

PRONÓSTICO DEL TIZÓN TARDÍO (*PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT.) DE BARY) DE LA PAPA EN CUBA. III RELACIÓN ENTRE LOS FRENTES FRÍOS, LA OCURRENCIA DE PERÍODOS FAVORABLES Y LA APARICIÓN DE LOS PRIMEROS BROTES DE LA ENFERMEDAD

Guadalupe Gómez,¹ Magali Suárez,² Moisés Figueroa,³ Leonides Castellanos,⁴ Consuelo Álvarez,⁵ Víctor M. Pico⁶

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de la Habana, CP 11600

² Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Calle 25A no. 23011 e/ 234 y 236, Autopista, La Habana

³ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Calle 7 no. 14, Matanzas

⁴ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Carretera Palmira Km 4, Cienfuegos

⁵ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Carretera de las Malezas, Km 2½, Villa Clara

⁶ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Ave. Finlay Km 2½ e/ Circunvalación y Nitrógeno, Camagüey

RESUMEN

Uno de los eventos climáticos más importantes en los inviernos cubanos es la entrada de frentes fríos, con la consiguiente disminución de las temperaturas, aumento de la humedad relativa y surgimiento de precipitaciones, condiciones que favorecen la aparición y desarrollo del tizón tardío de la papa. Con el objetivo de profundizar en la relación de estos eventos y la enfermedad, se llevaron a cabo diferentes estudios relativos a las clasificaciones y la ocurrencia de períodos favorables, su incidencia en las diferentes zonas paperas del país, análisis matemático de frentes fríos-ocurrencia de períodos favorables, así como la relación entre los frentes fríos, los períodos favorables y la aparición de los primeros síntomas. Aproximadamente el 50% de los frentes fríos que arriban al país producen condiciones favorables para la aparición y desarrollo del tizón tardío, pero debido a que la clasificación de estos sistemas está condicionada a la intensidad y naturaleza de los vientos, no existe una fuerte relación con ninguna de las clasificaciones por separado. Existe un estrecho vínculo entre la incidencia de los frentes fríos en Cuba, la ocurrencia de períodos favorables para la enfermedad y la detección de los primeros brotes. Se recomienda clasificar los frentes fríos en dependencia de los requerimientos agroecológicos de las plagas importantes de Cuba.

Palabras clave: *Phytophthora infestans*, tizón tardío, *Solanum tuberosum*, papa, clima, frentes fríos.

ABSTRACT

One of the most important climatic events in the Cuban winter is cold fronts. They decrease temperature and increase the relative humidity and rains. These conditions make possible the occurrence and development of potato late blight. To know the relationship between these events and the disease, the following studies were carried out: classification and occurrence of the favorable periods and their incidence on diverse areas of the country where potato is grown; mathematics analyses of cold fronts-favorable periods occurrence relationship, as well as the relationship between cold fronts, favorable periods and apparition of the first symptoms of this disease. About fifty percent of cold fronts arriving in Cuba produce good conditions to the outbreak of the disease are present, however, because of the classification of these systems are conditioned by the intensity and features of winds, there isn't a strong relation with any classification individually. There is a close relationship between the incidence of cold fronts, the occurrence of favorable periods for developing the disease and the detection of the first symptoms that it causes. We recommend classifying the cold fronts taking into account the agroecological requirements of relevant pest in Cuba.

Keys words: *Phytophthora infestans*, potato late blight, *Solanum tuberosum*, potato, weather, cold fronts.

INTRODUCCIÓN

Los frentes fríos y casi estacionarios se consideran dentro del tipo de situación sinóptica frontal o perturbación atmosférica más frecuente en el período poco lluvioso en Cuba [Lecha *et al.*, 1994]. Entre las características más generales que se presentan con su proximidad, se encuentran la disminución paulatina de la temperatura, aumen-

to de nubosidad, ocurrencia de precipitaciones y tormentas eléctricas, así como aumento de la humedad relativa del aire. Después del paso de un frente, la nubosidad, humedad relativa y temperatura disminuyen, esta última rápidamente. Las precipitaciones asociadas a los frentes están relacionadas con la nubosidad de las bandas fronta-

les, resultado de los movimientos ascendentes en el frente. A medida que los frentes fríos pierden en latitud en la zona tropical, la actividad de la banda nubosa disminuye. En los frentes se forman ondas que pueden mantenerse dos o tres días, y al disminuir su velocidad de traslación provocan el incremento de la actividad de lluvias [Sosa *et al.*, 1984].

La distribución espacial y temporal de las precipitaciones asociadas a un frente frío varía en dependencia de la banda nubosa que lo acompaña y a su desplazamiento sobre el territorio nacional. Frecuentemente, cuando se desplaza con lentitud primero al sureste y luego al este, produce precipitaciones que a veces se extienden por períodos de tiempo de hasta dos o tres días, y aunque no es común, se han registrado valores del orden de los 100 mm y más; diciembre es el mes en que el mayor número de frentes fríos producen precipitaciones inferiores a 10 mm, mientras que en enero, febrero y marzo ocurren los más activos, con precipitaciones superiores a los 25 mm [González, 1984a]. También se han presentado mayores de 50 mm en 24 horas, que en ocasiones han alcanzado máximos notables de 100 mm o más en el mismo período de tiempo [González, 1984b].

Las primeras apariciones del tizón tardío en Cuba siempre han estado relacionadas con diferentes variables meteorológicas, como la temperatura, humedad relativa, precipitaciones, neblinas y otras, las cuales varían con la entrada de los frentes fríos, evento climático que proporciona las condiciones mínimas para que desencadene el proceso infeccioso de *P. infestans*. Este trabajo fue realizado con el objetivo de profundizar en estudios relacionados con la interacción entre los frentes fríos, la ocurrencia de períodos de tiempo favorables para la enfermedad y la detección de los primeros síntomas del tizón tardío en las principales zonas paperas del territorio cubano.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Cuba los frentes fríos se clasifican en diferentes formas, aunque las utilizadas por el Instituto de Meteorología (INSMET) consideran la intensidad de los vientos, tipificándolos como *débiles* (D): < 35 km/h, *moderados* (M): entre 36 y 55 km/h y *fuertes* (F): > 55 km/h, y aquellas que tienen como fundamento la naturaleza de la componente normal del viento, clasificándolos en *clásicos* (C), los caracterizados por estar asociados a un centro de bajas presiones que se desplaza de oeste a este sobre el Golfo de México o sobre los estados meridionales de Estados Unidos, y que previamente producen vientos de región sur sobre la región occidental y pasan a ser gradualmente del suroeste, del oeste y del noroeste al norte; *revesinos* (R): los que ocasionan un giro del viento con dirección del este al nordeste y finalmente del norte, en contra de las manecillas del reloj, con aumento de la nubosidad, ocurrencias de lluvias y el correspondiente descenso de las temperaturas; y *secundarios* (S): los que afectan al país

poco tiempo después del paso de un frente frío (uno o dos días después), y que producen un reforzamiento de las condiciones invernales [Sosa *et al.*, 1984].

Se realizó un análisis de las clasificaciones que el INSMET utiliza para este tipo de sistemas, con el fin de hallar una relación entre el tipo de frente frío y la ocurrencia de los períodos favorables. Para cada campaña se calcularon los frentes fríos de acuerdo con cada categoría [Sosa *et al.*, 1984] y su combinación con el número de aquellos que originaron períodos favorables según el método de Naumova modificado.

La cantidad total de frentes fríos que arribaron a la isla en cada campaña del cultivo desde 1978-1979 hasta 1993-1994 se relacionó con el número de aquellos que produjeron períodos favorables (según el método de Naumova modificado) en las provincias de La Habana, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara y Ciego de Ávila. Se calculó el intervalo de confianza, con un 95% de confiabilidad, para la serie de datos de los frentes fríos que reportaron períodos favorables, y del porcentaje que representan con respecto al total de cada campaña.

Se hizo un análisis de regresión lineal entre el número de frentes fríos que arribaron al territorio nacional a partir de la segunda decena de octubre hasta la tercera de marzo, y el valor promedio de períodos favorables ocurridos en Güines, Melena del Sur y Güira de Melena desde 1978-1979 hasta 1993-1994.

Se calcularon las frecuencias relativas de las detecciones de la enfermedad en las diferentes localidades, y se compararon las proporciones, mediante un análisis de Chi,² lo que fue relacionado con los frentes fríos que llegaron a la isla en cada campaña del cultivo y con la ocurrencia de períodos favorables. La influencia de estos sistemas meteorológicos sobre las primeras apariciones de los brotes del tizón tardío también fue objeto de análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre la ocurrencia de períodos favorables y la clasificación de los frentes fríos indica que, independientemente que este sea débil, moderado o fuerte, clásico, revesino o secundario, puede provocar las condiciones favorables (Tabla 1), y cuando se tienen en cuenta las dos clasificaciones, se observa que son los frentes fríos revesinos-fuertes, clásicos-fuertes y revesinos-moderados los que están relacionados con el mayor número de períodos favorables, mientras que los clásicos moderados y débiles, secundarios-moderados, revesinos-débiles, secundarios-débiles y secundarios-fuertes les siguen en orden descendente (Fig. 1).

Sin embargo, lo que sucede históricamente y en el período estudiado, es que los frentes más comunes son los clásicos, moderados y débiles, y el no encontrar una relación más fuerte entre al menos una de las clasificacio-

nes de los frentes fríos que realiza el INSMET con la ocurrencia de los períodos favorables, se debe a que estas se fundamentan en el giro y naturaleza de los vientos y no tienen en cuenta la masa de aire prefrontal que arrastra el frente. Al respecto, González (1998) se-

ñaló que aunque se han observado cifras significativas en relación con las precipitaciones asociadas a la banda nubosa del frente frío o a la hondonada que la precede, estas no se consideran para la clasificación de los frentes fríos.

Tabla 1. Número de frentes fríos y porcentaje de los que ocasionaron períodos favorables en los últimos veinte años

Número de frentes fríos	Débiles	Débiles que ocasionaron períodos favorables	Moderados	Moderados que ocasionaron períodos favorables	Fuertes	Fuertes que ocasionaron períodos favorables
Total	225	94	161	89	12	9
Por ciento	56,6	41,8	40,4	55,3	3,0	75,0
Números de frentes fríos	Clásicos	Clásicos que ocasionaron períodos favorables	Revesinos	Revesinos que ocasionaron períodos favorables	Secundarios	Secundarios que ocasionaron períodos favorables
Total	272	129	108	56	18	7
Por ciento	68,3	47,4	27,1	51,8	4,6	38,9
Número de frentes fríos	Total	Que ocasionaron períodos favorables				
Total	398	192				
Por ciento	100	48,2				

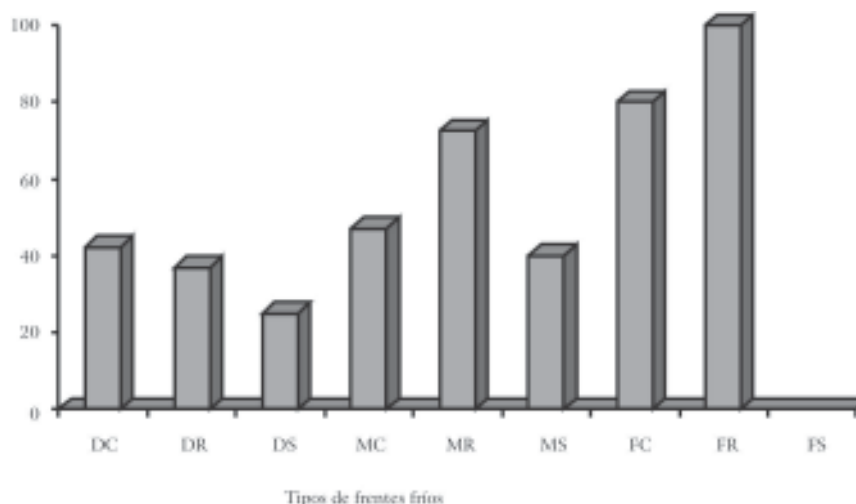


Figura 1. Porcentaje de diferentes tipos de frentes fríos que ocasionaron períodos favorables para el tizón tardío.

El resultado de la relación entre el número de frentes fríos y los que producen períodos favorables en las diferentes provincias se muestra en la Fig. 2. No todos los frentes fríos que arriban al país son capaces de crear las condiciones favorables de temperatura y humedad que *P. infestans* necesita para su desarrollo. En La Habana es

donde estos sistemas producen la mayor cantidad de períodos favorables, mientras que a medida que el frente se mueve hacia el este, el número de estos es menor. Ello se corresponde con el movimiento de esos sistemas y su debilitamiento hacia el este de la isla [González, 1998].

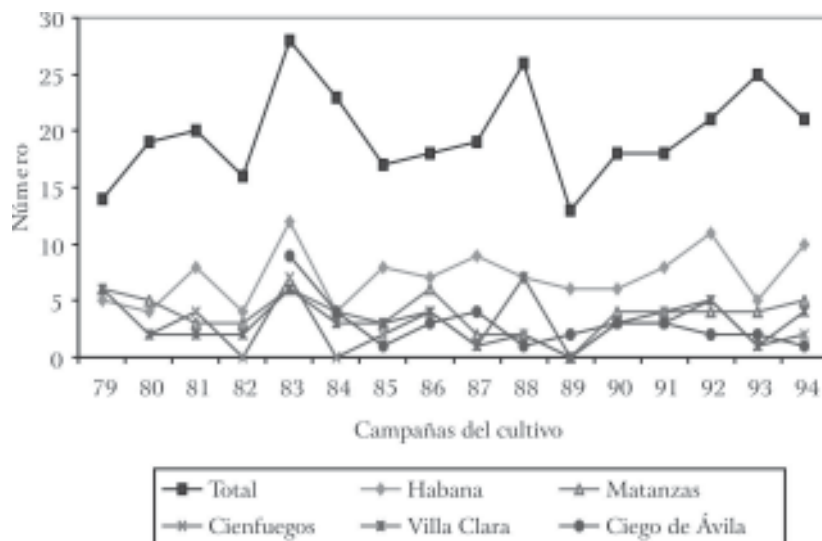


Figura 2. Frentes fríos y los que ocasionaron períodos favorables en diferentes provincias desde 1978 hasta 1993-1994.

El promedio de frentes fríos que arribaron al territorio nacional en la etapa estudiada fue de 19,75. En la campaña de 1988-1989 hubo menos cantidad (13). Por su parte, 1982-1983 presentó el valor mayor, con 28 siste-

mas frontales. El 45,8 % de los frentes fríos llegados al país crearon condiciones favorables para la aparición y desarrollo de la enfermedad (Tabla 2).

Tabla 2. Número de frentes fríos totales que han arribado al territorio nacional, número de los que ocasionaron períodos favorables y el porcentaje que representa del total en diferentes campañas del cultivo

Campaña	Número de frentes fríos (Total)	Número de frentes fríos que ocasionan períodos favorables	Por ciento que representan del total
1978-1979	14	8	57,1
1979-1980	19	9	47,3
1980-1981	20	10	50,0
1981-1982	16	5	31,2
1982-1983	28	14	50,0
1983-1984	23	7	30,4
1984-1985	17	8	47,0
1985-1986	18	10	55,5
1986-1987	19	9	47,3
1987-1988	26	11	42,3
1988-1989	13	6	46,1
1989-1990	18	6	33,3
1990-1991	18	8	44,4
1991-1992	21	15	71,4
1992-1993	25	7	28
1993-1994	21	11	52,3
\bar{X}		9,00	45,8
Desviación estándar		0,69	2,78
Límite inferior del intervalo de confianza		7,51	39,86
Límite superior del intervalo de confianza		10,48	51,83

Existe una relación lineal entre la ocurrencia de períodos favorables y los frentes fríos que arriban a Cuba (Fig. 3), y se expresa por la siguiente ecuación:

$$y = 0,51329 \cdot x$$

$n = 17$
 $R = 0,90707$
 $R^2 = 0,82277$

donde

y = Número de períodos favorables
 x = Número de frentes fríos

Lo que significa que de cada dos frentes fríos que llegan al país, al menos uno de ellos produce condiciones que favorecen la aparición y el desarrollo del patógeno.

Existen referencias del uso de pronósticos sinópticos en Europa, fundamentalmente en Irlanda, cuando, a diferencia de lo que sucede en Cuba, la entrada de frentes calientes propicia las condiciones favorables para la aparición y desarrollo de la enfermedad [Bourque, 1965].

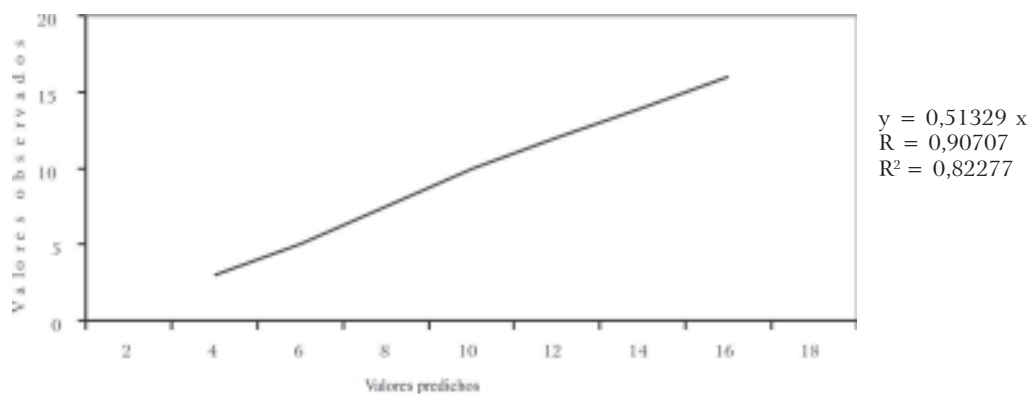


Figura 3. Relación matemática entre los frentes fríos y la ocurrencia de períodos favorables para *P. infestans*.

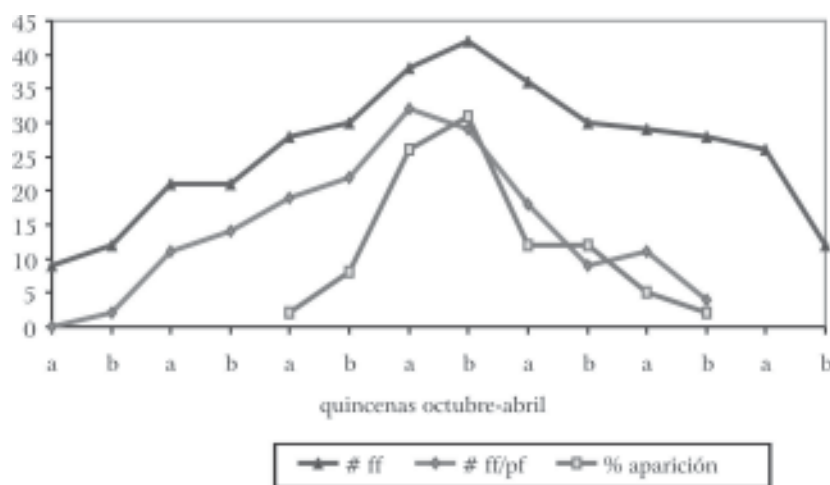


Figura 4. Porcentaje de primeros brotes, números de frentes fríos y los que ocasionaron períodos favorables.

El pronóstico sinóptico para los frentes fríos en Cuba está muy bien desarrollado; sin embargo, con la clasificación actual de estos sistemas frontales resulta imposible hacer predicciones sinópticas de la enfermedad con más de un 50% de confiabilidad, teniendo en cuenta la entrada de los frentes fríos.

Al relacionar los frentes fríos que entraron al país con la cantidad de ellos que ocasionaron períodos favorables, y los porcentajes de las primeras apariciones de los brotes de la enfermedad (Fig. 4), apreciamos que existe una estrecha relación entre las variables.

Los frentes fríos comienzan a arribar al territorio nacional desde septiembre, cuando aún no ha empezado a sembrarse la semilla nacional, comúnmente plantada en la época temprana. A medida que va avanzando el invierno, el número de frentes que llegan al archipiélago cubano aumenta y también se incrementa la cantidad de ellos que ocasionan condiciones favorables para el surgimiento de los primeros síntomas y el posterior desarrollo del tizón tardío, de forma que la mayoría llega en enero y febrero, lo que coincide con el aumento de las primeras detecciones de la enfermedad.

Una fuente de inóculo importante para el país son los tubérculos de semilla que, atendiendo a la procedencia, ha tenido sus fluctuaciones con el tiempo, aunque en los últimos diez años los proveedores de semilla han sido Holanda y Canadá, ambos con cambios en el comportamiento del tizón tardío a partir de la segunda migración del hongo a Europa [Fry *et al.*, 1993; Platt *et al.*, 1996], variaciones que se han reflejado a partir de 1993 en Cuba [Gómez *et al.*, 1995]. Este inóculo tiene la capacidad de permanecer viable [Erwin y Ribeiro, 1996] e infectar las primeras yemas que emergen, de difícil diagnóstico y erradicación [Hirst, 1955], o crecer dentro del tejido del hospedante sin esporular, hasta que las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo [Keay, 1953 y 1954]. La papa de semilla comienza a llegar a Cuba desde finales de octubre y se plantan aproximadamente un mes después, cuando han comenzado a disminuir las temperaturas [Lapinel, 1989]. En diciembre se originan los primeros focos de la enfermedad, coincidiendo con plantaciones que ya han alcanzado la fenología óptima para la aparición de los primeros brotes y con el aumento de la llegada de los frentes fríos y la ocurrencia de los períodos favorables.

Cuando las condiciones del tiempo que favorecen el desarrollo del proceso infeccioso permanecen por más de veinticuatro horas, la producción de esporangios es casi continua y el ciclo asexual del hongo se repite, y aumenta el potencial infeccioso; entonces se producen las severas epifitias, capaces de devastar campos completos de papa [De Weille, 1963].

CONCLUSIONES

- Independientemente de que el frente frío sea clasificado como *débil*, *moderado* o *fuerte*, *clásico*, *revesino* o *secundario*, puede provocar las condiciones favorables para el desarrollo del tizón tardío.
- Los frentes fríos revesinos-fuertes, clásicos-fuertes y revesinos-moderados están relacionados con el mayor número de períodos favorables, mientras que los clásicos moderados y débiles, secundarios-moderados, revesinos-débiles, secundarios-débiles y secundarios-fuertes les siguen en orden descendente.
- Del total de frentes fríos que arriban a territorio cubano, sólo el 48,2% de ellos son capaces de provocar condiciones favorables para el desarrollo de *P. infestans*.
- Los frentes fríos producen la mayor cantidad de períodos favorables en La Habana, mientras que a medida que se mueven hacia el este, disminuyen, correspondiéndose con su movimiento y debilitamiento hacia las regiones centrales y orientales de la isla.
- Los frentes fríos comienzan a arribar al territorio nacional desde septiembre, y a medida que va avanzando el invierno aumentan y también se incrementa la cantidad de ellos que ocasionan condiciones favorables para el surgimiento de los primeros síntomas y el posterior desarrollo del tizón tardío, de forma que la mayoría llega en enero y febrero, lo que coincide con el aumento de las primeras detecciones de la enfermedad.
- Las dos formas de clasificación del INSMET para tipificar los sistemas frontales en Cuba no responden a las exigencias que requiere un pronóstico sinóptico de aparición de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bourque, A. M. P.: «The Contribution of Modern Meteorology to Plant Disease Forecasting», *Phytopathology*, E. U., 55(9); sep. 1965.
- De Weille, A. G.: «Laboratory Results Regarding Potato Blight and Their Significance in the Epidemiology of Blight», *Eur. Potato Journal* 6 (2):121-130, 1963.
- Erwin, C. D.; O. K. Ribeiro: *Phytophthora Diseases Worldwide*, American Phytopathological Society, St. Paul, 1996.---
- Fry, E. W. *et al.*: «Historical and Recent Migrations of *Phytophthora infestans*: Chronology Pathways, and Implications», *Plant Disease*, E. U. 77:653-661, 1993.
- Gómez, I. Guadalupe *et al.*: *Manejo integrado del tizón tardío de la papa*, La Habana, 1995.
- González, P. Cecilia: «Precipitaciones asociadas a los frentes fríos», *Boletín Hidroclimático Marino*, La Habana, 1984a.
- : «Algunas características de los sistemas frontales que produjeron precipitaciones notables en Cuba», Primer Seminario-Taller sobre Desastres Naturales, ACC, La Habana: ACC, 1984.
- : «Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997», ACC, La Habana, 1998.
- Hirst, M. J.: «The Early History of Potato Late Blight Epidemic», *Plant Pathology*, Londres 4 (1): 44-50, 1955.

Pronóstico del tizón tardío (Phytophthora...

- Keay, A. Margaret: «Delayed Sporulation of *Phytophthora infestans* on Infested Potato Shoots», *Plant Pathology*, Londres 2 (1): 68-71, 1953.
- : «Further Observation on Delayed Sporulation of *Phytophthora infestans* on Infested Potato Shoots», *Plant Pathology*, Londres 3:88-89, 1954.
- Lapinel, B.: «Situaciones sinópticas predominantes sobre Cuba», *Nuevo atlas nacional de Cuba*, ACC, La Habana, 1989.
- Lecha, B. L.; L. R. Paz; B. Lapinel: *El clima de Cuba*, Ed. Academia, La Habana, 1994.
- Platt, H. W.; R. D. Peters; R. Hall: «Potato Late blight-Pathogen Population in Canadá». Abstracts of Conference Papers, Posters and Demonstrations, 14-19 July, Netherlands: (s.n), 1996.
- Sosa, H. Marina *et.al.*: *Guía preliminar para los pronósticos del tiempo. Meteorología sinóptica*, ACC, La Habana, 1984.