedad se presentó ocho ocasiones. En el último período, campañas 2000-2001 hasta 2007-2008 la enfermedad incidió solo en tres. La enfermedad afectó más del 20% del área cultivada de papa en diez campañas (1981-1982, 1982-1983, 1991-1992, 1992-1993, 1993-1994, 1995-1996, 1996-1997, 1997-1998, 2004-2005, y 2007-2008). De ellas, dos en la década del 80 (16.6 %) seis en la década del 90 (80 %) y dos en el presente siglo (25%). Esto indica una disminución de la frecuencia de aparición, pero también de la severidad de ataque de la enfermedad en el presente siglo con respecto a la década del 90, lo cual ha sido atribuida por los técnicos de la ETPP Yaguaramas (ETPP Yaguaramas, 2008) al cambio del clima que se ha estado produciendo en los últimos años (Yanes *et al.*, 2012)

Estos autores determinaron que en las 30 campañas en estudio en el primer período de un total de 12 campañas solo en cinco 1979-1980, 1981-1982, 1982-1983, 1985-1986 y 1986-1987 incidió *Phytophthora infestans* lo que representó 41.6 % de campañas afectadas; de ellas 1979-1980, 1981-1982 y 1986-1987, la primera observación constituyó un foco de tizón y en dos 1982-1983 y 1985-

1986, epidemia fuerte. En el segundo período de diez campañas solo en dos 1990-1991 y 1999-2000 no incidió y en el resto si apareció lo que representó 80% de campañas afectadas; en tres 1992-1993, 1994-1995 y 1998-1999, la primera observación constituyó un foco de tizón, otras tres 1991-1992, 1996-1997 y 1997-1998 epidemia leve y en dos 1993-1994 y 1995-1996, epidemia fuerte. En el último período de ocho campañas en tres 2002-2003, 2004-2005 y 2007-2008, incidió el hongo lo que representó 37.5 % de campañas afectadas y en las tres, la primera observación constituyó epidemia leve.

Esta información resumida pone en evidencia no solo una disminución en la frecuencia de incidencia de la enfermedad en los últimos años, sino también una disminución de los niveles de severidad de la enfermedad, lo cual puede estar asociado con el aumento de la temperatura que se ha producido, sin embargo investigadores del CIP (2008) y Alonso (2008) alertan sobre la posibilidad de que con el cambio climático el tizón tardío, podría extenderse a zonas hoy libres de esta patología, mientras que en la presente información se observa un proceso inverso donde el tizón tardío tiende a disminuir

En la provincia de Cienfuegos, no fue hasta la campaña 2002-2003 que se informa oficialmente a *P. nicotianae* en el cultivo de la papa. La coexistencia de dos enfermedades causadas por especies del género *Phytophthora* en el mismo cultivo en la Empresa Cultivos Varios Horquita, ha sido motivo de preocupación en los últimos años, sin que se hayan realizado investigaciones que esclarezcan, desde el punto de vista científico, la influencia de diferentes factores climáticos, varietales y fenológicos en la incidencia de los dos agentes patógenos por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia de *Phytophthora infestans* y *Phytophthora nicotianae* en el cultivo de la papa en Cienfuegos (Yanes *et al.*, 2012).

Durante todas las campañas en estudio se observaron áreas afectadas por *Phytophthora nicotianae*, las cuales manifestaron un incremento paulatino en las últimas tres campañas hasta alcanzar más del 45 % de las áreas afectadas en la campaña 2007-2008. *Phytophthora infestans* incidió en dos campañas del cultivo, 2004-2005 y 2007-2008 siendo mayor las áreas afectadas por este fitopatógeno que por *P. nicotianae*.

Al comparar la distribución de los patógenos en estudio pudo observarse que esta variable no alcanzó en las campañas estudiadas el valor de 15 % para *Phytophthora nicotianae* mientras que fue superior a 22% para *Phytophthora infestans* (Mont) para las dos campaña en que este incidió (campañas 2004-2005 y 2007 – 2008)

Un análisis de la temperatura promedio de diciembre a marzo en el período 2000 -2008 arrojó un aumento de 0,568 °C con respecto a la temperatura promedio histórica para el período en la Empresa de Cultivos Varios de Horquita, lo cual se corresponde con el aumento de la temperatura general que se está produciendo

en el país como consecuencia del cambio climático y que pudiera producir afectaciones en varios cultivos a nivel mundial (Altieri y Nicholls, 2007). Es posible que esto explique el establecimiento de *Phytophthora nicotianae* como una enfermedad endémica en el cultivo de la papa y la menor frecuencia de aparición de *Phytophthora infestans* con respecto a lo informado por Castellanos *et al.* (1998) para esta Empresa para la década del 90 cuando el tizón tardío incidió en el 80% de las campañas.

Consideraciones finales

La estrecha relación de la epidemiología de las enfermedades de las plantas con las condiciones meteorológicas presentes, fundamentalmente, la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones, las hace dependientes de las variaciones que se producen por el calentamiento global. El caso analizado sobre *Phytophthora* spp en papa en la Empresa Horquita, lo ponen en evidencia.

Una reflexión similar con respecto al aumento de la incidencia de *P. nicotiana* motivada por el incremento de la temperatura en diferentes zonas de Estados Unidos, donde se habían producido inviernos más cálidos hicieron Taylor *et al.* (2008). Por otra parte Vaillan y Gómez (2009) coinciden con los presentes resultados al atribuir el aumento de los hospedantes de *P. nicotiana* en Cuba al aumento de la temperatura y al cambio del clima.

Los resultados expuestos indican la necesidad de profundizar en la incidencia de las enfermedades ante los cambios del clima que se vienen manifestando en los últimos años y que obligará en algún momento a los agricultores a variar los sistemas de manejo que tienen establecidos en los cultivos.

Referencias bibliográficas

- Acuña, I. y Torres, H. (2000). El Tizón tardío de la papa. Osorno, Chile. Boletín N° 22. 2 p.
- Acuña, I., Bravo R., Sagredo B., Gutiérrez M., Maldonado I., Inostroza J., Gaete N., Secor G., Rivera V., Solano J., Bravo C., De la Barra R., Kalazich J., Rojas J., y Vera C. (2005). Uso de pronosticadores para el desarrollo de estrategias de manejo integrado del tizón tardío de la papa en la zona sur de Chile. XIV Congreso Nacional de Fitopatología. Talca – VII Región – Chile: s.n p 47..
- AgroNet. (El portal Agrícola Mexicano) (2001). Los Mochis Sin, México. Enero, no. 2470. Disponible en: <http://www.agronet.com>. (Consulta: 10 marzo.2009).
- Alonso, J.L. (2008). La papa y el tizón tardío; La papa y el calentamiento global. Bitácora de Papa. Disponible en: <http://bitacoradelapapa.wordpress.com>. (Consulta 10 marzo 2009)

Altieri, M.A., y Nicholls C.I. (2007). Cambio Climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. *LEISA*, Lima. Perú. Vol (24) No. 4, pag 5-8. ISSN: 1729-7419.

Andréu, C. M. y Gómez J. (2007). *La Sanidad Vegetal en la Agricultura Sostenible* Agentes bióticos causantes de enfermedades en las plantas. Capítulo 4. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, p, 126-244

Beaumont, A. (1947). The Dependence on Weather of the Dates of Outbreaks of Potato Late Blight Epidemics, *Trans. Brit. Mycolo. Soc.*, Inglaterra, 31: 45-53.

Campbell, C.L., y Madden U.C.. (1992). *Introduction to plant disease epidemiology*.-- New York. 532 p.

Castellanos, L., Rodríguez C., y Rivero T. (1989). Efectividad del método Naumova para el pronóstico del tizón tardío de la papa en la provincia Cienfuegos durante siete años. *Agrotécnia de Cuba*. Vol. 21 No.1: 73 – 82, 1989.

Castellanos L., Rivero T., Pérez A., Roselló B., Jiménez R., Dueñas M., Rodríguez A., y Acea R. (2000): Manual para el establecimiento del manejo integrado de plagas en la provincia de Cienfuegos .LAPROSAV. Cienfuegos. Cuba.

Castellanos L., Rivero T., Martín C., y Pajón J. (1998). Ocurrencia y pronóstico del tizón tardío en Cienfuegos, Cuba. *Centro Agrícola*. 25.1, 16-21.

Castellanos L., Rivero T., Mora F., Brito P., Rivas B., y Pajón J (2008). Explotación de un nuevo Sistema de Pronóstico (SISPROSAV) para cuatro agentes fitosanitarios. Anuario Científico. Universidad de Cienfuegos.

Castellanos, L. (2012). Manejo integrado de *Alternaria solani* Sor. en papa. Saarbrücken, Alemania. Editorial Academia Española. 126p.

CIP. Centro Internacional de la papa (2002). Informe Anual. La Molina, Lima, Perú. Disponible en: <http://www.cipotato.org/cip/spanish/about.asp> (Consulta: 10 de marzo 2009)

CIP. Centro Internacional de la papa (2008). Informe Anual. La Molina, Lima, Perú. Disponible en: <http://www.cipotato.org/cip/spanish/about.asp> (Consulta: 10 de marzo 2009).

EPP Yaguaramas. (2008). Estación de Protección de Plantas. Informes de campañas del cultivo la papa desde la campaña (1978-1979 hasta 2007-2008).

Erwin, D. C., y Ribeiro O.K. (1996). *Phytophthora. Diseases Worldwide*. The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota EEUU.

Espino, E. (2006). *Manual Práctico del supervisor agrícola del Tabaco*. IIT. La Habana. 60p.

Fernández, A. (2002) .Biología de *Phytophthora parasítica* var. *nicotianae*. I. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del hongo. *Agrotécnia de Cuba*, 28 (1): 48-53.

Flores P.; J. Lerdon; B. Rodrigo y I. Acuña. (2008). Factibilidad de implementar pronosticadores automatizados para controlar el tizón tardío de la papa en el sur de Chile. *AGRO SUR* 36 (1) 37-42.

Gómez G. y Suárez M. (2001). Pronóstico del Tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) de la papa en Cuba. I. Análisis de la edad del cultivo e intervalo de tiempo óptimo para el surgimiento de los primeros brotes de la enfermedad. *Fitosanidad* 5 (2): 23-28.

Gómez, G., Suárez M., Moisés F., Rivero R., y Hernández A. (2002). Pronóstico tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) de la papa en Cuba. II. Evaluación de la efectividad del modelo Naumova modificado. *Fitosanidad*. Vol. 6, No. 2: 35-38.

Hernández K., y Gómez G. (2005). Aplicación de Marcadores bioquímicos y moleculares en poblaciones de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary causante del tizón tardío en papa y tomate. *Fitosanidad*. Vol. 9, No. 4: 50.

Hyre, R.A. (1954). Progress in Forecasting Late Bligh of Potato and Tomato. *Plant Disease*, 38: 245-253.

Hyre, R.A. Bonde R., y Johnson G. (1959). La relación entre la lluvia, la humedad relativa y la temperatura con el tizón tardío en Maine, en *Plant, Dis. Reprtr.* 43.

Labrada, H., Miranda S., y Vargas D. (2007). ¡El mundo está caliente! ¿Cómo lo “enfriamos” desde la agricultura?. *LEISA*, Lima. Perú. Vol (24) No. 4: 9-11.

Lucca M.F., de Jerónimo S., Capezio S., y Huarte M. (2008). Validación de modelos predictivos de tizón tardío y desarrollo de un servicio de extensión en la Argentina Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). *Actualidad Papera*. Año 7 - Nº 21. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/index.htm>. (Consulta 10 Marzo 2009)

Márquez, M., Valdés N., Pérez D., Ferro E.M., y Rodríguez Y. (2007). Consideraciones sobre el papel de los ecosistemas agrícolas en la mitigación del cambio climático. *LEISA*, Lima. Perú. Vol (24) No. 4, pag 14-16. ISSN: 1729-7419.

Martínez E.; Barrios G.; Robesti L., y Santos R. (2007). *Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico*. Cuba. CNSV, Entrepueblos, España; GVT, Italia. 526

Mayea, S. (1984). Biologie, Okologie und, Bekampfund von Kartoffel in Cuba, disertación para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, Rostock.

Mayea, S., Herrera L., y Andreu C.M. (1985). Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. Cuba.

Naumova, E. (1976). Método de pronóstico de tizón tardío orientado por la estación de prueba de productos. Direc. Nac. De Sanidad Vegetal, Cuba.

Padron, S.J. (1982). Humbrales de lluvia para el pronóstico del tizón tardío en Cuba. *Ciencia y Técnica en la Agricultura, serie Protección de Plantas*, 5(2): 77-85, La Habana.

Rodríguez, J. (1980). Metodología de señalización y pronóstico del moho azul

según índice de peligrosidad modificado. IISV. La Habana. Cuba.

Sherwood, S., Oyarzun P., Borja R., Ochoa M., y Sacco C. (2007). Katálisis: ayudando a los agricultores andinos a sobre llevar el cambio climático. (LEISA), Lima. Perú. Vol (24) No. 4, 22-24.

Taylor R.J., Pasche J.S., Gallup C.A., Shew H.D., Gudmestad N. C. (2008). A foliar blight and tuber rot of potato caused by *Phytophthora nicotianae*: New occurrences and characterization of isolates. Plant Disease. 92 (4):492-503.

Vaillan, D I, Gómez G. 2009. Incidencia de *Phytophthora nicotianae*:y *Phytophthora infestans* en Cuba, Agricultura Técnica de México. 35 (2): 219-223.

Van der Plank, J.E. (1963). *Plant disease: epidemics and control*. Academic Press New York. 349 p.

Van der Plank, J.E. (1975) *Principles of plant infection*. Academic Press, London,. 216 p.

Wallin, J. R. (1951). Forecasting Tomato and Potato Late Blight in North – Central Region, *Phytopathology*, 47:37-38.

Yanes N., Castellanos L., y Morejón N. 2012. *Contribución al Manejo de dos especies de Phytophthora en papa*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Academia Española. 55p

Zadocks, J.C, and Schein, R.D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*. New York, Oxford University Press. 427 p.

Fecha recibido: 23/06/2013
Fecha de aprobación: 10/12/2013