

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica



Sistema de pronóstico del tizón tardío de la papa en la provincia de Villa Clara.

Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo

Diplomante: Denton George Alvaranga Jr.

Tutores: Dr. C. Orlando M. Saucedo Castillo.

MSc. Reinaldo Quiñones Ramos.

Año: 2010

Resumen

Basado en la importancia que representa el control fitosanitario del tizón tardío en el cultivo de la papa para nuestra provincia y país, se evaluó la generalización de un modelo de pronóstico del tizón tardío en la provincia de Villa Clara, denominado “BMS”, el cuál se modificó en base a la real coincidencia con las predicciones emitidas históricamente en comparación a métodos anteriores en la totalidad de las empresas agropecuarias de la provincia de Villa Clara en la campaña 2009-2010. Se pudo determinar eficiencia de los métodos que pronostican la infección primaria de la enfermedad (fase I y II), los cuales se correspondieron eficientemente con la no predicción de la enfermedad y la ocurrencia de la misma. Además se estudiaron las Comparaciones múltiples de proporciones. (Grados de severidad) de (0 – 1) (relaciones existentes entre el número de horas de HR ≥ 90 % diarias y los valores promedios de temperatura en dicho período favorables a la enfermedad), entre las cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en las regiones climáticas de la provincia de Villa Clara y los meses de ocho campañas de papa (Noviembre a Marzo), para las seis primeras campañas del estudio (2002-2003 a 2007-2008), así como la comparación de las proporciones de las campañas 2008-2009 y 2009-2010 por meses, respecto a la proporción media de los seis campañas anteriores. Se establecieron satisfactoriamente los Modelos de pronóstico de Grados de Severidades a la enfermedad por región climática permitiendo estimar los modelos de pronóstico de la enfermedad.

Indice

Introducción.....	1
--------------------------	----------

Capítulo 1. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1 Importancia económica del tizón tardío en el cultivo de la papa.....	3
1.2 Relaciones entre principales parámetros epidemiológicos y factores abióticos....	4
1.3 Control Químico.....	6
1.4 Los sistemas de pronósticos del tizón tardío en el cultivo de la papa.....	8
1.4.1 Concepto e importancia.....	8
1.4.2 Diferentes tipos de pronósticos.....	10
• Pronóstico a corto plazo	
• Pronóstico a largo plazo	
• Pronóstico para muchos años	
• Pronóstico Territorial	
• Pronóstico basado en condiciones del tiempo favorable para ciclos secundarios.	
• Pronóstico basado en la valoración directa de las poblaciones de patógenos	
1.4.3 Principales métodos de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa.....	12

Capítulo 2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 Características climáticas por regiones de la provincia de Villa Clara.....	16
2.2 Valoración del modelo de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa...16	
2.3 Procesamiento Estadístico.....	19

2.3.1 Comparaciones múltiples de proporciones. (Grados de severidad).....	19
---	----

2.3.2 Modelos de pronóstico de Grados de Severidades a la enfermedad por región	
---	--

Climática.....	19
----------------	----

Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1 Características climáticas por regiones de la provincia de Villa Clara.....	20
---	----

3.2 Valoración del modelo de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa...	21
--	----

3.3 Procesamiento Estadístico.....	25
------------------------------------	----

3.3.1 Comparaciones múltiples de proporciones. (Grados de severidad).....	25
---	----

3.3.2 Modelos de pronóstico de Grados de Severidades a la enfermedad por región	
---	--

Climática.....	28
----------------	----

Conclusiones.....	31
--------------------------	-----------

Recomendaciones.....	32
-----------------------------	-----------

Referencias Bibliográficas....	33
---------------------------------------	-----------

Anexos.....	37
--------------------	-----------

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) nacionalmente y en la provincia de Villa Clara es considerada uno de los principales cultivos de la época invernal. Representando una parte importante en la dieta de la población, invirtiéndose por el estado cubano grandes insumos en la actividad fitosanitaria con el objetivo de lograr elevados rendimientos productivos. El cultivo de la papa es afectado por diferentes enfermedades fúngicas, valorándose dentro de las de mayor afectación el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary y el tizón temprano por *Alternaria solani* Sor.

El tizón tardío es la enfermedad más importante en el cultivo de la papa y se presenta en casi todas las regiones donde se desarrolla el cultivo, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, pudiéndose destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial. La enfermedad es de particular importancia en los trópicos altos de los países en desarrollo, donde causa rendimientos bajos cuyas pérdidas anualmente ascienden a \$2,750 millones de dólares, así como el gasto en la adquisición de fungicidas (profilácticos y terapéuticos) utilizados en el manejo de la misma.

Internacionalmente se han desarrollado investigaciones básicas en relación a la evolución de la enfermedad y las posibilidades de predicción y control, pudiéndose citar a; Jeusen, 1887; Van Everdingen, 1926 (Holanda); Beaumont, 1934 (Inglaterra); Ducomet y Foex, 1939 (Francia); Wallin, 1949 (EEUU); Grainger, 1950 (Escocia); Muller, 1950 (Alemania); Large, 1950–1952 (Inglaterra); Thram, 1952 (Alemania); Bourke, 1953 (Irlanda); Hyre, 1954 (EEUU); Forsund, 1956 (Noruega); Van der Zaag, 1956 (Holanda); Aerts, 1958 (Bélgica); Guntz, 1959 (Francia) citados por (Cohen, 2008).

Teniéndose en cuenta la íntima dependencia entre el registro climático y la incidencia y desarrollo de *P. infestans* en Cuba, se destacan los estudios realizados por Mayea y col., (1972); Mayea y col., (1973); Mayea y col., (1974) y Saucedo (1996). Según investigaciones realizadas por la Universidad Central de Las Villas a partir del año 1971, el método de predicción "gráfico móvil" Hyre, (1959), se adecua a nuestras condiciones climáticas.

Tomando en consideración la importancia que representa el control fitosanitario del tizón tardío en el cultivo de la papa para nuestra provincia, seleccionamos el tema investigativo, el cual permitió evaluar la generalización de un modelo de pronóstico del tizón tardío en la provincia de Villa Clara, denominado “BMS”, el cuál se modificó en base a la real coincidencia con las predicciones emitidas históricamente en comparación a métodos anteriores. (Saucedo, 2006).

Basado en los estudios realizados en la provincia de Villa Clara sobre los sistemas de predicción del tizón tardío en el cultivo de la papa, así como la necesidad de que los productores (empresas y cooperativas), conozcan con precisión la aparición y desarrollo de la enfermedad en el cultivo y su control más eficiente, nos proponemos la siguiente hipótesis:

“Si se establecen Sistemas para el pronóstico del tizón tardío en la papa, es posible lograr el uso racional y eficiente de los medios fitosanitarios en la provincia de Villa Clara.”

Para satisfacer esta Hipótesis se propuso el siguiente objetivo general:

Objetivo General.

1. Valorar la generalización del sistema de pronóstico del tizón tardío (BMS) en el cultivo de la papa en la provincia de Villa Clara.

Objetivos específicos

1. Estudiar la señalización del sistema de predicción del tizón tardío (BMS) en las áreas de producción dedicadas al cultivo de la papa en Villa Clara.
2. Determinar el registro histórico y la tendencia de los valores de severidad del tizón tardío en la provincia de Villa Clara.
3. Establecer la posibilidad de modelar el pronóstico de los grados de severidades en áreas del cultivo de la papa en la provincia de Villa Clara.

Capítulo 1

1. Revisión Bibliográfica

1.1 Importancia económica del tizón tardío en el cultivo de la papa.

El tizón tardío es la enfermedad más importante en el cultivo de la papa y se presenta en casi todas las regiones, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, pudiendo destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial (Goeminne y col. 2008). Su agresividad afecta negativamente la rentabilidad del cultivo al depender en gran parte de la aplicación de fungicidas y del uso de variedades con resistencia de campo (Johnson y col., 1998). En general, el tizón tardío puede desarrollarse como epidemia en determinados rangos de temperatura y en el campo se comporta como una enfermedad policíclica, originando una curva de progreso cuya forma varía de acuerdo con las condiciones climáticas (Harrison, 1992).

En Bolivia, el tizón tardío es la enfermedad más importante de la papa en zonas húmedas, afectando aproximadamente 20,000 ha del cultivo, de las cuales una gran parte está dedicada a la producción de semilla. En estas zonas el tizón puede devastar los cultivos de papa en tres a cuatro días y las pérdidas pueden llegar hasta un 100% debido al desconocimiento de estrategias adecuadas de control por parte de los agricultores. A menudo, los campos son abandonados por la impotencia de los agricultores para el control de la enfermedad. Se estima que más de 40,000 familias de agricultores paperos son afectados por el tizón. En las 20,000 ha de papa afectadas, la enfermedad ocasiona una pérdida directa de alrededor de \$ 30 millones/año (USD)). La mayor parte del área afectada está en regiones productoras de semilla que actualmente escasamente cubren el 5% de las necesidades urgentes nacionales de semilla de calidad. Esta pérdida indirecta que ocasiona la enfermedad, magnifica la importancia del tizón en Bolivia como un factor limitante en la producción y productividad del cultivo de papa, el de mayor importancia en la economía agrícola del país (Gamboa 1999).

El cultivo de la papa en Cuba es dependiente esencialmente de importaciones de semillas provenientes de Holanda y Canadá, estando condicionado el desarrollo del tizón tardío en gran medida a la situación fitosanitaria de las semillas importadas y de las frecuencias y estabilidad de los frentes fríos que entran al país, que garantizan condiciones del tiempo favorables al desarrollo de epidemias.

En nuestro país en la campaña 1986-1987 y 1987-1988 existieron afectaciones del tizón tardío en las localidades de Colón, Güines, Güira de Melena y Jovellanos, aunque no con características severas. A finales de esa década los inviernos fueron lo suficientemente cálidos para que la enfermedad no se presentara de forma epifitótica, no obstante las considerables precipitaciones que ocurrieron en algunas localidades. El 1992-1993 se presentó como epifitosis moderada en Melena del Sur y Güira de Melena pero pudo ser controlada con tratamientos químicos, sin embargo en la siguiente campaña 1993-1994 el tizón tardío se presentó como una de la más severa enfermedad ocurrida a finales del siglo (Gómez y col., 1999).

1.2 Relaciones entre principales parámetros epidemiológicos y factores abióticos.

La representación simbólica de una epifitosis ha variado con el tiempo. En un inicio fue significada como el triángulo de la enfermedad, donde hospedante, patógeno y ambiente, así como interacciones constituían los roles más importantes; posteriormente fue reemplazado por el tetraedro de la enfermedad, en el cual el hombre ocupa un lugar cimero. En 1990, Wagner (citado por Coakley, 1993) modificó el triángulo, ampliándolo de tal forma que muestra el efecto directo e indirecto de los factores bioesféricos sobre el patógeno, hospedero y las interacciones entre ellos, incluyendo el mecanismo de retroalimentación resultante de esa interacción.

Se argumenta que el tizón tardío requiere de ciertos factores ambientales favorables para aparecer epidémicamente en una determinada zona de Colombia. Algunos de estos son: temperaturas permanentes inferiores a 12 °C, alta nubosidad durante el día y la noche y precipitaciones frecuentes. Conociendo lo anterior, los investigadores generaron en su momento algunos criterios para manejar la enfermedad, basados en la humedad relativa y en la precipitación. El propósito en ambos casos era determinar un momento crítico en el cual realizar una aplicación efectiva del químico. Aunque los primeros trabajos se inclinaron

por la humedad relativa, poco a poco se fueron abandonando debido a la gran dificultad para registrarla a nivel de finca (equipos costosos y de difícil manejo por parte del productor).

Gudmestad, (2003) menciona que los factores climáticos asociados con la distribución de tizón tardío fueron prolongados períodos de humedad con incrementos de temperatura que pudieron promover la esporulación, seguido de períodos de agua líquida sobre las hojas que favorecieron la germinación de los esporangios y la infección.

Ortiz *et al.*, (2004), destacan que los factores climáticos guardan relación cuando la curva de progreso de la enfermedad alcanza su fase exponencial y se registran los valores más alto de lluvia (69,86 mm). De igual manera la humedad relativa se mantiene por encima de 75 %, valor mínimo considerado para la producción de esporangios.

Según Harrison, (1992), las temperaturas óptimas para el desarrollo del patógeno oscilan entre 18,3 a 23,3 °C.

Guardiola (1969), destaca que la temperatura es el elemento más afectado en el microclima en el cultivo de la papa, ya que el cultivo inmoviliza una capa de aire entre sus hojas y tallos, lo que perjudica la conductibilidad térmica. Esto demuestra que durante el día, cuando el perfil vertical de la temperatura presenta normalmente un tramo superdiabático junto al suelo desnudo, el recalentamiento es más exagerado aún durante las primeras fases del cultivo, mientras el porte de la plantación no excede de medio metro de altura y entre 0,5 y 1,5 m se inicia cierto enfriamiento junto al suelo natural, dando lugar a un perfil con punto de inflexión.

Según investigaciones de Wallin, posterior a 1962 se ha demostrado que los valores de severidad (registros de humedad relativa superior al 90 %) que favorecen la predicción del tizón tardío, obtenidos dentro del cultivo de la papa, pueden ser del doble de los recogidos fuera del mismo, explicándose esta diferencia por la relación entre microclima y macroclima, que no es constante o fácil de predecir. La magnitud de la disparidad en un tiempo dado está estrechamente relacionado con la cubierta de nubes, movimiento del aire, temperatura y humedad relativa del microclima, (Krauser, 2008).

De acuerdo a la clasificación de las epifitotias realizadas por Van der Plank (1963), el tizón tardío causa epidemias policíclicas, que comienza con bajos niveles de inóculo y si el ambiente favorece, se incrementa de forma exponencial.

1.3 Control Químico.

Fernández-Northcote y col., 1999, señalan que en países desarrollados la enfermedad es controlada mediante el empleo de fungicidas, pero en Bolivia como en otros países en desarrollo, el alto costo de los mismos limita su utilización. Esto se agrava por el desconocimiento de estrategias de aplicación de fungicidas y su uso racional.

Según estudios referentes al control del tizón tardío en el cultivo de la papa, el fungicida Mancozeb, comúnmente el producto más usado para el manejo del tizón tardío en la región andina y cuyo uso recientemente ha sido limitado, en los Estados Unidos. Basados en las experiencias obtenidas en la provincia de Carchi, Ecuador y otras partes de Latinoamérica, así como en la literatura académica, los autores señalan la limitación de su uso con miras a mejorar la salud humana y la conservación de los ecosistemas. A simple vista, la disminución en la exposición a los fungicidas puede parecer una acción muy simple de informar a las comunidades sobre los riesgos que trae el uso de plaguicidas, promover el uso de equipo de protección personal e introducir tecnologías alternativas. Sin embargo, la llegada a una dependencia en los plaguicidas peligrosos ha sido el resultado de una co-evolución de factores biológicos y sociales, que hoy día se mantiene debido a las demandas del mercado de papas, a la seguridad productiva que los agricultores encuentran en el uso de plaguicidas y a una mega-industria de agroquímicos en la región. Esta situación hace que la meta de reducir el uso de plaguicidas se convierta en un objetivo socialmente complejo y en un gran desafío político.

Según Jaramillo (2008), actualmente existen cinco grupos principales de nuevos productos sistémicos que son activos para el control del tizón tardío, los cuales se pueden trasladar hacia la parte superior de la planta con la transpiración (apoplasto) a las nuevas zonas de crecimiento o hacia abajo por el floema (simplast), o en ambos sentidos, tales como el Fosetil de Aluminio o translaminar como el Cymoxanil, los cuales se indican a continuación:

Carbamatos (Prothiocarb y Propamocarb); Isoxazoles (Tachigaren (5- methylisoxasol-3-ol);

Cyanoacetamide-Oximes: (Cymoxanil); Ethyl phosphonates (Fosetyl de aluminio) ;

Phenylamides: Furalaxyl, Benalaxyl, Acylamino-butyrolactones; Cyprofuram, Acylamino-oxazolidionones.

El fluazinam es un fungicida cuyo uso a dosis bajas actúa como protectante con excelente acción residual; por su actividad antiesporulante puede ser utilizado en las últimas tres aplicaciones para prevenir la infección de tubérculos. Es un potente desactivador de la fosforilación oxidativa e inhibe la transferencia de protones a través de las membranas mitocondriales (Egan y col., 1995).

El propamocarb es un carbamato, que demostró sinergismo en mezcla con mancozeb para el control del tizón tardío, en papa. Tiene movimiento translaminar en las hojas, pero poco movimiento sistémico acropétalo o basipétalo. Afecta las membranas celulares, pero su acción es principalmente fungistática. Aunque químicamente no tiene relación con las fenilamidas, en Israel se encontró, que es menos efectivo en aislamientos resistentes a fenilamidas (Egan y col., 1995).

El dimetomorf es un derivado del ácido cinámico con acción sistémica local, tiene actividad translaminar (a través de la hoja), y fuerte resistencia al lavado por las lluvias. Fue muy activo contra líneas de *P. infestans* resistentes al metalaxyl. Su actividad fue asociada a la supresión de los procesos de formación de la pared celular de las zoosporas. Impide la germinación de esporangios y zoosporas, llegando a ser letal (Egan y col., 1995).

Las fenilaminas y el desarrollo del Metalaxyl (fenilamida) fue un éxito en el control de patógenos como *Phytophthora*, por su efectividad y efecto curativo a bajas dosis en condiciones de alta presión de la enfermedad, lo que hizo que fuera tan atractivo para los agricultores, quienes explotaron sus potencialidades al máximo, presionando la resistencia (Nuninger y col., 1995).

Navia y col., (2000), destacan que en áreas del cultivo de la papa en el Dpto. de Cochabamba, Bolivia se desarrolló una estrategia para el control químico del tizón tardío, la cual estuvo basada en aplicaciones semanales (cada 7 días) de productos de contacto y sistémicos. Se inicia con aplicaciones preventivas con productos de contacto y se usan

productos sistémicos cuando hay alta presión de la enfermedad. Los productos sistémicos pueden ser aplicados de manera continua, alternando dos o más productos sistémicos.

1.4 Los sistemas de pronósticos del tizón tardío en el cultivo de la papa.

1.4.1 Concepto e importancia.

En el período actual de la agricultura intensificada, el rendimiento de los cultivos depende en un buen grado de su protección oportuna de las plagas y enfermedades. Sin previsión oportuna, es decir, sin un pronóstico de aparición, propagación y desarrollo de los elementos nocivos, es imposible planificar racionalmente y realizar efectivamente los trabajos de Protección de Plantas, pudiéndose determinar en tal sentido la dimensión de las áreas en que es necesario ejercer el control, teniendo como resultado una mayor racionalidad y economía de las medidas de Protección de Plantas que se aplicaron (Berioskin, 1980).

Forbes (2005), señala la importancia del pronóstico de las enfermedades y la necesaria utilización de los modelos que permitan la introducción de los datos, con el objetivo de realizar la señal de aplicación o control, obteniéndose positivos resultados dentro de la actividad fitosanitaria, destacándose entre otros aspectos los siguientes:

- Mejor control de la enfermedad, mediante la óptima utilización del momento de ejercer las medidas de control fitosanitario.
- Favorable resultado económico, mediante la obtención de mayores rendimientos agrícolas, así como la reducción en el empleo de productos pesticidas.
- Menor contaminación del medio ambiente, con una mayor seguridad al personal encargado de aplicar los productos químicos, basado en el uso racional de las medidas de protección.

El pronóstico de enfermedades tiene importancia desde tres puntos de vista, científico, económico y de sanidad. Su importancia científica, consiste en la observación permanente de la plaga o enfermedad y así puede ofrecer datos a la ciencia que ayudan a su enriquecimiento. Además constituye una forma de planificar el control de los elementos nocivos. La importancia económica está dada por la mejor planificación de la protección de plantas, que es la rama más implanificable de la agricultura. El control químico se puede realizar en el momento óptimo y no ciegamente, ayudando al ahorro de materiales y mano de obra. Tiene importancia en la sanidad de seres vivos, al realizarse el control en el grado necesario y en el momento más efectivo, disminuyendo el peligro de romper el ambiente, con menor daño al hombre, animales y a la naturaleza en general. La protección integral, compleja y moderna de las plantas cultivadas hoy, ya no puede carecer ni privarse del pronóstico (Berioskin, 1980).

Herrera, 1994, señala que en la sanidad vegetal los pronósticos tienen gran significación, pues pueden suministrar datos sobre las posibilidades de la aparición de los parásitos, así como los daños que estos pudieran ocasionar. En la lucha contra los parásitos se debe hacer una diferencia entre el pronóstico de los ataques y el de los daños que ocasionarían dichos ataques.

La posibilidad de desarrollar sistemas o métodos de pronósticos de enfermedades en los cultivos, se justifica, entre otros aspectos por;

- La enfermedad tiene gran importancia económica que justifican los estudios y la inversión.
- La aparición e intensidad del desarrollo y expansión de la enfermedad es marcadamente relacionada a factores ambientales medibles.
- Existen medidas prácticas de control que pueden ser puestas rápidamente en ejecución. (Fry., 2009).

1.4.2 Diferentes tipos de pronósticos.

Según Pérez, 1990, existen diferentes tipos de pronóstico de enfermedades, tales como:

- Pronóstico a corto plazo.

Se ocupa de la previsión de los diferentes plazos de aparición y niveles de daños de los agentes nocivos. Durante la temporada de desarrollo de los cultivos, éste pronóstico se establece limitado a algunas semanas y generalmente a unos días de antelación. El momento de partida, en el establecimiento de los pronósticos a corto plazo, es la determinación de la primera aparición de los agentes nocivos. Generalmente la fuente de infección es de origen local y es necesario un estudio cuidadoso de estas fuentes para pronosticar con éxito. Zchumakov, (1980). Este tipo de pronóstico es el más desarrollado actualmente y en el que existen mayor fundamentación científica; para su establecimiento es imprescindible el conocimiento de las particularidades de la biología del agente en cuestión y sus interrelaciones con los factores ambientales y la planta hospedera, como su objetivo principal es la determinación del momento en que ocurrirá la primera aparición de los agentes nocivos y posteriormente las infecciones secundarias es importante en la práctica conocer de antemano la posibilidad de una nueva infección. Está muy relacionado a la utilidad el uso de los pronósticos sinópticos del tiempo con los cuales se puede prever en dos o tres días la composición y la cantidad de los agentes nocivos.

- Pronóstico a largo plazo.

Estos pronósticos contemplan períodos prolongados que pueden ser semanas o meses y generalmente de un año a otro. Tiene gran significación el conocimiento de los índices cuantitativos de la contaminación. Algunas veces el pronóstico puede ser la reseña del inicio de la contaminación o los grados de ataque obtenidos en las plantas en la estación anterior.

La cantidad del inóculo tiene gran importancia para el pronóstico de aquellos agentes dañinos que en el transcurso del período vegetativo pasan algunas generaciones, y los cuales bajo condiciones favorables son capaces de acumularse rápidamente. La cantidad de inóculo se considera generalmente relacionada con el pronóstico de otros factores (ej. agroclimáticos). Es igualmente necesario conocer la

distancia entre la fuente de infección y la siembra. Sobre la base de las relaciones de desarrollo de los agentes dañinos con los distintos factores del estado del tiempo, se establecen ecuaciones de regresión, las cuales reflejan la dependencia entre el grado de ataque con los índices del estado del tiempo en períodos anteriores (Sajarova, 1968).

- Pronóstico para muchos años.

Es el pronóstico para varios años venideros. Es la previsión del crecimiento o depresión de la población y los daños que causan los agentes nocivos. Durante la fundamentación del pronóstico de muchos años se tienen en cuenta los cambios prolongados del clima y las anomalías del tiempo en relación con las perspectivas del desarrollo de la producción agrícola. Se fundamenta en el establecimiento de las tendencias más generales de las enfermedades en tiempo y espacio, desarrollo de los fenómenos en determinada dirección o el carácter cíclico de los mismos. La previsión del crecimiento o disminución de la infección de las plantas, pueden ser realizadas en determinados territorios por años, forma (temporal) o según la ampliación o estrechamiento de las zonas de propagación natural de la enfermedad, así como también el cambio de las zonas de nocividad fundamental del patógeno (forma territorial).

Este tipo de pronóstico de muchos años es posible elaborarlo para cada enfermedad de uno u otro tipo de planta, sin embargo, alcanza su mayor importancia para los agentes nocivos de tipo endémico cuyo crecimiento y disminución varían muy poco en dependencia del clima. Presenta importancia para enfermedades del tipo epifitóticas que se caracterizan por ser provocadas por agentes de alta patogenicidad y contra la mayoría de las cuales es posible el empleo de las medidas operativas de lucha.

- Pronóstico Territorial.

Se fundamenta en el registro por muchos años y análisis de la propagación geográfica de los agentes nocivos de las plantas junto a la caracterización agroclimática de dichas zonas. Es importante en el pronóstico de las zonas de riesgo de las enfermedades y dentro de la fitopatología se ha denominado

Patogeografía o Geofitopatología. Permite realizar predicciones a largo plazo de las expectativas de prolongación y ocurrencia de daños, la elaboración de estrategias de lucha y podría ser efectivo para adoptar procedimientos cuarentenarios efectivos. (CNSV, 1984)

- Pronóstico basado en el inóculo primario.
 - a) Pronóstico basado en la valoración indirecta del inóculo primario.

El marchitamiento del maíz, *Erwinia stewartii*, Smith, (Dye), desde 1930 conoció la relación entre la temperatura del invierno y la posterior severidad de la enfermedad. Relacionado con la Mancha ocular de los cereales se determinan los % regionales de plantas infestadas sobre la base de los datos climáticos. Estos forman la base para tomar decisiones sobre medidas de control, este modelo denominado SIMCERC es una alternativa actualmente.

- b) Pronóstico basado en la valoración directa de las poblaciones de patógenos.

Tizón sureño de la remolacha *Sclerotium rolfsii* Sacc. El número de esclerocios en el suelo predice la incidencia de la enfermedad.

Nemátodos formadores de agallas (*Heterodera* y *Globodera* spp.). La cantidad de agallas determinadas predice la incidencia.

- Pronóstico basado en el inóculo secundario.

Los pronósticos basados en el número de ciclos secundarios o la cantidad de inóculos secundarios, son útiles para las enfermedades provocadas por patógenos, que típicamente tienen bajo nivel de inóculo inicial, pero tienen el potencial para muchos ciclos secundarios.

- a) Pronóstico basado en condiciones del tiempo favorable para ciclos secundarios.
 1. Tizón tardío de la papa. (*P.infestans*).
 2. Mancha de la hoja del maní (*Cercospora arachidicola*).

La temperatura y los períodos de alta humedad están relacionados con el grado de incremento de la enfermedad.

1.4.3 Principales métodos de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa.

El tizón tardío es considerado la primera enfermedad en los diferentes cultivos agrícolas, a la cual se le aplicaron sistemas de predicción con una base científica.

Es importante tomar precauciones basadas en los pronósticos para el desarrollo de la enfermedad, debido al tiempo de regeneración tan corto de *P. infestans* como especie multicíclica, cuyo inóculo se incrementa y se reproduce varias veces en el ciclo del cultivo. La naturaleza multicíclica afecta directamente las medidas de control de una enfermedad epidémica, razón por la cual es muy difícil erradicar el 100 % del inóculo, cuyo nivel puede incrementarse en poco tiempo; además explica el incremento de líneas del patógeno resistentes al metalaxyl, las cuales esporulan y se diseminan rápidamente por todo el campo con cultivos (Jaramillo, 2003).

Internacionalmente se han desarrollado investigaciones básicas en relación a la evolución de la enfermedad y las posibilidades de predicción y control, pudiéndose citar a; Jeusen, 1887; Van Everdingen, 1926 (Holanda); Beaumont, 1934 (Inglaterra); Ducomet y Foex, 1939 (Francia); Wallin, 1949 (EEUU); Grainger, 1950 (Escocia); Muller, 1950 (Alemania); Large, 1950–1952 (Inglaterra); Thram, 1952 (Alemania); Bourke, 1953 (Irlanda); Hyre, 1954 (EEUU); Forsund, 1956 (Noruega); Van der Zaag, 1956 (Holanda); Aerts, 1958 (Bélgica); Guntz, 1959 (Francia) y otros, (Divoux 1963).

Bruhn, (2009) señala la modificación en la segunda parte del sistema Blitecast, introduciendo la resistencia del hospedero dentro de los valores de severidad. También hicieron un modelo para la pérdida de fungicidas protectantes y de acuerdo con dichos estudios se recomiendan momentos de aplicación variables.

Gutsche y col., (1995), demuestran la aplicación de los modelos de simulación en el pronóstico de *Phytophthora infestans*, mediante la caracterización del Symphyt I y II, procedimiento que permite el pronóstico de las epidemias con una anterioridad de 7 - 10 días, además la valoración indirecta de las epidemias y las recomendaciones para las aplicaciones de fungicidas. Para las campañas 1975-1976 y 1985-1986 del cultivo de la papa se determinaron las etapas de riesgo como factor regional de la enfermedad.

El pronóstico del tizón tardío denominado "negativo", es citado por Schrodter *et al.*, (1967), considerando los datos meteorológicos para la predicción del inicio de la epidemia. Este pronóstico se desarrolló en la antigua RFA y los datos climáticos se obtenían de 90 estaciones distribuidas por todo el país. El sistema da buenos resultados, excepto en regiones con cultivo intensivo de papa temprana (bajo plástico).

El método de pronóstico denominado PROPHY, es recientemente utilizado en Alemania, se basa en las señales mediante mediciones en el cultivo las que se extrapolan de un cultivo a otro dentro de una región con un máximo de 10 km., para esta extrapolación se piden los datos de la densidad del cultivo. La primera aplicación ocurre cuando el cultivo susceptible tiene 20 cm. de altura, en dependencia del nivel de resistencia. Un día se considera crítico cuando ha ocurrido un largo período de alta humedad relativa entre las 20 y las 12 horas. Las predicciones del tiempo se usan para predecir los días críticos y también para determinar si las condiciones de aplicación (aire) son adecuadas. El PROPHY fue desarrollado por la firma Prolio y puede ser usado con una computadora con Videotex, fue puesto en práctica en 1988 (Bus y col., 1993). Los resultados de las pruebas demostraron que los agricultores que utilizan el modelo ProPhy usaron menos aplicaciones de fungicida con respecto a aquellos que utilizan el modelo calendario de 7 días, sin embargo lograron un control similar de la enfermedad (Schepers, 1995; Nugteren, 1997). El modelo ha sido desarrollado, validado e implementado en los Países Bajos por la compañía de software "Opticrop".

El sistema FORSUND, considera un día crítico cuando la temperatura es menor de 10 °C o un máximo de 17° - 24 °C, con una humedad relativa superior a 75 % y menos de 0.1 mm de lluvia diaria.

Schepers (2002), considera los Sistemas de Apoyo para la toma de Decisiones (DSS) en Europa en el control de *Phytophthora infestans*, apoyando el control eficiente del tizón tardío, con un mínimo de aplicaciones. En Europa varios de estos DSS se están desarrollando, validando y usando en la práctica. Los DSS se vienen utilizando cada vez más por agricultores y asesores en el control integrado del tizón tardío. En el marco de una acción concertada para el control integrado del tizón tardío en Europa, se comparó cuatro DSS (Negfry, Simphyt, Prophy y PLANT-plus) en seis países europeos. Se mostró que empleando los DSS el número de aplicaciones se podría reducir en comparación con un régimen calendario de aplicaciones cada siete días. En general la aplicación de los DSS fue

satisfactoria en aquellos lugares donde fueron desarrollados. La idea de construir un solo DSS para Europa no fue real, debido a las numerosas diferencias regionales en las áreas productoras de papa de Europa.

El “pronóstico negativo” se desarrolló por (Ullrich y col, 2000), para predecir el riesgo de un brote de tizón tardío y el modelo de Fry y col., (1993) para regular las aplicaciones consecutivas de fungicida durante la estación de cultivo. La primera aplicación de fungicida se recomienda una vez que los valores de riesgo acumulados excedan 160 y el valor diario de riesgo, calculado de acuerdo con el modelo “pronóstico negativo” está por encima de 8. Después de la aplicación inicial, el clima favorable para el desarrollo de la enfermedad se expresa como unidades tizoneras de acuerdo con el método de Fry y col, (1993), el tizón tardío y el valor de la lluvia se establece en cero después de cada aplicación de fungicida. La recomendación de NegFry y la ocurrencia de campos infectados en Scandinavia, los Países Bálticos y Alemania se presentan en Internet (<http://www.web-blight.net>). El modelo fue validado para el tizón tardío de la papa en Dinamarca, Noruega, y Suecia en 1993 y 1994 e implementado en Europa.

En Cuba se destacan los estudios realizados por Mayea y col, (1972); Mayea y col, (1973); Mayea y col., (1974); Saucedo, 1996. Según investigaciones realizadas por la Universidad Central de Las Villas a partir del año 1971, el método de predicción "gráfico móvil" Hyre, (1959), se adecua a nuestras condiciones climáticas, dicho método considera:

- Precipitaciones totales de 10 días superiores a 30 mm.
- Temperatura mínima no menor de 7,2 °C.
- Temperatura promedio de 5 días menor de 25.5 °

Saucedo (1988) señala la comparación de varios métodos de pronósticos, tales como Naumova (caseta meteorológica y microclima foliar), Blitecast, Mac Hardy, Wallin, Hyre, demostrando la influencia del riego de agua en la aplicación de los modelos de predicción del tizón tardío.

Durante 1978 en Cuba el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) del Ministerio de la Agricultura desarrolló el método denominado “Naumova”, dirigido a la infraestructura de la Sanidad Vegetal en el país para el cultivo de la papa, la validación del método arrojó que frecuentemente la enfermedad aparecía sin la ocurrencia del “período crítico”, por lo cual fue ajustado nacionalmente.

Capítulo 2

2. Materiales y Métodos

2.1 Características climáticas por regiones de la provincia de Villa Clara.

Se realizó el procesamiento de la información meteorológica histórica de temperatura, humedad relativa y precipitación diaria (25 años) de los meses comprendidos entre noviembre a marzo, a partir de la información obtenida de la Red de Estaciones perteneciente al Instituto de Meteorología en Villa Clara, ubicadas en las localidades de Santa Clara (78343), Caibarién (78348), Sagua (78338) y Santo Domingo (78326), las cuales son representativas de las áreas agrícolas del cultivo de la papa en la provincia. Se exponen los valores récord histórico registrado en las campañas de papa. Toda la información obtenida se registró, ordenó y procesó por sistemas computacionales.

2.2 Valoración del modelo de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa.

En la campaña 2009 – 2010 se evaluó la generalización del sistema de pronóstico en las áreas de papa de la provincia de Villa Clara; Empresa de Cultivos Varios “Valle del Yabú”, Empresa de Cultivos Varios “Remedios”, Empresa de Cultivos Varios “Sagua”, Empresa Agropecuaria “La Sierra” y Empresa Agropecuaria Santo Domingo en un área total de 671.0 ha.

La información meteorológica fue obtenida de las cuatro estaciones perteneciente al Instituto de Meteorología (INSMET), del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Villa Clara, así mismo las precipitaciones fue procedente de pluviómetros cercanos a las áreas objeto de estudio.

El modelo de predicción del tizón tardío, Sistema de Pronóstico Modificado, (BMS), señala referente a la infección primaria de la enfermedad las siguientes consideraciones;

Fase I. Predicción inicial de la enfermedad.

Método 1.

1. Temperatura media durante 5 días $\leq 25,0$ °C.
2. Temperatura mínima diaria > 7 °C.

3. Precipitación total de 6 días $\geq 24,5$ mm.
4. Temperatura máxima diaria $< 30,0$ °C.

De acuerdo con este método se considera un "día favorable" si son registrados los anteriores parámetros meteorológicos. Después de un mínimo de 6 días favorables consecutivos al tizón tardío, se emitirá el pronóstico, esperándose su ocurrencia entre 7- 14 días posteriores, si son registradas condiciones climáticas favorables durante dicho período.

Método 2.

Se basa en el registro de la humedad relativa, temperatura y la acumulación de valores de severidad (relaciones existentes entre el número de horas de HR ≥ 90 % diarias y los valores promedios de temperatura en dicho período).

1. Número de horas de humedad relativa ≥ 90 % diariamente, durante más de 10 horas.
2. Temperatura máxima y mínima durante el período de humedad relativa ≥ 90 %.
3. Aplicación de la tabla de severidad.

Tabla 1. Valores de Severidad

Promedio de temperaturas (°C)	Número de horas de HR. ≥ 90 %.				
	severidades				
	0	1	2	3	4
7,2 -11,6	15	16 -18	19 -21	22-24	25+
11,7-15,0	12	13 -15	16 -18	19 -21	22+
15,1- 26,6	9	10 -12	13 -15	16 -18	19+

La suma diaria de las severidades registradas pronostica la incidencia de la enfermedad en los 7-14 días posteriores, cuando son acumulados valores superiores a 17.

Fase II. Predicción de las infecciones posteriores.

Con posterioridad a la ocurrencia de la enfermedad se efectúan las recomendaciones de control químico, sobre la base del número de "días favorables" de precipitación (método 1) y los valores de severidad acumulados durante períodos de 7 días (método 2), al hacer coincidir ambos parámetros se orientan las medidas de control fitosanitario, sobre la base de la emisión de 4 señales, mediante una matriz ajustable. Se destacan los acumulados de severidades críticas semanales y los hábitos de crecimiento de la papa, con vista al control fitosanitario.

Tabla 2. Matriz ajustable para la programación del control fitosanitario semanal.

		Valores de severidad durante los últimos 7 días					
		< 3	3	4	5	6	6+
				Crítico. hábito arrosetado	Crítico. hábito rastrero		Crítico hábito erecto
		Tipo de señal a emitir					
Total de días favorables durante los últimos 7 días (lluvia)	Menos de 5 días favorables	-1	-1	0 1 (arrosetada)	1 2 (rastrero)	1	2
	Más de 4 días favorables	-1	0	1 2 (arrosetada)	2	2	2

Tabla 3. Tipo de señal emitida por el Sistema de Pronóstico

Número de la señal emitida	Recomendación de aspersión
-1	No aspersión
0	Alerta de tizón
1	Aspersión cada 7 días
2	Aspersión cada 5 días

2.3 Procesamiento Estadístico.

2.3.1 Comparaciones múltiples de proporciones. (Grados de severidad).

Se realizaron comparaciones múltiples de proporciones para los Grados de Severidades (0 – 1) (relaciones existentes entre el número de horas de HR ≥ 90 % diarias y los valores promedios de temperatura en dicho período favorables a la enfermedad), entre las cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en las regiones climáticas de la provincia de Villa Clara y los meses de ocho campañas de papa (Noviembre a Marzo), para las seis primeras campañas del estudio (2002-2003 a 2007-2008), así como la comparación de las proporciones de las campañas 2008-2009 y 2009-2010 por meses, respecto a la proporción media de los seis campañas anteriores.

2.3.2 Modelos de pronóstico de Grados de Severidades a la enfermedad por región climática.

Con las 40 observaciones del Grado de severidad (0-1) y (2- 4) de las 8 campañas de papa estudiadas, se establecieron los correspondientes modelos de pronóstico, que permiten estimar el comportamiento por estación de la serie cronológica hasta 12 meses posteriores.

Para el procesamiento se emplearon los módulos de comparación de proporciones y de pronóstico automático del paquete STATGRAPHICS Cinturón Ver. 15.0 del 2006

Capítulo 3

3. Resultados y Discusión

3.1 Características climáticas por regiones de la provincia de Villa Clara.

Las tablas 4 y 5 (anexos 1a y 1b) señalan el comportamiento histórico anual de los parámetros meteorológicos de temperatura máxima, media, mínima y humedad relativa máxima, media y mínima en las estaciones meteorológicas de la provincia, en tal sentido podemos destacar dentro de la época de plantación del cultivo de la papa, en el mes de diciembre los menores valores de temperatura máxima y mínima (26,16 y 16,34 °C) en la estación ubicada en Caibarién y Santo Domingo y los mayores registros de humedad relativa máxima y media (96 y 83 %). Es necesario destacar a la estación ubicada en Santo Domingo con alto registro de humedad relativa máxima (96 %). El mes de enero históricamente señala a la estación ubicada en Caibarién con la continuidad de los menores valores de temperatura máxima y media, se presentó un comportamiento similar entre Santo Domingo y Yabú (25,51 y 20,8°C) y humedad relativa máxima y media (96 y 81 %), la estación de Santo Domingo registró altos valores de humedad relativa máxima (96 %). Durante el mes de enero históricamente la temperatura media en la provincia registra los valores más bajos de temperatura del período analizado, manteniéndose la humedad relativa máxima con registros superiores a los 95%, excepto en Caibarién donde la humedad relativa media es 93.45 %.

El comportamiento de las precipitaciones históricas en las estaciones meteorológicas de la provincia, reflejan en el mes de diciembre los mayores valores en Caibarién (58,4 mm) y Sagua (55,4 mm), disminuyendo en enero e incrementándose en febrero, destacándose las estaciones de Yabú, Sagua y Santo Domingo con 41,6, 49,7, y 44,3 mm respectivamente.

Durante los meses cuando la papa se cultiva y desarrolla las variaciones del clima son más notables que en otros meses del año, con bruscos cambios climáticos, asociados al paso de sistemas frontales (frentes fríos), a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extratropicales, siendo la precipitación el parámetro meteorológico de mayor variación o anomalía por regiones.

3.2 Valoración del modelo de pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa.

Basado en la generalización del sistema de pronóstico del tizón tardío (BMS) en la campaña 2009-2010, exponemos a continuación los resultados obtenidos a partir de la información registrada por las diferentes estaciones meteorológicas.

- Estación Meteorológica No. 343 (Empresa de Cultivos Varios “Valle del Yabú”)
- Estación Meteorológica No. 338 (Empresa de Cultivos Varios “Sagua”)
- Estación Meteorológica No. 326 (Empresa Agropecuaria “La Sierra” y Empresa Agropecuaria Santo Domingo).
- Estación Meteorológica No. 348 (Empresa de Cultivos Varios “Remedios”)

a) Estación Meteorológica No. 343. (Empresa de Cultivos Varios “Valle del Yabú”).

El sistema de predicción se inicia el 20 de diciembre del 2009, al presentarse más del 50% de las variedades de papa (importadas) en un 75% de brotación (surco verde), sobre un área plantada de 174.46 ha^{-1} .

La Figura 1a y 1b muestra el registro de las variables meteorológicas de temperatura máxima, media y mínima, así como los valores de severidades diarios. Relativo a la fase I del sistema, se registra a partir del 20 de diciembre 2009, bajos registros de precipitaciones (total del mes 15.8 mm), en el mes de enero 2010, el total de precipitación es 19,2 mm y en febrero 2010 se presenta un período del 21 al 26 del propio mes, con registros de lluvias de 70,6 mm. lo cual determina el día 27 como primer “día crítico”, valorando los diferentes períodos de 6 días, según el sistema de predicción, se determinan los días 28, así como el 1 y 2 marzo 2010 con igual categoría, es decir, un total de 4 días críticos, no emitiéndose señal de pronóstico a la enfermedad, al no cumplirse los parámetros indicados por el sistema de predicción, los anteriores resultados concuerdan con Ortiz y col. 2009, quien argumenta que los factores climáticos guardan relación con la curva de progreso de la enfermedad alcanzando su fase exponencial, cuando se registran los valores más alto de lluvia (69,86 mm). Relativo a la temperatura media, en sentido general se mantuvo dentro del parámetro establecido (valores inferiores a $25.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$), destacándose un día en el mes de diciembre y dos días en marzo superiores a dicho valor. La fase II del sistema presentó un

acumulado total de severidad de 18 en el mes de febrero 2010, no cual no permitió justificar emitir señal de aplicación al encontrarse las áreas de papa en fase final de cosecha.

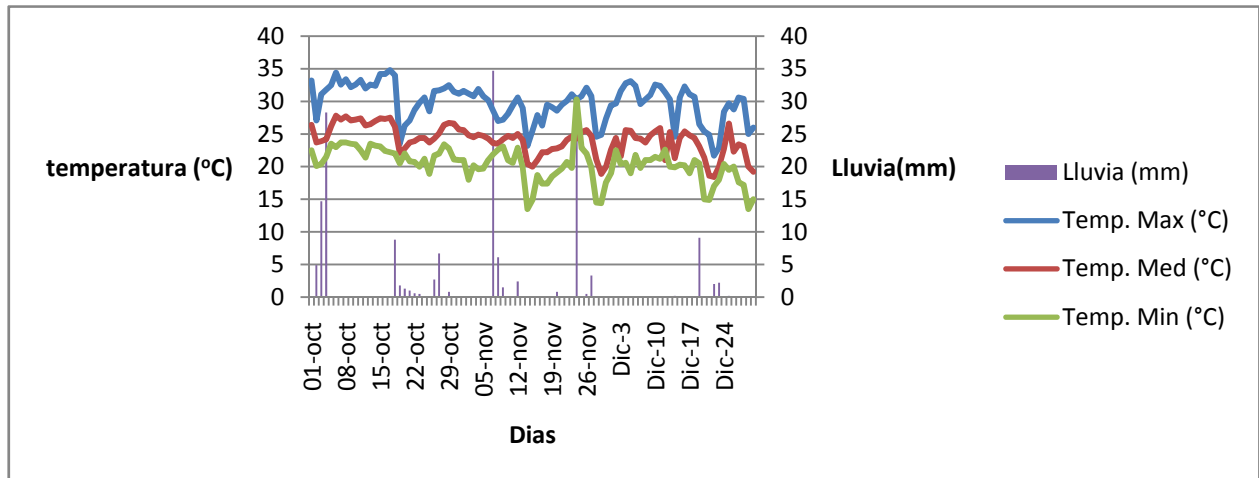


Fig. 1 (a). Registro meteorológico (octubre-diciembre) 2009. Empresa de Cultivos Varios “Valle

del Yabú

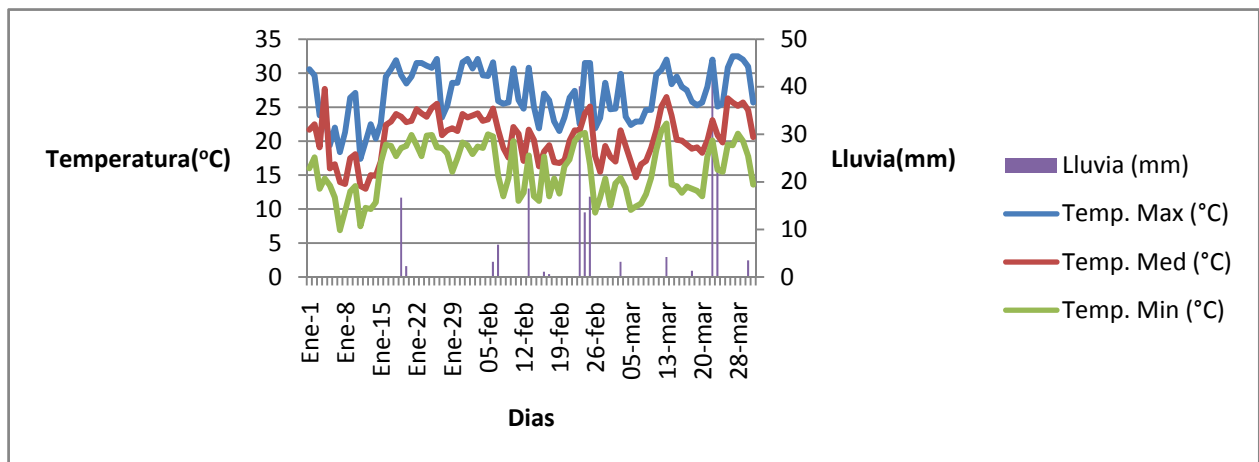


Fig. 1 (b). Registro meteorológico (enero-marzo) 2010. Empresa de Cultivos Varios “Valle

del Yabú

b) Estación Meteorológica No. 326. ("Empresa Agropecuaria "La Sierra" y Empresa Agropecuaria Santo Domingo).

El sistema de predicción se inicia el 25 de diciembre del 2009 (surco verde), sobre un área de papa plantada de 120.78 ha^{-1} en la Empresa Agropecuaria "La Sierra" y 114.07 ha^{-1} en la Empresa Agropecuaria Santo Domingo, para un área total de 234.85 ha^{-1} .

En los anexos 2(a) y 2(b) se muestra el registro de las variables meteorológicas de temperatura máxima, media y mínima, así como los valores de severidades diarios. Relativo a la fase I del sistema, a partir del 25 de diciembre 2009, no hubo registros de precipitaciones. En el mes de enero 2010, el total de precipitación registrado fue de 5.8 mm, por otra parte en febrero 2010 se presenta un período del 22 al 27 con registros de lluvias de 66,1 mm., lo cual determinó el día 28 como primer "día crítico", valorando los diferentes períodos de 6 días, según el sistema de predicción, se determinan los días 28, así como el 1 de marzo 2010 con igual categoría, es decir, un total de dos días críticos, no emitiéndose señal de pronóstico a la enfermedad, al no cumplirse los parámetros indicados por el sistema de predicción. Relativo a la temperatura media, en sentido general se mantuvo dentro del parámetro establecido (valores inferiores a 25.5°C), destacándose un día en el mes de enero 2010 y siete días en marzo superiores a dicho valor.

Relativo a la temperatura máxima es necesario destacar el registro de dos días con valores de temperatura diaria superiores a 30°C en el mes de diciembre 2009 y diez días en el mes de enero, así como cinco días en febrero superiores a dicho valor, lo cual según el sistema, limita epidemiológicamente la incidencia de la enfermedad. Estos resultados concuerdan con Shkinch (1969), al señalar en el pronóstico a corto plazo del tizón tardío la necesidad de que el registro de la temperatura máxima sea menor de 25°C , lo cual es corroborado por diferentes autores a nivel mundial.

La fase II del sistema presentó un acumulado total de severidad de 19 en el mes de febrero 2010, lo cual no justifica económicamente realizar la aplicación de productos fungicidas, al encontrarse el cultivo en fase final de cosecha.

c) Estación Meteorológica No. 338. (Empresa de Cultivos Varios “Sagua”).

El sistema de predicción se inicia el 15 de diciembre del 2009 (surco verde), con un área plantada de papa de $114,07 \text{ ha}^{-1}$.

En los anexos 3(a) y 3(b) se muestra el registro de las variables meteorológicas de temperatura máxima, media y mínima, así como los valores de severidades diarios. Relativo a la fase I del sistema, se registra a partir del 15 de diciembre 2009, bajos registros de precipitaciones (total del mes 14.8 mm) en el mes de enero 2010 el total de precipitación es 4,7 mm y en febrero 2010 se presenta un período del 20 al 28 con registros de lluvias de 40.5 mm. lo cual determina, según el sistema de pronóstico a el día 26 como primer “día crítico”, valorando los diferentes períodos de 6 días, según el sistema de predicción, se determinan los días 27, así como el 28 de febrero 2010 con igual categoría, es decir, un total de tres días críticos, no emitiéndose señal de pronóstico a la enfermedad, al no cumplirse los parámetros indicados por el sistema de predicción.

Relativo a la temperatura media, en sentido general se mantuvo dentro del parámetro establecido (valores inferiores a 25.5°C), destacándose 2 días en el mes de marzo superiores a dicho valor.

Relativo a la temperatura máxima se registraron seis días en el mes de enero 2010 con valores máximos superiores a 30°C , así como cinco días en el mes de febrero y siete días en marzo superiores a dicho valor.

La fase II del sistema presentó un acumulado total de severidad de 17 en el mes de febrero 2010, lo cual no justifica económicamente realizar aplicaciones al encontrarse fenológicamente el cultivo en su fase final. Estos resultados está en íntima dependencia con lo planteado por Hyre, (1959) en el noreste de Estados Unidos (Houston y Presque Isle) en Maine, quien durante 52 años (1902-1953), estudió la predicción de la enfermedad y su estrecha relación con las variables climáticas, con más del 95 % de efectividad.

d) Estación Meteorológica No. 348. (Empresa de Cultivos Varios “Remedios”).

El sistema de predicción se inicia el 12 de diciembre del 2009 (surco verde), con un área de papa plantada de 174.46 ha⁻¹.

Los anexos 4(a) y 4(b) muestran el registro de las variables meteorológicas de temperatura máxima, media y mínima, así como los valores de severidades diarios. Relativo a la fase I del sistema, se registra a partir del 12 de diciembre 2009, bajos registros de precipitaciones (total del mes 11.4 mm), en el mes de enero, el total de precipitación es 1,1 mm y febrero 2010 se presenta un período del día 21 al 26 con registros de lluvias de 47.2 mm., lo cual determina el día 27 como primer “día crítico”, valorando los diferentes períodos de 6 días, según el sistema de predicción, se determinan los días 28, así como el 1ro de febrero 2010 con igual categoría, es decir, un total de tres días críticos, no emitiéndose señal de pronóstico a la enfermedad, al no cumplirse los parámetros indicados por el sistema de predicción.

Relativo a la temperatura media, en sentido general se mantuvo dentro del parámetro establecido (valores inferiores a 25.5 °C), destacándose siete días en el mes de diciembre, tres días en enero, y dos días en febrero superiores a dicho valor.

Relativo a la temperatura máxima se registró cuatro valores en el mes de enero fuera del parámetro establecido (valores inferiores a 30 °C), también se puede destacar cuatro días en el mes de febrero y 5 días en marzo superiores a dicho valor. La fase II del sistema presentó un acumulado total de severidad de 16 en el mes de febrero 2010, lo cual no permitió emitir señal de aplicación al no cumplirse los parámetros indicados por el sistema de predicción. En base a los estudios realizados por Saucedo, 2006, el no cumplimiento de los valores de severidad es determinante en la aparición de los primeros síntomas (infección primaria) de la enfermedad, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la empresa de cultivos varios “Remedios”.

3.3 Procesamiento Estadístico.

3.3.1 Comparaciones múltiples de proporciones. (Grados de severidad).

En la tabla 6 se muestran las proporciones con diferencias significativas entre estaciones para los meses entre noviembre y marzo. Se puede observar que los mayores valores en las proporciones para el GS (0-1) en todas las estaciones ocurrieron en los tres meses de enero a marzo. Estos resultados permiten corroborar el actual comportamiento climático de la campaña de papa en nuestra provincia, al presentarse un menor número de registros de los valores de humedad relativa (menor o igual al 90%), situación no presentada anteriormente según estudios realizados, lo cual es posible correlacionarlos con los cambios climáticos registrados en nuestro país, al presentarse en la actualidad la mayor sequía meteorológica de los últimos 48 años, influyendo epidemiológicamente en la incidencia y desarrollo de la enfermedad.

Además se observa que en las estaciones meteorológicas de Sagua y Caibarien los meses de noviembre y diciembre presentaron proporciones relativamente altas en el grado de severidad (GS) (0- 1).

Como consecuencias de los resultados anteriores para el GS (0-1) las estaciones meteorológicas Yabú, No 343 e INIVIT, No. 326, fueron la que presentaron los valores más elevados en los meses de noviembre y diciembre para los GS (2-4), donde se alcanzaron porcentajes entre 14.1 % y 22.5% en estos Grados de Severidades. Sobre los anteriores resultados Gudmestad, 2003, señala que los factores climáticos asociados con la distribución de tizón tardío fueron por prolongados períodos de humedad con incrementos de temperatura que pudieron promover la esporulación, seguido de períodos de agua líquida sobre las hojas que favorecieron la germinación de los esporangios y la infección. En todas las estaciones meteorológicas los GS (2-4) para los meses de enero a marzo oscilaron desde valor cero (0) a 7.7%.

Tabla 6 .Proporciones de Grados de Severidad por estación y meses de campaña del 2002-2003 a 2009 – 2010.

Estación / GS	Meses de Campaña.				
Estación Yabú	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
0 - 1	0.775 b	0.843 a	0.923 a	0,929 a	0.956 b
2	0.154	0.097	0.065	0.053	0.028
3-4	0.071	0.060	0.012	0.018	0.016
Estación INIVIT					
0-1	0.812 b	0.859 a	0.907 a	0.929 a	0.940 ab
2	0.150	0.105	0.077	0.040	0.040
3-4	0.038	0.036	0.016	0.031	0.000
Estación Sagua					
0 - 1	0.887 a	0.891a	0.935 a	0.925 a	0.976 ab
2	0.071	0.081	0.053	0.062	0.020
3-4	0.042	0.028	0.012	0.013	0.004
Estación Caibarien					
0 - 1	0.908 a	0.903 a	0.935 a	0.907 a	0.980 a
2	0.063	0.069	0.037	0.058	0.020
3-4	0.029	0.028	0.040	0.035	0.000

(a ,b) : Proporciones con letras no iguales para una misma columna en GS (0-1) difieren a (P menor que 0.05) mediante comparación múltiple de proporciones.

En la tabla 7 se aprecia la comparación de los proporciones de los años 2008-2009 y 2009-2010 con respecto a la proporción media acumulada de las seis campañas anteriores

(2002-2003 a 2007-2008) para las estaciones Yabú e INIVIT para el grado de severidad (0-1). En ambas estaciones no se observan diferencias significativas de las proporciones de la campaña 2008-2009, con respecto a la proporción acumuladas de las 6 campañas anteriores, en ninguno de los 5 meses de la campaña (noviembre-marzo), pero sí en la campaña 2009-2010, con respecto al periodo anterior. En Yabú los meses de noviembre y diciembre se presentaron incrementos en las proporciones del GS (0-1), mientras que en la estación INIVIT, se presentaron incrementos en los meses de noviembre y enero, de lo que se puede derivar de que en esos meses en ambas estaciones y para las campañas 2008-2009 y 2009-2010, los GS (0-1) tienden a disminuir. Por lo cual se presentan climáticamente condiciones favorables en el anterior período para la incidencia y desarrollo del tizón tardío.

Tabla 7. Proporciones del Grado Severidad (0 -1) en las Estaciones Meteorológicas.

Estación Yabú				Estación Inivit		
Meses de Campaña	2002 - 2007	2008	2009	2002 - 2007	2008	2009
Noviembre	0.755 a	0.733 a	0.933 b	0.800 a	0.700 a	1.000 b
Diciembre	0.822 a	0.839 a	0.968b	0.849 a	0.839 a	0.935 a
Enero	0.914 a	1.000 a	0.903 a	0.898 a	0.871 a	1.000 b
Febrero	0.905 a	1.000 a	0.965 a	0.929 a	0.896 a	0.931 ^a
Marzo	0.946 a	1.000 a	0.968a	0.962 a	0.903 a	1.000 a

(a, b): Proporciones con letras no iguales en una misma fila y estación en los años 2008 y 2009 respecto a 2002 – 2007 difieren a (P menor que 0.05).

La tabla 8 refleja la comparación de las proporciones de GS (0-1) en la campañas años 2008-2009 y 2009-2010, con respecto al periodo 2002-2003 a 2008-2009 en las estaciones de Sagua y Caibarien. En la anterior tabla se puede observar que en la estación de Sagua las proporciones en ambas campañas no presentaron incrementos significativos para el GS

(0-1) en ninguno de los cinco meses estudiado y en la estación Caibarien solo el mes de febrero en la campaña 2008-2009 reportó incrementos significativos, de lo que se puede derivarse que los Grado de Severidad (2-4) tampoco deben presentar una disminución en estos años en la mayoría de los meses de la campaña.

Tabla 8. Proporciones del Grado de Severidad (0 -1) en los diferentes Estaciones Meteorológicas.

Estación Sagua				Estación Caibarien		
Meses de campaña	2002 - 2007	2008	2009	2002 - 2007	2008	2009
Noviembre	0.867a	0.933a	0.967a	0.894 a	0.933 a	0.967 a
Diciembre	0.882a	0.935a	0.903a	0.898 a	0.968 a	0.871 a
Enero	0.914a	1.000a	1.000a	0.909 a	0.935a	1.000 a
Febrero	0.917a	0.896a	1.000a	0.882 a	1.000 b	0.964 a
Marzo	0.978a	0.935a	1.000a	0.978 a	0.968 a	1.000 a

(a, b): Proporciones con letras no iguales en una misma fila y estación en los años 2008 y 2009 respecto a 2002 – 2007 difieren a (P menor que 0.05).

En la tabla 9 se reportan las proporciones de cada estación y mes de la campaña para el GS (0-1) durante el periodo de 6 campañas (2002-2003 a 2007-2008), donde se puede observar que solo en el mes de noviembre se presentó diferencias en las proporciones de las estaciones de Yabú e INIVIT con respecto a Sagua y Caibarien. Estas proporciones se tomaron como base para la comparación de las campañas 2008-2009 y 2009-2010.

Tabla 9. Proporciones del GS (0 -1) por meses y estación en los años 2002 – 2007

Estaciones	Meses de Campaña				
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Yabú	0.775 b	0.882 a	0.914 a	0.905 a	0.946 a
Inivit	0.800 b	0.849 a	0.898 a	0.929 a	0.962 a
Sagua	0.867 a	0.882 a	0.914 a	0.917 a	0.978 a
Caibarien	0.894 a	0.898 a	0.909 a	0.882 a	0.978 a

(a, b): Proporciones con letras no comunes en un mismo mes difieren a (P menor que 0.

3.3.2 Modelos de pronóstico de Grados de Severidades a la enfermedad por región climática.

En las figuras 5 y 6 y figuras 7 al 12 de los anexos se exponen los modelos de pronóstico para cada estación en los GS (0-1) y GS (2-4), donde se puede ver que se ajustaron 6 modelos con tendencia lineal, uno en base a un promedio móvil de tres términos y uno en forma de un modelo ARIMA (Modelo autoregresivo integrado de medias móviles) (2,0,2) , el cual constituye un modelo complejo en su interpretación y utilización para el pronóstico, estos modelos ARIMA son un enfoque moderno del estudio de las series temporales y constituyen desde 1976 una metodología en la que sus procedimientos son ampliamente utilizados para el pronóstico en diferentes ramas de las ciencias, este tipo de modelo fue utilizado por Quiñones y Saucedo 2005 en la modelación de la humedad relativa y temperatura en el microclima foliar de variedades de papa, en estudios sobre el pronóstico del tizón tardío.

En todos los casos los modelos en el GS (0-1) indican tendencia creciente en el pronóstico de los 12 meses posteriores al igual que todos en el caso del GS (2-4) indican lo contrario, o sea, tendencias decrecientes en su pronóstico de los 12 meses posteriores.

En los anexos se pueden ver los aspectos estadísticos que avalan la adecuacidad de estos modelos para representar la serie de los GS en el tiempo; en todos los casos aparecen

satisfechos los cinco requerimientos de los modelos establecidos (símbolo ok), así como las pruebas de aleatoriedad de los mismos, donde los valores P en todos los modelos ajustados ($P > 0.05$) satisfacen la condición de aleatoriedad de los residuos.

Aun cuando los parámetros de los modelos ajustados son diferentes se pone de manifiesto una regularidad en todas las estaciones, y es la tendencia creciente como pronóstico para el GS (0-1) y la decreciente en el GS (2-4).

El establecimiento de estos modelos de pronóstico puede ser utilizado como una metodología para ser aplicada apartir de la base de datos acumulada para el Grado de severidad en las diferentes estaciones y pronosticar el comportamiento del mismo en la próxima campaña.

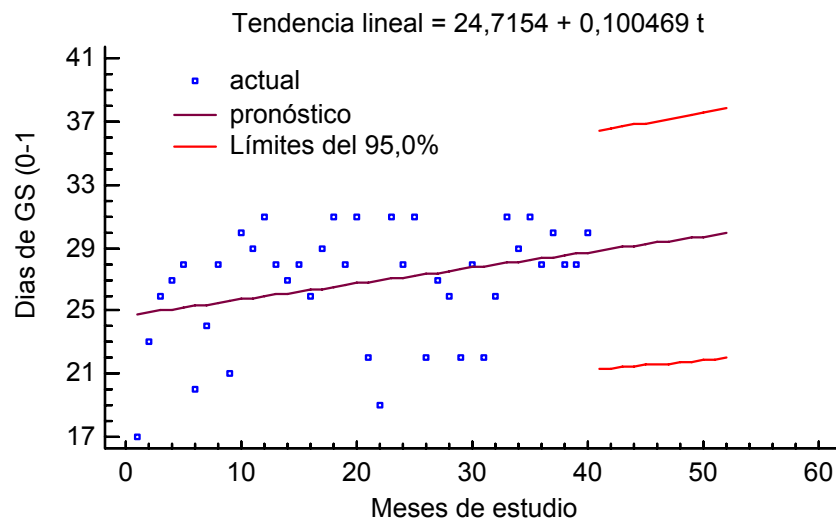


Fig. 5. Secuencia en tiempo de la estación meteorológica "Yabú"

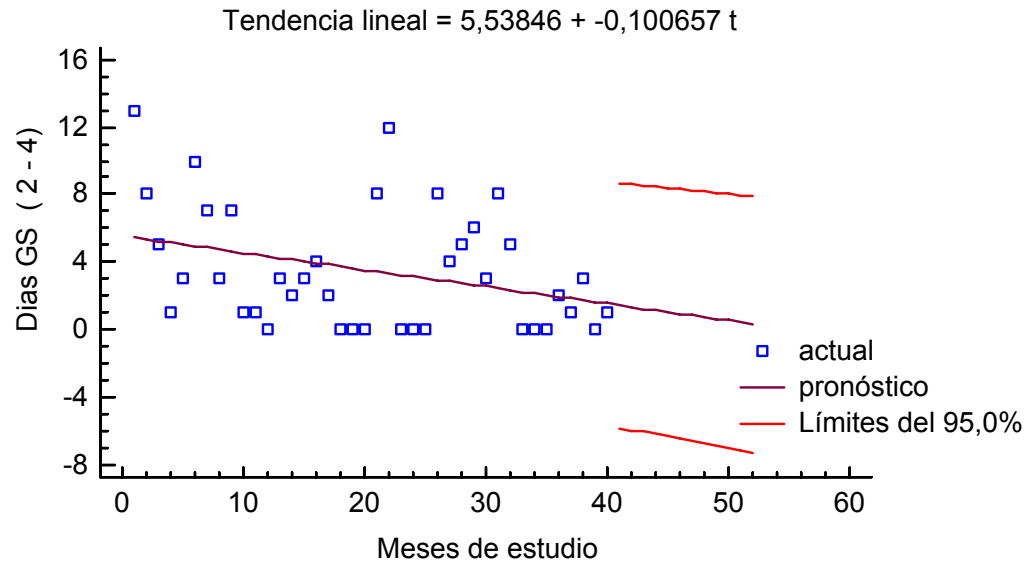


Fig. 6. Secuencia en tiempo de la estación meteorológica "Yabú"

Conclusiones

1. El Sistema de Pronóstico (BMS) del tizón tardío en el cultivo de la papa, se cumplió satisfactoriamente en la campaña 2009-2010 en la provincia de Villa Clara.
2. Las proporciones del registro histórico para el Grado de Severidad a la enfermedad (0-1) en la totalidad de las estaciones meteorológicas de Villa Clara se registran en los meses de enero a marzo.
3. Los modelos de tendencia en el Grado de Severidad (0-1) y (2-4) indican tendencia creciente y decreciente en el pronóstico respectivamente. de los períodos posteriores de las campañas de papa.
4. El establecimiento de los modelos de pronóstico posibilita su utilización como una metodología a partir de la base de datos acumulada para el Grado de severidad y pronosticar el comportamiento del mismo en la próxima campaña.

Recomendaciones.

1. Desarrollar en las próximas campañas de papa en nuestra provincia y país la utilización de los modelos de tendencia.
2. Establecer la posibilidad de modelar el pronóstico de los grados de severidades en áreas del cultivo de la papa nacionalmente.

Bibliografía.

1. Berioskin A. 1980. *Ponencia sobre el reforzamiento del trabajo científico de investigación, preparación de posgraduados en el campo de la Sanidad Vegetal*. Memorias. (Tomo I). Centro Nacional de Sanidad Vegetal, Habana, 166 p.
2. Bruhn, J.A. y Fry, W.E., 2009. *Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modelling*, Phytopathology, EUA, 71: 612-616 pp.
3. Bus, C.B. Shepers and Ridder, J.K., 1993. *Beheersing van P. infestans bij gebruik van minder, gewasbeschermingsmiddelen*, Germany, 16. 82-95 pp.
4. Coakley, M. S., 1993. *Biospheric change: will it matter in plant pathology*. Canadian Journal of Plant Pathology, Canadá, 17: pág. 147-153 .
5. Cohen Y. y A. Baider. 2008. *Dimetomorph activity against oomycete fungal Plants Pathogens*. Phytopathology. EEUU, 85: pág.1500-1506.
6. Divoux, R., 1963 : *La determinación des datos de traitements dirigés contre le mildiou de la pomme de terre*. Bulletin Technique d'information des Ingénieurs des Services Agricoles, No. 180. Francia. 28 p.
7. Egan, A. R., Murray, A. and Mullins, S., 1995. *Past history and future prospects for fungicides for the control of Phytophthora infestans on potatoes*, EUA, 160-170 pp.
8. Fernández-Northcote, E.N., Navia, O. y Gandarillas, A. 1999. *Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío desarrolladas por PROINPA en Bolivia*. Revista Latinoamericana de la Papa 11: pág. 1-25.
9. Forbes, G., 2005. *Conferencia sobre el Pronóstico de enfermedades en el cultivo de la papa*, Tesis Maestría, Ecuador. pág. 50 .
10. Fry, E. W., 2009. *Evaluation of potato late blight forecast modified to incorporate host resistance and fungicide watering*, EUA, Phytopathology 73: 1054-1059 pp.
11. Gamboa E.y S.Pérez. 1999. *Congreso Latinoamericano de Fitopatología*. (Resumen), Guadalajara, México. 27 Sep -1Octubre. 30 p.

12. Goeminne, M., Vanhaverbeke, P., and Ampe, G. 2008. *Experiences with late blight warning service in Flanders*. in: Proceedings of the Workshop
13. Gómez, I. Guadalupe, 1999. *Sistema de Pronóstico para el tizón tardío de la papa causado por P. infestans en Cuba*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Habana, 64 pp.
14. Guardiola, L. E., 1969. *Meteorología Tropical*, Editorial Salvat, España, 245 p.
15. Gudmestad, N., 2003. *Forecasting late blight and fungicide application technology*, Potato Late Blight Workshop. APS, The American Phytopathological Society, EUA.
16. Gutsche, V. D. et al., 1995: *La aplicación de modelos de simulación para el pronóstico de P. infestans en Cuba*. Rev. Centro Agrícola. Año 22, No. 1 enero-abril, 4 pp
17. Harrison, J., 1992. *Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage a review*. Review Plant Pathology, EEUU, 41(4): 384- 416. pp.
18. Herrera, I. y Mayea, S., 1994: *Fitopatología General*. Editorial Félix Varela. Habana. 343 pp
19. Hyre, R.A. 1959. *Progress in forecasting late blight of potato and tomato*. Plant Disease Reporter. Estados Unidos. Vol.38: pág. 245-253.
20. Jaramillo, J.S., 2008. *Estandarización de la metodología de discos de hoja para determinar la sensibilidad de aislamientos de P. infestans al Fenamidone*. Cuarto Taller de papas Colombianas, Colombia.
21. Johnson, D. y P. Hamm. 1998. *Expansion of potato late blight forecasting models for the Columbia basin of Washington and Oregon*. Plant Disease 82(6): 642-645.
22. Krauser, R.A., 2008. *Applications and implementations of computerized forecast of potato late blight*. Phytopathology. EUA, Vol. 63 (2):203 p.
23. Mayea Silverio S. y D. Feitó. 1972. *Momento óptimo para iniciar los tratamientos contra los tizones de la papa, en consideración a los factores de predisposición*. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV
24. Mayea Silverio S. y C. Andreu. 1974. *Efecto de los esparcimientos en la aspersión con diferentes fungicidas sobre el control de Alternaria solani y Phytophthora infestans en la papa*. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.

25. Mayea Silverio S. y O. Saucedo. 1973. "Determinación de los parámetros para pronóstico de *Phytophthora infestans* en papa". Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV
26. Navia, O., Gandarillas, A., Fernández-Northcote, E.N., 2000. *Estrategias de integración de resistencia y control químico del tizón de la papa (Phytophthora infestans)*. Validación con instituciones semilleras, Memorias. XIX Congreso de la ALAP. Habana, pág 53.
27. Nuninger, C, y col., 1995. *The contribution of Metelaxyl-based fungicide mixtures to potato late blight control*, E., eds, Boole Press Ltd. Dublin, Irlanda, 122-129 pp
28. on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Lelystad, The Netherlands. Pages 52-60
29. Ortiz, O., P. Winters, 2009. *La percepción de los agricultores sobre el problema de tizón tardío o rancha (Phytophthora infestans) y su manejo: Estudio de casos en Cajamara, Perú*, Revista Latinoamericana de la Papa Perú. ISSN 1019-6609, 11(1), pág 97-120.
30. Pérez, L., 1990. *Epidemiología, Pronóstico y Manejo Integrado de Enfermedades*. Curso de Post-grado. Dpto. Pronóstico de Enfermedades. Int. de Inv. de Sanidad Vegetal. Habana, 150 pp.
31. Saucedo Castillo O. 1996. "BMS, Sistema de Pronóstico del tizón tardío en el cultivo de la papa" Tesis para optar al grado de Master en Ciencias Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
32. Saucedo Castillo O. 2006. *Sistema de predicción del tizón tardío (Phytophthora infestans) en el cultivo de la papa, para la región central del país*. 2006. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. 101 p.
33. Schepers, H.T. and Van Soesbergen, M.A., 1995: *Factors affecting the occurrence and control of tuber blight*, eds, Boole Press Ltd. Dublin. Irlanda. 171-176 pp.

34. Shkinch, K.M., 1969. *Determination of short-term forecast of the appearance of P. infestans on tomato fruit*, Micología Fitopatológica, EUA, 3(2). Pág 160-166
35. Ullrich J., and Schrödter H. D., 2000. *Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfaule (Phytophthora infestans) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine Negativprognose*. Nachrichtenblatt Dt. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig), Germany, 18:33-40 pp.
36. Van der Plank, J.E., 1963. *Plant Diseases, Epidemics and Control*. New York, EUA, Academic Press. 349 p
37. Wallin, J.R., 1962. *Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in Unites and Canada*. Ann. Potato J., EUA, 39: pág. 306-312
38. Zchumakov, A., 1980. *Metodología para descubrir, diagnosticar y señalar las enfermedades en papa*. Estación Central de Pruebas de Pesticidas, Habana, 32 pp.

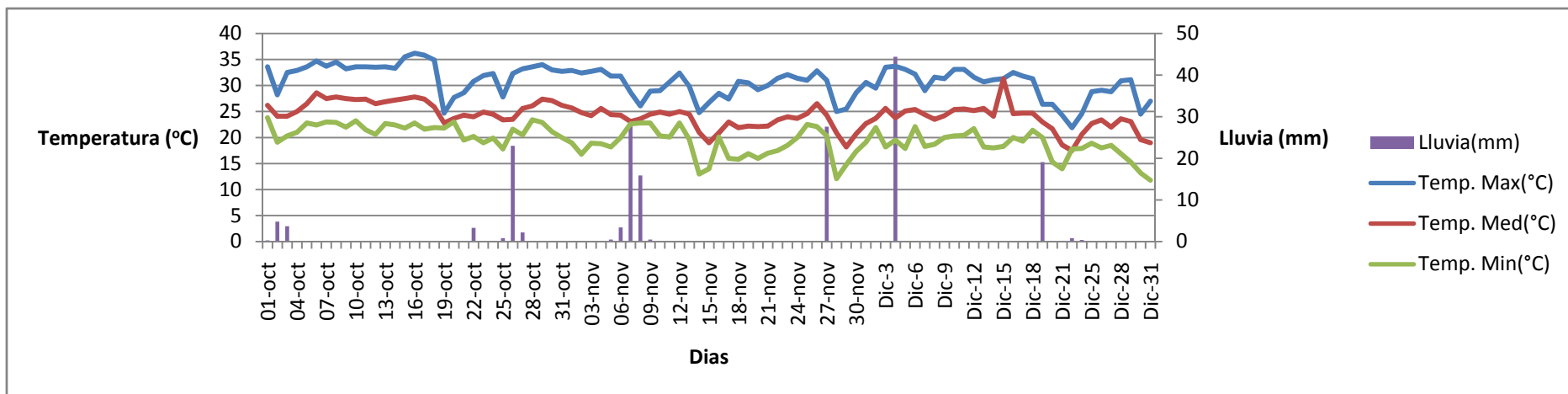
Anexos

(Anexo 1a) Tabla 4. Registro climático histórico. Estaciones Meteorológicas “Yabú” y Sagua.

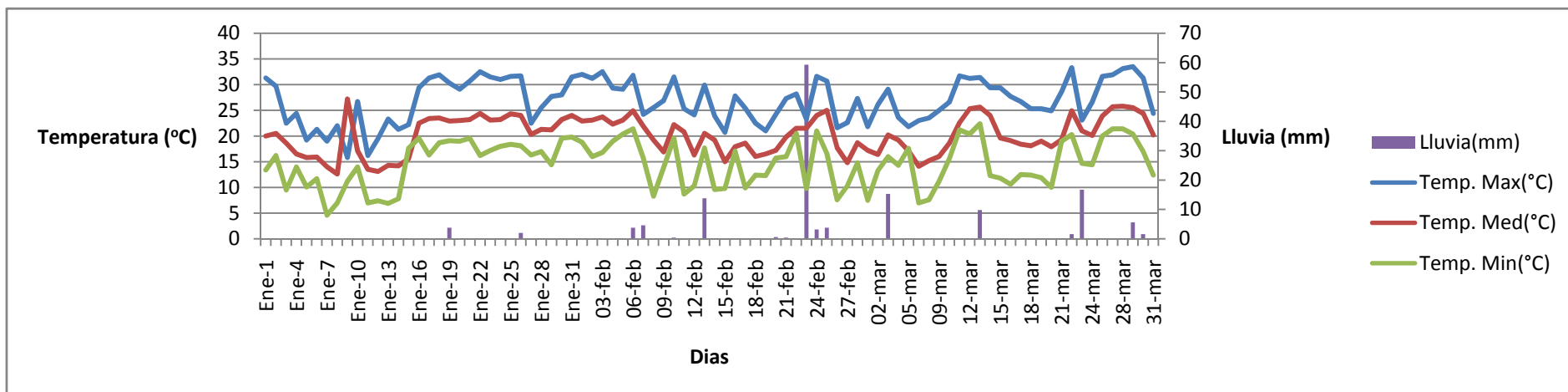
	Estación meteorológica “Yabú”. (Santa Clara).						Estación meteorológica Sagua.					
	Temp. max. °C	Temp. med. °C	Temp. min. °C	HR max %	HR med %	HR min %	Temp. max. °C	Temp. med. °C	Temp. min. °C	HRmax %	HR med. %	HR min. %
Enero	26,67	20,80	16,02	96,30	81,23	53,63	26,12	20,98	16,27	95,60	81,30	58,21
Febrero	27,74	21,38	16,41	95,77	78,84	48,75	26,97	21,63	16,52	95,14	79,38	55,13
Marzo	29,08	22,50	17,35	95,02	76,47	47,06	28,19	22,79	17,60	94,53	77,38	52,99
Abril	30,40	23,73	18,53	94,49	75,52	45,62	29,37	24,05	18,83	94,40	76,64	53,02
Mayo	31,11	24,99	20,44	95,22	79,30	51,20	30,57	25,60	20,82	94,83	79,36	57,17
Junio	31,81	26,09	21,97	95,80	82,26	56,20	31,65	26,87	22,54	95,85	81,64	59,46
Julio	32,30	26,45	22,04	95,65	81,50	54,68	32,13	27,31	22,78	95,88	80,64	58,27
Agosto	32,39	26,33	22,08	96,31	82,83	55,07	32,27	27,25	22,85	96,14	81,67	58,79
Septiembre	31,70	25,78	21,91	96,74	84,95	57,95	31,60	26,60	22,63	96,60	84,06	61,63
Octubre	30,10	24,73	20,97	96,75	85,46	59,87	29,97	25,49	21,71	96,38	84,71	64,14
Noviembre	28,30	23,20	19,38	96,46	85,05	59,93	28,17	23,80	19,99	95,90	84,17	64,36
Diciembre	26,92	21,60	17,39	96,39	83,63	57,49	26,73	22,05	17,75	95,49	83,05	61,69

Anexo 1a) Tabla 5. Registro climático histórico. Estaciones Meteorológicas “Caibarién ” y Santo Domingo.

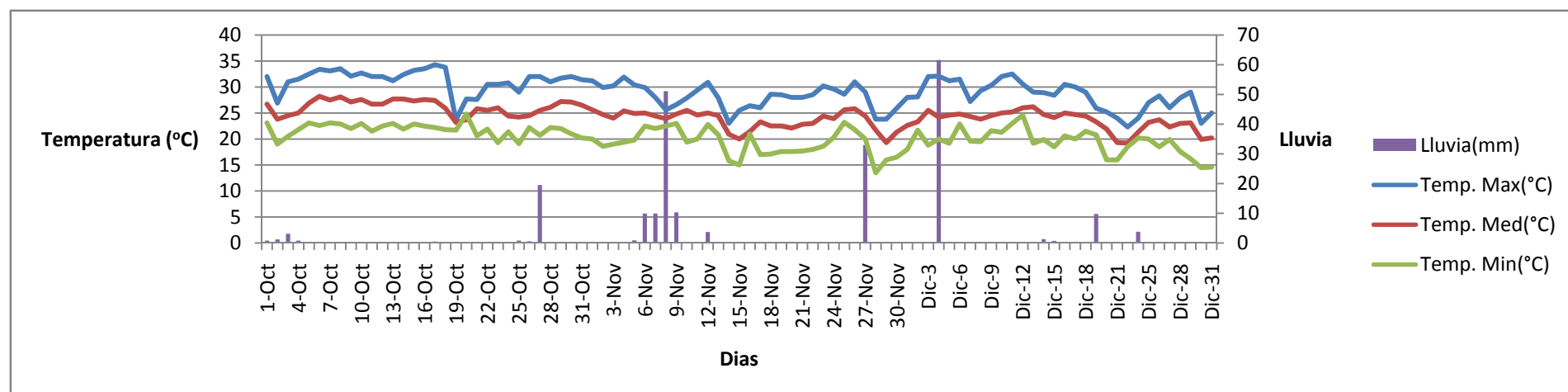
	Estación meteorológica Caibarién.						Estación meteorológica Santo Domingo.					
	Temp. max. °C	Temp. med. °C	Temp. min. °C	HR max %	HR med %	HR min %	Temp. max. °C	Temp. med. °C	Temp. min. °C	HRmax %	HR med. %	HR min. %
Enero	25,51	22,19	18,80	93,45	80,95	63,93	27,39	20,79	14,80	96,16	80,51	53,63
Febrero	26,29	22,67	19,08	92,47	79,25	61,06	28,42	21,61	15,18	95,93	77,47	48,88
Marzo	27,41	23,65	19,94	91,53	77,33	58,55	29,78	22,75	16,29	94,67	74,89	47,25
Abril	28,54	24,79	21,08	90,48	76,32	57,61	31,26	24,12	17,68	94,15	73,29	45,15
Mayo	29,64	26,06	22,48	93,06	79,49	62,14	32,03	25,52	19,97	94,72	76,77	50,29
Junio	30,91	27,18	23,55	94,30	81,43	63,69	32,87	26,55	21,73	95,75	80,77	55,56
Julio	31,43	27,84	23,95	93,58	79,56	62,02	33,35	26,89	21,78	95,63	80,24	53,27
Agosto	31,48	27,70	23,85	94,45	80,76	63,06	33,42	26,80	21,88	96,07	81,29	54,30
Septiembre	31,04	27,19	23,57	95,16	82,45	64,75	32,69	26,12	21,72	96,64	83,79	57,95
Octubre	29,51	26,35	23,17	94,29	82,69	66,72	31,19	25,11	20,48	96,93	84,13	59,83
Noviembre	27,66	24,89	22,11	93,80	82,48	68,60	29,28	23,37	18,52	96,47	83,65	60,72
Diciembre	26,16	23,17	20,20	93,51	82,15	67,37	27,72	21,58	16,34	96,33	82,40	57,71



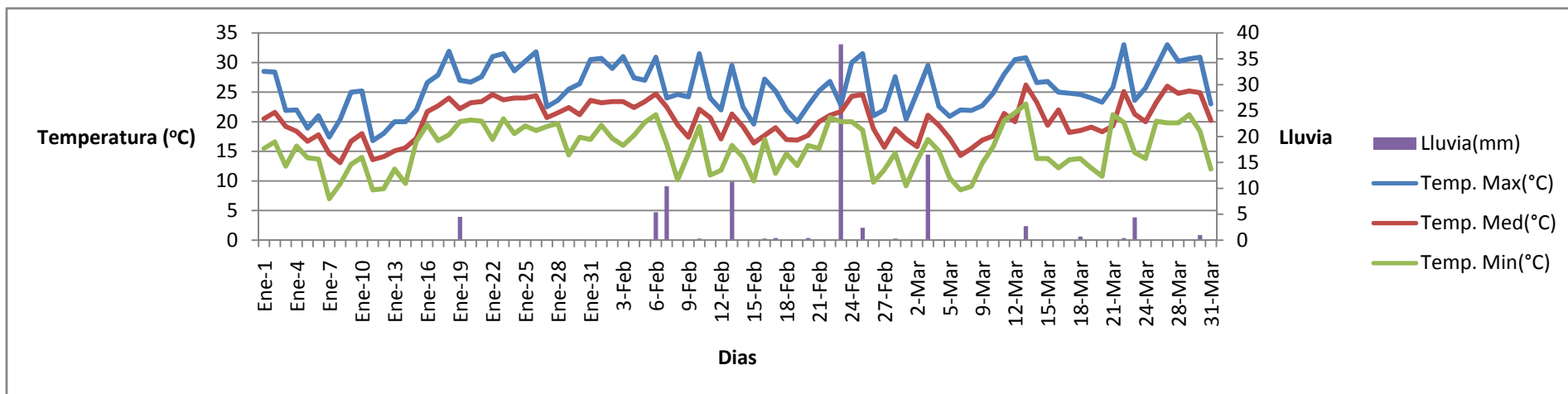
(Anexo 2a) Fig. 2 (a). Registro meteorológico (octubre-diciembre) 2009. ("Empresa Agropecuaria "La Sierra" y Empresa Agropecuaria Santo Domingo).



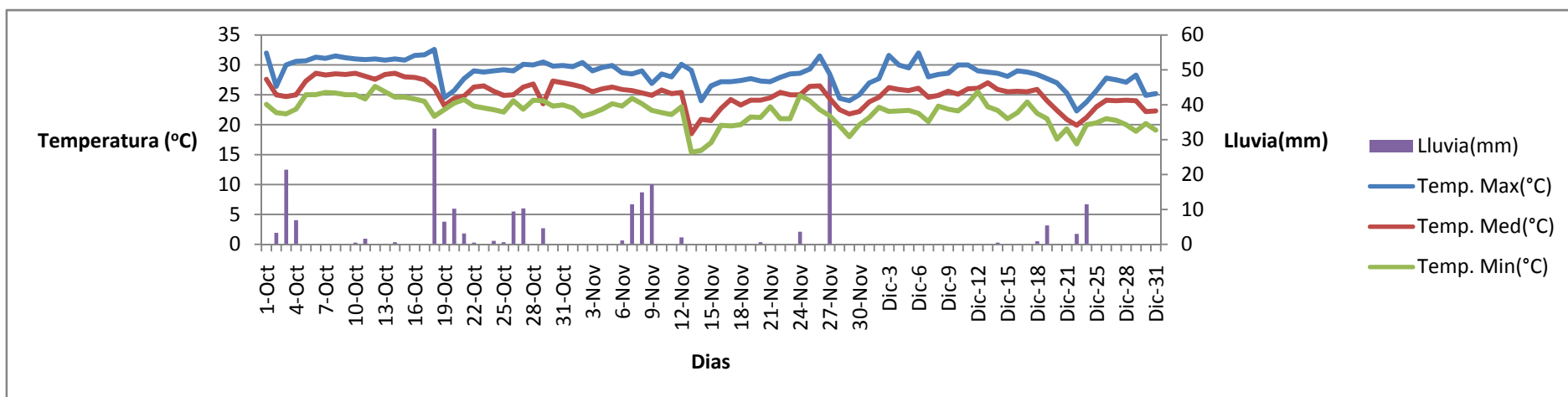
(Anexo 2b). Fig. 2 (b). Registro meteorológico (enero a marzo) 2009. ("Empresa Agropecuaria "La Sierra" y Empresa Agropecuaria Santo Domingo).



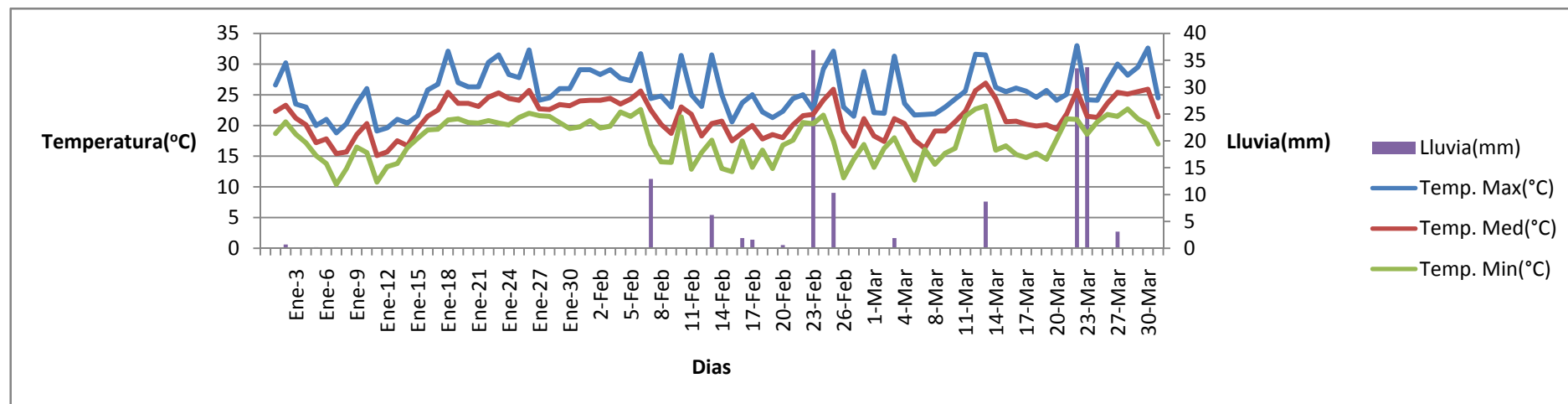
(Anexo 3a) Fig. 3 (a). Registro meteorológico (octubre-diciembre) 2009. (Empresa de Cultivos Varios "Sagua").



(Anexo 3b). Fig. 3 (b). Registro meteorológico (enero - marzo) 2009. (Empresa de Cultivos Varios “Sagua”).



(Anexo 4a) Fig. 4 (a). Registro meteorológico (octubre - diciembre) 2009. (Empresa de Cultivos Varios “Remedios”).



(Anexo 4b). Fig. 4 (b). Registro meteorológico (enero - marzo) 2009. (Empresa de Cultivos Varios “Remedios”).

4Pronósticos - DIAS YABU

Datos/Variable: DIAS YABU

Número de observaciones = 40

Índice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: **Tendencia lineal = 24,7154 + 0,100469 t**

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>t</i>	<i>Valor-P</i>
Constante	24,7154	1,14909	21,5086	0,000000
Pendiente	0,100469	0,0488423	2,05701	0,046597

Este procedimiento pronostica futuros valores de DIAS YABU. Los datos cubren 40 periodos de tiempo. Actualmente, se ha seleccionado el modelo de una tendencia lineal. Este modelo asume que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por la línea de regresión lineal ajustada con todos los datos anteriores.

Puede seleccionar un modelo diferente de pronósticos pulsando el botón secundario del ratón y seleccionando Opciones de Análisis.

La salida resume la significancia estadística de los términos en el modelo de pronósticos. Términos con valores-P menores que 0,05 son estadísticamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%. En este caso, el valor-P para el término lineal es menor que 0,05, de modo que es estadísticamente diferente de 0.

Esta tabla también resume el desempeño del modelo actualmente seleccionado en ajustar datos históricos.

Cada uno de los estadísticos está basado en los errores de pronóstico uno-adelante, los cuales son las diferencias entre los datos al tiempo t y el valor pronosticado al tiempo t-1. Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. Un mejor modelo daría un valor más pequeño. Los últimos dos estadísticos miden el bias. Un mejor modelo daría un valor más cercano a 0.

Comparación de Modelos

Variable de datos: DIAS YABU

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Modelos

(A) Tendencia lineal = $24,7154 + 0,100469 t$

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	3,56582	OK	OK	OK	OK	OK

Clave:

RMSE = Root Mean Squared Error (Raíz del Cuadrado Medio del Error)

RUNS = Prueba corridas excesivas arriba y abajo

RUNM = Prueba corridas excesivas arriba y abajo de la mediana

AUTO = Prueba de Box-Pierce para autocorrelación excesiva

MEDIA = Prueba para diferencia en medias entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

VAR = Prueba para diferencia en varianza entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

OK = no significativo ($p \geq 0,05$)

* = marginalmente significativo ($0,01 < p \leq 0,05$)

** = significativo ($0,001 < p \leq 0,01$)

*** = altamente significativo ($p \leq 0,001$)

Esta tabla compara los resultados de cinco diferentes modelos de pronósticos. Puede cambiar cualquiera de los modelos pulsando el botón secundario del ratón y seleccionando Opciones de Análisis. Viendo las estadísticas del error, el modelo con la menor raíz cuadrada del error cuadrado medio (RMSE) durante el periodo de estimación del modelo es el modelo A. El modelo con el menor error medio absoluto (MAE) es el modelo A. El modelo con el menor porcentaje del error medio absoluto (MAPE) es el modelo A. Puede usar estos resultados para seleccionar el modelo más apropiado para sus necesidades.

La tabla también resume los resultados de cinco pruebas para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Un OK significa que el modelo pasa la prueba. Un * significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 95%. Dos *'s significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99%. Tres *'s significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99,9%. Note que el modelo actualmente seleccionado, el modelo A, pasa 5 pruebas. Puesto que ninguna prueba es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% o más, el modelo actual probablemente es adecuado para los datos.

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: DIAS YABU

Modelo: Tendencia lineal = $24,7154 + 0,100469 t$

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = 0,875704

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 20

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,160181

Valor-P = 0,872734

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 29

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,831558

Valor-P = 0,405656

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 13,1894

Valor-P = 0,433293

Se han corrido tres pruebas para determinar si los residuos forman, o no, una secuencia aleatoria de números. Una secuencia de números aleatorios a menudo es llamada ruido blanco, puesto que contiene iguales contribuciones a varias frecuencias. La primer prueba cuenta el número de veces que la secuencia estuvo arriba o abajo de la mediana. El número de tales corridas es igual a 20, comparado con un valor esperado de 21,0 si la secuencia fuera aleatoria. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que los residuos son aleatorios, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor. La segunda prueba cuenta el número de veces que la secuencia ascendió o descendió. El número de tales corridas es igual a 29, comparado con un valor esperado de 26,3333 si la secuencia fuera aleatoria. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que la serie es aleatoria, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor. La tercera prueba está basada en la suma de cuadrados de los primeros 24 coeficientes de autocorrelación. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que la serie es aleatoria, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor.

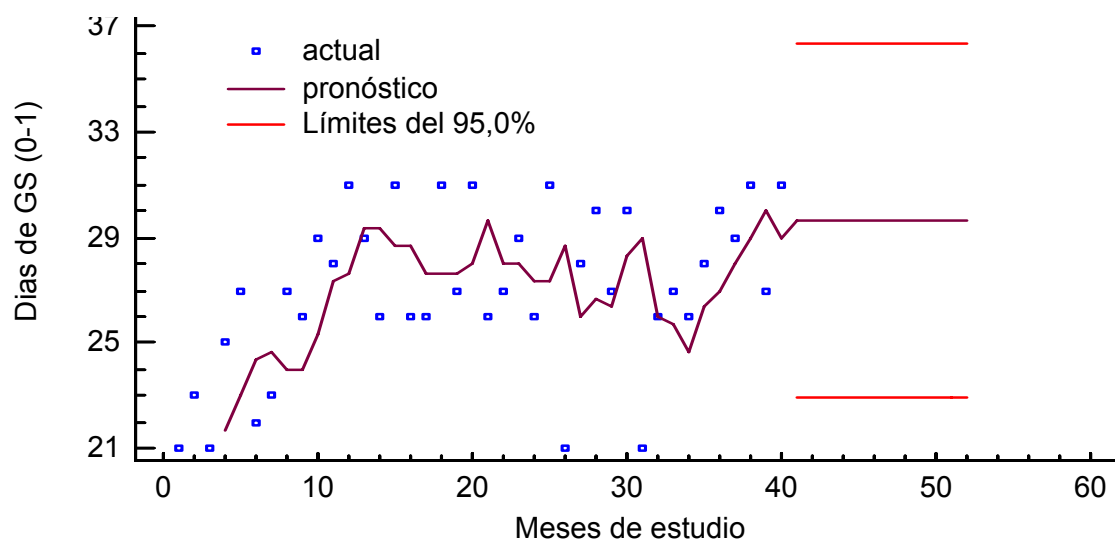


Fig 7. Secuencia de Tiempo en la Estación Meteorológica INIVIT.

Modelos

(A) Promedio móvil simple de 3 términos

(

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	2,96628	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: DIAS INIVIT

Modelo: Promedio móvil simple de 3 términos

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = 1,33333

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 23

Número esperado de corridas = 18,4857

Estadístico z para muestras grandes = 1,37864

Valor-P = 0,168004

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 27

Número esperado de corridas = 24,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,866282

Valor-P = 0,386334

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 12 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 18,2315

Valor-P = 0,10884

[Pronósticos Automáticos - DIAS SAGUA](#)

Datos/Variable: DIAS SAGUA

Número de observaciones = 40

2 valores faltantes fueron reemplazados con estimados

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Ajuste matemático: Log natural

Modelo de pronóstico seleccionado: Tendencia lineal = $3,23029 + 0,00453228 t$

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
Constante	3,23029	0,0312756	103,285	0,000000
Pendiente	0,00453228	0,00132937	3,40933	0,001555

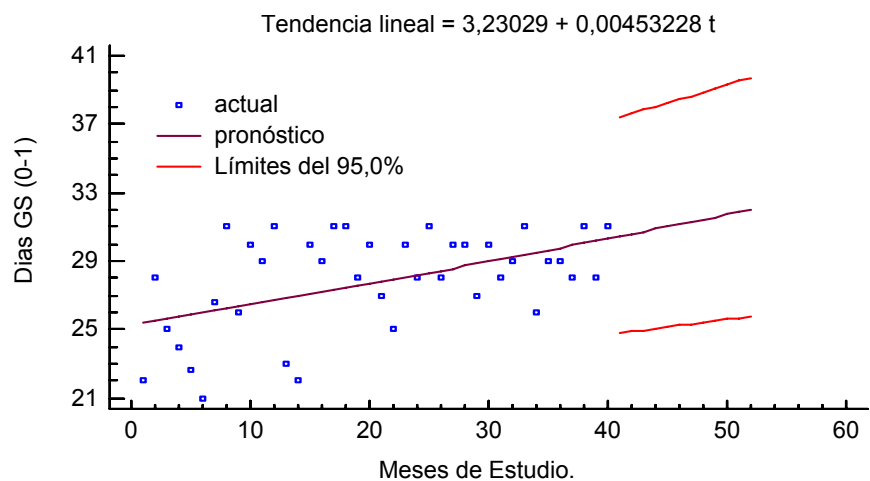


Fig. 8 Secuencia en tiempo en la estación meteorológica Sagua.

Modelos

(C) Tendencia lineal = $3,23029 + 0,00453228 t$

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(C)	2,55511	OK	OK	OK	OK	*

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: DIAS SAGUA

Modelo: Tendencia lineal = 3,23029 + 0,00453228 t

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = 0,00446977

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 22

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,160181

Valor-P = 0,872734

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 29

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,831558

Valor-P = 0,405656

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 19,106

Valor-P = 0,119853

Pronósticos Automáticos - DIAS CAIBARIEN

Datos/Variable: DIAS CAIBARIEN

Número de observaciones = 40

1 valores faltantes fueron reemplazados con estimados

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: ARIMA(2,0,2) con constante

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo ARIMA

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
AR(1)	1,34827	0,140886	9,56992	0,000000
AR(2)	-0,653909	0,144204	-4,5346	0,000065
MA(1)	1,46134	0,0376941	38,7685	0,000000
MA(2)	-1,04402	0,042078	-24,8115	0,000000
Media	28,107	0,581413	48,3426	0,000000
Constante	8,59072			

Pronóstico Histórico: sí

Varianza estimada de ruido blanco = 4,15775 con 35 grados de libertad

Desviación estándar estimada de ruido blanco = 2,03906

Número de iteraciones: 21

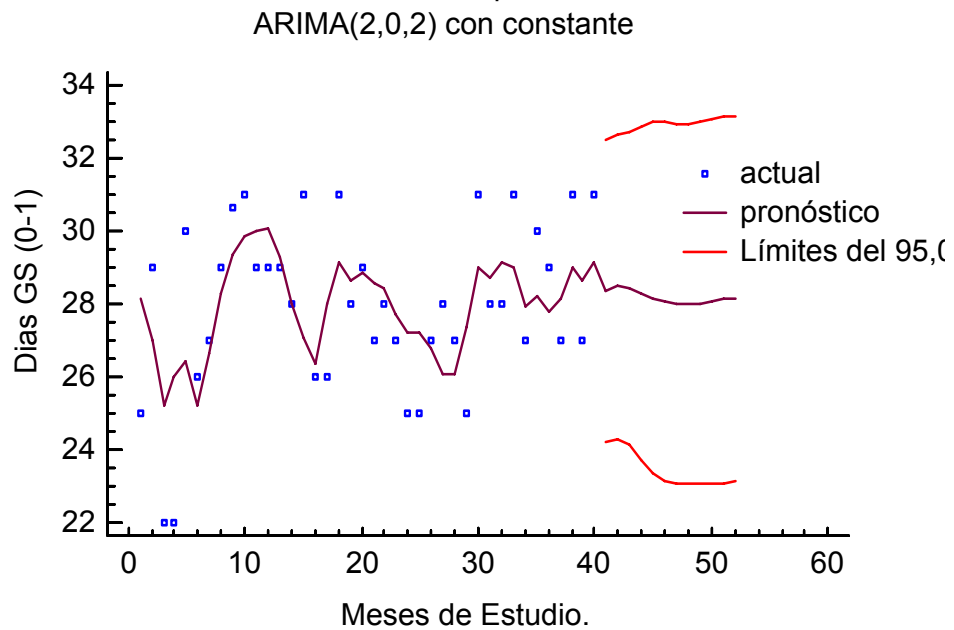


Fig. 9 Secuencia en tiempo en la estación meteorológica Caibarien

Comparación de Modelos

Variable de datos: DIAS CAIBARIEN

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Modelos

(M) ARIMA(2,0,2) con constante

Periodo de Estimación

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(M)	1,94314	1,50807	5,52459	-0,0260991	-0,574671	1,57861
Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(M)	1,94314	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: DIAS CAIBARIEN

Modelo: ARIMA(2,0,2) con constante

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,134877

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 22

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,160181

Valor-P = 0,872734

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 25

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,31983

Valor-P = 0,749093

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 12,5642

Valor-P = 0,183339

Pronósticos - Dias YABU GS(2-4)

Datos/Variable: Dias Yabú GS(2-4)

Número de observaciones = 40

Índice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: **Tendencia lineal = 5,53846 + -0,100657 t**

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>t</i>	<i>Valor-P</i>
Constante	5,53846	1,10149	5,02814	0,000012
Pendiente	-0,100657	0,0468191	-2,14991	0,037991

Modelos

(A) Tendencia lineal = 5,53846 + -0,100657 t

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(A)	3,41811	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Dias YABU GS 2-4

Modelo: Tendencia lineal = 5,53846 + -0,100657 t

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,921388

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 15

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 1,76199

Valor-P = 0,0780708

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 24

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,703626

Valor-P = 0,481663

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 13,1896

Valor-P = 0,433277

Pronósticos - Dias Inivit GS(2-4)

Datos/Variable: Dias Inivit GS(2-4)

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: Tendencia lineal = $5,40385 + -0,106285 t$

Número de pronósticos generados: 12

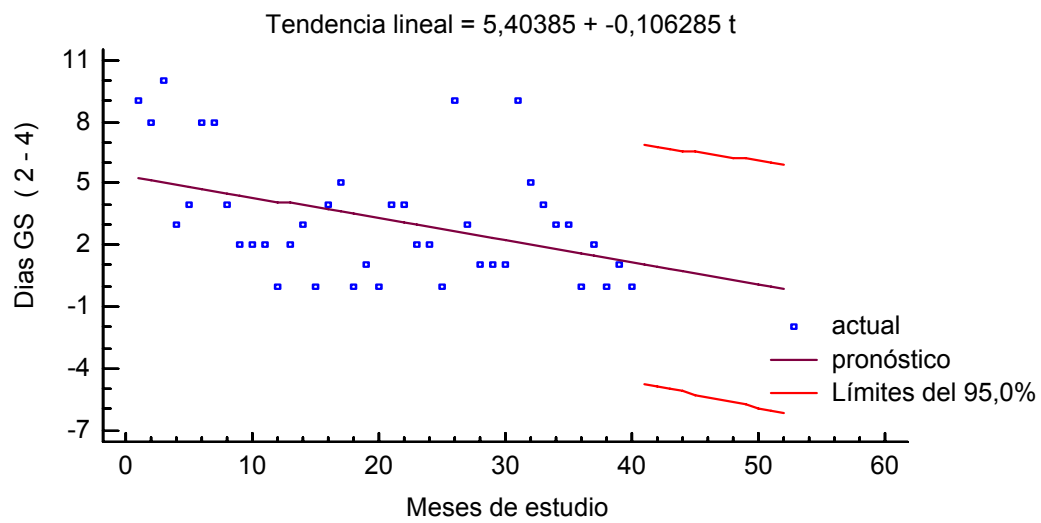


Fig. 10. Secuencia en tiempo para la estación meteorológica INIVIT.

Comparación de Modelos

Variable de datos: Dias Iniv GS24

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Modelos

(A) Promedio móvil simple de 3 términos

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	2,72785	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Dias Inivit GS (2-4)

Modelo: Tendencia lineal = 5,40385 + -0,106285 t

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,862711

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 18

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,800904

Valor-P = 0,423185

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 27

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,063966

Valor-P = 0,948992

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 14,6034

Valor-P = 0,332761

Pronósticos - Dias Sagua GS(2-4)

Datos/Variable: Dias Sagua GS(2-4)

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: **Tendencia lineal = $4,65769 + -0,115009 t$**

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
Constante	4,65769	0,858824	5,42334	0,000004
Pendiente	-0,115009	0,0365044	-3,15056	0,003172

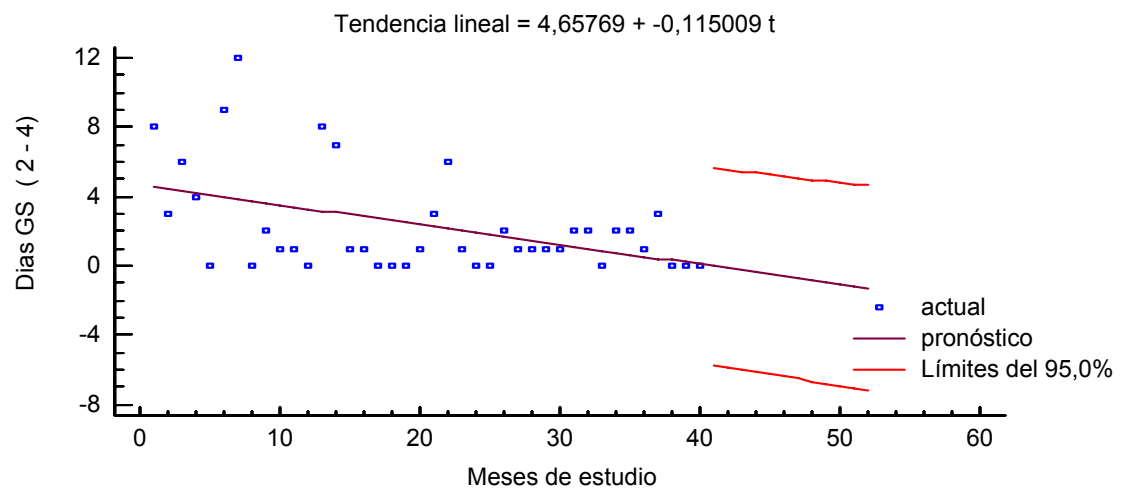


Fig. 11. Secuencia en tiempo para la estación meteorológica Sagua.

Comparación de Modelos

Variable de datos: Dias Sagua GS24

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Modelos

(A) Tendencia lineal = $4,65769 + -0,115009 t$

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	2,66507	OK	OK	OK	OK	*

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Dias Sagua GS24

Modelo: Tendencia lineal = $4,65769 + -0,115009 t$

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,304878

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 15

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 1,76199

Valor-P = **0,0780708**

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 24

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,703626

Valor-P = **0,481663**

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 15,2811

Valor-P = **0,290137**

Pronósticos - Dias Sagua GS24

Datos/Variable: Dias Sagua GS24

Número de observaciones = 40

1 valores faltantes fueron reemplazados con estimados

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

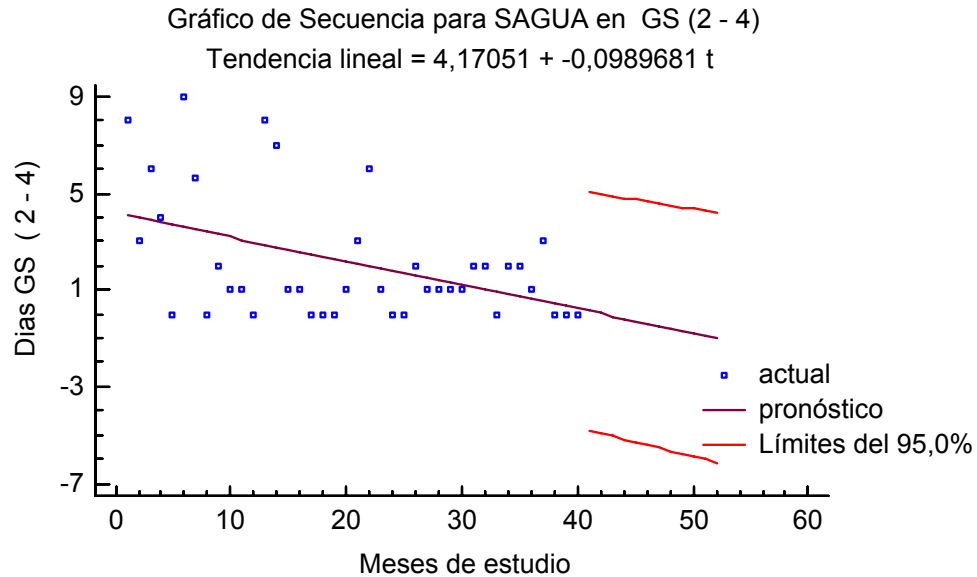
Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: Tendencia lineal = $4,17051 + -0,0989681 t$

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
Constante	4,17051	0,74745	5,57966	0,000002
Pendiente	-0,0989681	0,0317704	-3,1151	0,003491



Comparación de Modelos

Variable de datos: Dias Sagua GS24

Número de observaciones = 40

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Modelos

(A) Tendencia lineal = $4,17051 + -0,0989681 t$

(C) Promedio móvil simple de 3 términos

(D) Suavización exponencial simple con alfa = 0,1411

(E) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,091

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(A)	2,31946	OK	OK	OK	OK	*

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Dias Sagua GS(2-4)

Modelo: Tendencia lineal = $4,17051 + -0,0989681 t$

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,355081

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 17

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 1,12127

Valor-P = 0,262174

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 24

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,703626

Valor-P = 0,481663

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 11,227

Valor-P = 0,591806

Pronósticos - Dias CAIBARIEN GS (2-4)

Datos/Variable: Dias Caibarien GS(2-4)

Número de observaciones = 40

2 valores faltantes fueron reemplazados con estimados

Indice Inicial = 1,0

Intervalo de Muestra = 1,0

Resumen de Pronósticos

Modelo de pronóstico seleccionado: **Tendencia lineal = 3,07308 + -0,053768 t**

Número de pronósticos generados: 12

Resumen de Modelo de Tendencia

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>t</i>	<i>Valor-P</i>
Constante	3,07308	0,507513	6,05517	0,000000
Pendiente	-0,053768	0,0215719	-2,4925	0,017161

Modelos

(A) Tendencia lineal = 3,07308 + -0,053768 t

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(A)	1,5749	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Dias Caibarien GS(2-4)

Modelo: Tendencia lineal = 3,07308 + -0,053768 t

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = -0,27185

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 20

Número esperado de corridas = 21,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,160181

Valor-P = 0,872734

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 21

Número esperado de corridas = 26,3333

Estadístico z para muestras grandes = 1,85501

Valor-P = 0,0635938

(3) Prueba Box-Pierce

Prueba basada en las primeras 13 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 12,4289

Valor-P = 0,492829