

VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE PRONÓSTICO PARA EL MOHO AZUL DEL TABACO Y SU UTILIZACIÓN EN LOS ANÁLISIS BIOCLIMÁTICOS EN CUBA

Guadalupe Gómez,¹ Liudmila Llanes,¹ A. Hernández,¹ J. Cortiñas,¹ J. M. Breto,² Teresa Rivero,³ Inés M. Figueroa⁴ y Maritza González⁵

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 Estación Territorial de Protección de Plantas. Pinar del Río.

³ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Carretera de Palmira Km 4 ½, Cienfuegos, CP 55100

⁴ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Carretera del Jíbaro Km 2, Sancti Spiritus, CP 64420

⁵ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Figueredo 508 e/ Línea y M. Echevarría, Bayamo, Granma

RESUMEN

El moho azul (*Peronospora hyoscyami* de Bary f. sp. tabacina) del tabaco es la enfermedad más importante que afecta al cultivo en Cuba. Se ha demostrado recientemente el carácter endémico intercontinental del patógeno, debido al transporte de las esporas entre Norteamérica, el Caribe y Latinoamérica. Se trabajó con la información derivada del método de pronóstico a corto plazo de la enfermedad (índice de peligrosidad modificado) desde la campaña 1979-80 hasta 1996-97, de octubre a marzo, en diferentes zonas tabacaleras de las provincias de Pinar del Río, La Habana, Sancti Spiritus, Cienfuegos y Granma, así como con la primera fecha de aparición del moho azul en cada campaña del cultivo y localidades estudiadas. El método de pronóstico resultó ser efectivo en un 76,8%. A partir de octubre se puede predecir la aparición de los primeros síntomas, 21 días después de la ocurrencia de los primeros períodos críticos o días favorables; el intervalo más propicio para el desarrollo epifitótico de la enfermedad se encuentra entre la segunda decena de diciembre y la segunda de febrero.

Palabras claves: moho azul, *Peronospora hyoscyami*, tabaco, pronóstico

ABSTRACT

Blue mold of tobacco (*Peronospora hyoscyami* de Bary f. sp. tabacina Adam) is one of the most important diseases affecting crops in Cuba. It is considered as an intercontinental endemic pathogen due to the moving of its spores throughout North America, the Caribbean and Latin America. Information derived from the short-term forecast method of the disease (Modified Risk Ratio) since the 1979-80 campaign up to the 1996-97 campaign, during October-March months in the tobacco plantations in Pinar del Río, La Habana, Sancti-Spiritus, Cienfuegos and Granma provinces, and the blue mold first appearance date were managed. The forecast method was 76.8% effective. Since October, the appearance of the first symptoms can be predicted 21 days after the first critical periods: the most favorable interval for the disease epiphytotic development is about the second decennial of December and second decennial of February.

Key words: blue mold, *Peronospora hyoscyami*, tobacco, forecast

INTRODUCCIÓN

El moho azul del tabaco, causado por *Peronospora hyoscyami* de Bary f. sp. tabacina Adam, es una de las enfermedades más destructivas que afecta el cultivo, con consecuencias desastrosas en la mayor parte de los países productores de la hoja. Se caracteriza por una rápida diseminación y una gran actividad patogénica.

Esta enfermedad apareció por primera vez en Cuba en noviembre de 1957, probablemente a causa de las esporas del hongo arrastradas por el viento desde la Florida [Pandiello, 1958]. Posteriormente desapareció hasta que en febrero de 1979 fue detectada en la zona

central de la isla, cuando se desarrolló una fuerte epidemia que ocasionó pérdidas de hasta un tercio de la cosecha total, y en 1980 de más del 90% [Pérez y Gómez, 1984]. A partir de entonces la enfermedad aparece todos los años, y se manifiesta de forma epifitótica en dependencia de las condiciones climáticas y de otros factores que imperen en la campaña del cultivo.

Después de su reaparición en 1979 comenzaron los estudios básicos y prácticos sobre morfología [Gómez y Rodríguez, 1983], sintomatología [Gómez et al., 1985], biología [Gómez y Trujillo, 1985 a, b, c] y con-

rol químico de la enfermedad [Rodríguez *et al.*, 1984]. Como resultado de dichos trabajos y de la introducción de un método de pronóstico húngaro a corto plazo [Chumakov y Kajanov, 1972], basado en el cálculo del índice de peligrosidad de la enfermedad (IP), fue posible su ajuste de acuerdo con nuestras condiciones climáticas, el cual fue denominado índice de peligrosidad modificado (IPM) [Rodríguez y Gómez, 1984] e implantado en todas las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP) relacionadas con el cultivo, para desempeñar un rol primordial en el manejo integrado de la enfermedad a partir de 1985.

El hecho de haberse presentado la enfermedad de forma epifitótica en 1978 y 1984 en Estados Unidos y coincidentemente en Cuba en las campañas del cultivo 1978-79 y 1983-84, el solapamiento entre el final de nuestra estación del cultivo con el inicio de las siembras en el sur de Estados Unidos y viceversa, así como el descubrimiento de nuevos hospedantes (*Nicotiana silvestre*) del hongo en Texas, posibilitaron la creación de una teoría acerca del movimiento intercontinental del patógeno a través de los vientos, que explica lo ocurrido en los últimos veinte años en el ámbito regional [Main, 1997].

El propósito del presente trabajo fue la comprobación de la eficacia del IPM en diferentes localidades tabacaleras del país en los últimos dieciocho años, así como la realización de diferentes estudios bioclimáticos relativos al cálculo en días de la detección de los primeros síntomas y el intervalo más favorable para su aparición y desarrollo epifitótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

En todos los análisis realizados se trabajó con la información referida al IPM y las fechas de los primeros brotes de la enfermedad en las diferentes localidades, desde la campaña 1979-80 hasta 1996-97, en el período comprendido entre octubre y marzo. Los datos climáticos de las provincias de Pinar del Río (Pinar del Río, San Juan y Martínez, La Palma, Isabel Rubio, Santa Lucía, Bahía Honda y Paso Real de San Diego), La Habana (Güira de Melena), Cienfuegos, Sancti Spiritus (Sancti Spiritus y Cabaiguán) y Granma (Veguillas) se obtuvieron del Instituto de Meteorología del actual Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Para el procesamiento estadístico se utilizaron los programas STATITCF y CSS Statistics.

1. Comprobación de la eficacia del método del IPM a corto plazo para la detección de los primeros síntomas del moho azul del tabaco

El IPM fue evaluado sobre la base de la capacidad y exactitud de la predicción. Para cada una de las estaciones meteorológicas vinculada a las localidades estudiadas, se tabularon los valores del IPM donde fueron señalados los días con condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad ($\text{IPM} \geq 80$ puntos) y el día en que apareció el primer brote de moho azul. Poste-

riormente se determinó la eficacia del método, para lo cual se calculó el porcentaje de coincidencia cuando: a) posterior a uno o más períodos favorables (tres días consecutivos con $\text{IPM} \geq 80$) la enfermedad fue detectada; b) cuando no existieron períodos favorables y la enfermedad no fue detectada. La no-coincidencia se determinó de dos formas: tipo A, cuando posterior a uno o más períodos favorables la enfermedad no fue detectada, y tipo B, cuando no existieron períodos favorables y la enfermedad fue detectada [Gómez, 1999].

2. Cálculo de la posible fecha de aparición de los primeros síntomas en función de la ocurrencia semanal de los períodos críticos

Se determinó el número de períodos críticos (PC) y días favorables (DF) de una, dos y tres semanas antes de la detección de los primeros síntomas, tomando como semana 1 la anterior a la fecha de aparición del moho azul, en el intervalo de tiempo y las localidades antes mencionadas. Se dividieron decenalmente los meses a partir del 1 de octubre y hasta el 31 de marzo de la siguiente forma:

	Octubre			Noviembre		
Días	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30
N	1	2	3	4	5	6

y cada fecha de detección se ubicó en la decena correspondiente (N).

El número de PC y DF, así como el valor de N, se tabularon, como se muestra en la Tabla 1, y se analizaron estadísticamente según una prueba no paramétrica. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman propio para matrices de datos mixtos.

3. Determinación del período más favorable para la aparición y desarrollo epifitótico de la enfermedad

Se calculó decenalmente el número de PC y la suma de los valores del $\text{IPM} \geq 80$ desde el 1 de octubre hasta el 31 de marzo, en cada campaña del cultivo y localidades estudiadas, con lo cual se realizó un análisis de varianza, donde se utilizó un diseño completamente aleatorizado y el test de Neuman-Keuls para determinar diferencias entre las medias con un nivel de significación del 5 %. La frecuencia de aparición de la enfermedad se determinó calculando el número de fechas de detección ocurridas en cada decena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Comprobación de la eficacia del método a corto plazo del IPM para la detección de los primeros síntomas del moho azul del tabaco

El método a corto plazo del IPM para el moho azul del tabaco en Cuba ha sido utilizado desde sus inicios para disminuir el número de tratamientos químicos en semilleros y plantaciones. A mediados de la década del ochenta fueron detectadas las primeras poblaciones del hongo resistentes al metalaxyl [Muiño *et al.*, 1990], y para lograr reducir aún más la cantidad de fungicidas aplicados al cultivo también fue tomado dicho modelo. Todas las ETPP relacionadas con el cultivo la utilizan para dar alertas de posible aparición de los primeros brotes de la enfermedad, y consecuentemente intensificar los muestreos y emplear la estrategia más conveniente para la aplicación de los productos químicos sistémicos y de contacto.

Tabla 1. Número de períodos críticos y días favorables según el IPM relacionados con la fecha de detección del moho azul en la provincia de La Habana

Campana	N	Períodos críticos			Días favorables		
		Semana I	Semana II	Semana III	Semana I	Semana II	Semana III
1979-80	10	5	5	5	7	7	7
1980-81	7	2	0	0	4	2	1
1981-82	12	5	4	1	5	6	3
1982-83	12	4	4	5	6	6	7
1983-84	11	4	7	5	5	7	7
1984-85	10	0	2	4	1	3	6
1985-86	13	4	7	6	4	7	7
1986-87	9	0	0	0	3	2	0
1987-88	4	0	0	0	0	2	0
1988-89	5	0	0	0	0	0	0
1989-90	7	1	0	0	3	2	1
1990-91	8	6	1	0	6	4	0
1991-92	6	0	2	2	0	2	5
1992-93	5	0	0	0	0	0	1
1993-94	9	7	3	0	7	5	2
1994-95	8	0	0	0	2	0	1
1995-96	9	3	4	3	5	4	6
1996-97	6	2	0	0	4	0	2

Se analizaron 241 observaciones en 20 localidades, 12 de las cuales pertenecen a Pinar del Río, una a La Habana, cinco a Sancti Spíritus, una a Cienfuegos y una a Granma (Fig. 1). El porcentaje de confiabilidad en Pinar del Río se desplaza de 61,5 % en Isabel Rubio a 84,6 % en La Palma, mientras que el valor para la provincia es de 70,6 % (Tabla 2). El método utilizado alertó en varias localidades de la posible aparición de la enfermedad, y no fue detectada, aunque los porcentajes mayores se encuentran en Isabel Rubio y Paso Real de San Diego. Es preciso aclarar que de las 16 observaciones que se encuentran en esta situación, 12 de ellas pertenecen a la campaña 1981-82, precedida de una del cultivo con un adecuado manejo de la enfermedad, que redujo el alto potencial de inóculo existente desde 1979, lo que provocó la erradicación de la enfermedad en Pinar del Río y la disminución de los focos en el resto de las provincias. Con respecto a cuando el método no alertó y la enfermedad sí apareció, de las 11 obser-

vaciones, en seis de ellas sólo existieron dos días consecutivos con IPM \geq .

En La Habana nunca se dio el caso de que el método alertara y la enfermedad no apareciera, mientras que de las cuatro observaciones en que el método no alertó y la enfermedad fue detectada, en dos de ellas también sólo existieron dos de los tres días consecutivos que señala el método. Algo similar ocurrió también en Sancti Spíritus (ocho de las once observaciones).

La localidad tabacalera analizada en la provincia de Granma fue Buey Arriba, zona montañosa donde no existe estación meteorológica, y el IPM es calculado con la información de las variables climáticas de Veguitas, que se encuentra en un valle a menor altitud, lo que justifica el desacierto del método, pues las condiciones favorables para la aparición y el desarrollo epifitótico de la enfermedad se presentan primero en la zona montañosa, donde las temperaturas son más propicias para el desarrollo de la enfermedad.

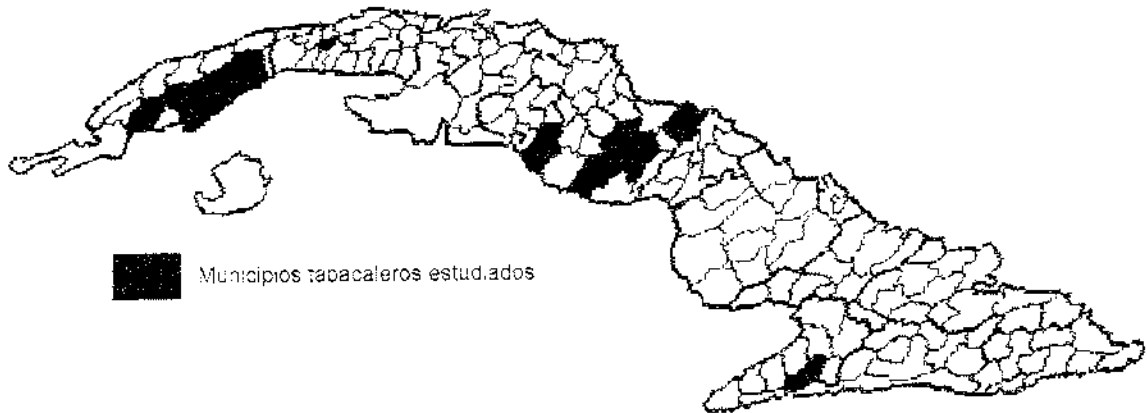


Figura 1. Municipios tabacaleros estudiados para la validación del método de pronóstico del IPM y los análisis bioclimáticos realizados en Cuba.

Tabla 2. Porcentajes de coincidencia y no-coincidencia del IPM

Provincia	Estación meteorológica	Coincidencia (%)	No-coincidencia (%)	
			A	B
Pinar del Río	Pinar del Río	73,1	11,5	15,4
	San Juan y Martínez	64,0	16,0	20,0
	Isabel Rubio	61,5	30,8	7,7
	La Palma	84,6	15,4	0,0
	Paso Real de San Diego	75,0	25,0	0,0
	Santa Lucía	72,7	18,2	9,1
		70,6	17,4	12,0
La Habana	Güira de Melena	76,5	0,0	23,5
Sancti Spiritus	Sancti Spiritus	87,9	0,0	12,1
	Cabaiguán	89,4	0,0	10,0
Cienfuegos	Cienfuegos	88,9	11,1	0,0
Granma	Veguítas	20,0	6,7	73,3

Main *et al.* (1997) informaron sobre la efectividad del modelo HY-SPLIT para el pronóstico del moho azul desde 1995 hasta 1997, basado en la trayectoria de las esporas, con óptimos resultados cuando el 85 % de las alertas fueron efectivas, buenas entre 60 y 75 %, y cuando las condiciones climáticas eran muy complejas del 50 % o menos.

Consideramos que los porcentajes de confiabilidad obtenidos del análisis matemático son suficientemente altos para cada una de las provincias, y en general de todos los casos (excluyendo a Granma), aún cuando 21 de las 37 observaciones consideradas como el error más

importante (tipo II) fueron dos días consecutivos y no tres con $IPM \geq 80$ como señala el método.

2. Cálculo de la posible fecha de aparición de los primeros síntomas en función de la ocurrencia semanal de los periodos críticos

La semana tres es la que mayor correlación tiene con la fecha de aparición de la enfermedad (Tabla 3), de lo cual se puede inferir que una vez que comiencen a aparecer los primeros periodos críticos o días favorables (según el IPM), existe una gran probabilidad de que 21 días después sean detectados los primeros síntomas de la enfermedad.

Tabla 3. Resultado del análisis de correlación entre la fecha de detección de los primeros síntomas de la enfermedad y el número de períodos críticos (PC) y de días favorables (DF) las semanas I, II y III antes de dicha fecha

Variables	Coefficiente de correlación (R)	t (N-2)	p-nivel
N-PC (Semana I)	0,145894	1,383405	0,170040
N-PC (Semana II)	0,353322	3,542964	0,000636
N-PC (Semana III)	0,487176*	5,233137	0,000001
N-DC (Semana I)	0,183636	1,752463	0,083177
N-DC (Semana II)	0,432986	4,506060	0,000020
N-DC (Semana III)	0,446137*	4,676252	0,000010

Si se tiene en cuenta que el período de incubación puede fluctuar entre tres y ocho días, en dependencia de las condiciones ambientales [Marcelli y Fantechi, 1966; Lucas y Shew, 1991], resulta lógico afirmar que es necesario al menos tres o cuatro generaciones del hongo, entre la infección primaria y la detección de los primeros síntomas, sin que esto excluya la posibilidad de que sean observados en algunos casos posteriores a un solo período crítico, como ocurrió en Cabaiguán en la campaña 1996-97 del cultivo, cuando la enfermedad se detectó a mediados de noviembre, posterior a un solo período crítico, pero con dos días favorables en octubre, y la ocurrencia de abundantes precipitaciones, así como diversos factores de predisposición propicios a la temprana aparición de dicha patología, entre los que se encuentran las demoliciones tardías en la campaña 1995-96 y otros que contribuyeron a la creación de un alto potencial de inóculo [Gómez *et al.*, 1997].

3. Determinación del período más favorable para la aparición y desarrollo epifitótico de la enfermedad

Las condiciones climáticas favorables para las primeras apariciones y desarrollo epifitótico del mocho azul se presentan desde la segunda decena de octubre, mientras que las primeras detecciones de la enfermedad se observan a partir de la primera de noviembre (Fig. 2). Desde el punto de vista climático, es a partir de la segunda decena de diciembre y hasta la segunda de febrero, cuando las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son óptimas, lo que está relacionado con el incremento del número de frentes fríos que arriban al archipiélago precisamente a partir de ese período, los cuales vienen acompañados de temperaturas frescas (12-24 °C) y de un tiempo húmedo con lluvias ligeras y continuas, y abundante nubosidad [Rodríguez y Gómez, 1984]. Las condiciones favorables para la aparición y el desarrollo de la enfermedad disminuyen ligeramente en marzo, lo cual repercute mucho más en la evolución de las epifitias que en la detección de nuevos focos, pues generalmente en esta etapa la diseminación es de un 100 %.

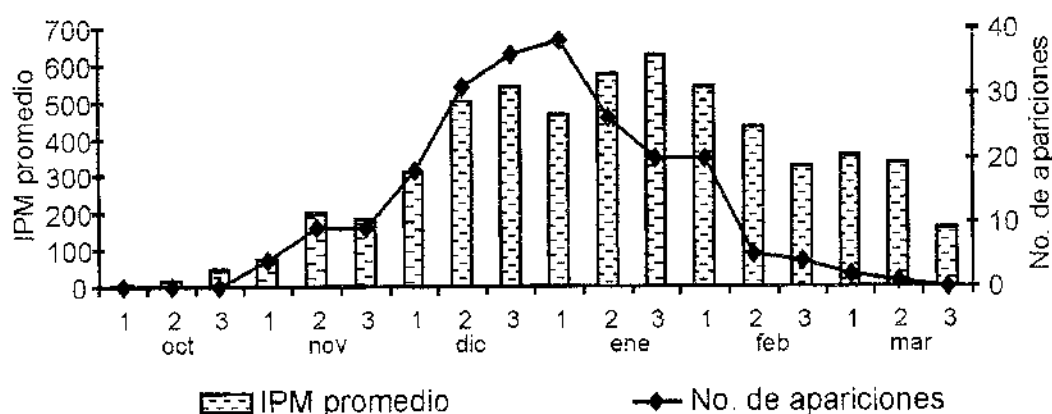


Figura 2. IPM y frecuencia de apariciones decenales del mocho azul del tabaco en Cuba.

La frecuencia mayor de apariciones se encuentra entre la primera decena de diciembre y la primera de febrero, observándose un máximo durante los primeros días de enero y disminuyendo a partir de la segunda de febrero.

CONCLUSIONES

- El método de pronóstico a corto plazo del IPM para la detección de los primeros síntomas del moho azul del tabaco en Cuba resulta efectivo en un 81 %.
- Dos días consecutivos con el IPM ≥ 80 puede considerarse como un período crítico para el moho azul.
- Tres semanas después que comiencen a aparecer los primeros períodos críticos o días favorables, según el IPM, pueden ser detectados los primeros síntomas de la enfermedad.
- Las condiciones óptimas para el desarrollo epifítico del moho azul del tabaco en Cuba se presentan en el período comprendido entre la segunda decena de diciembre y la segunda decena de febrero.
- La mayor frecuencia de aparición del moho azul del tabaco en Cuba se presenta entre la primera decena de diciembre y la primera de febrero.

REFERENCIAS

- Chumakov, A. E.; T. J. Kajanov: «Instrucciones metodológicas sobre el pronóstico a corto plazo de las enfermedades propagadas en los cultivos agrícolas», MINAGRI, URSS, 1972.
- Gómez, G.; J. Rodríguez: «Características morfológicas de *P. tabacina* en Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Protección de Plantas* (La Habana) 6 (1): 17-25, 1983.
- Gómez, G.; R. Trujillo: «Influencia de la humedad relativa en la germinación y viabilidad de los conidios de *P. tabacina* Adam», Informe de Investigación, quinquenio 1981-85, INISAV, La Habana, 1985.
- : «Influencia de la temperatura en la germinación y viabilidad de los conidios de *P. tabacina* Adam», Informe de investigación, quinquenio 1981-85, INISAV, La Habana, 1985.
- : «Influencia de las radiaciones solares en la germinación y viabilidad de los conidios de *P. tabacina* Adam», Informe de Investigación, quinquenio 1981-85, INISAV, La Habana, 1985.
- Gómez, G.; D. J. Ovies; I. Figueroa: «Análisis causal de la epidemia de moho azul del tabaco (*P. tabacina* Adam) en la campaña del cultivo 1996-97 en Cuba», Informe de Investigación, INISAV, La Habana, 1997.
- Gómez, I. Guadalupe: «Sistema de pronóstico para el tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en Cuba», Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, INISAV, La Habana, 1985.
- Gómez, I. Guadalupe et al.: «Estudio del carácter sintomatológico de *P. tabacina* Adam», Informe de investigación, quinquenio 1981-85, INISAV, La Habana, 1985.
- Lucas, G. B.; H. D. Shew: «Infectious Diseases. Foliar Diseases Caused by Fungi. Blue Mold», *Compendium of Tobacco Diseases*, 1991.
- Main, C. E.: «The Blue Mold Disease of Tobacco. [en línea] Technical Information on Blue Mold of Tobacco», North Carolina State Univ. Dep. of Plant Pathology and Marine, Earth and Atmospheric Sciences, 1997. <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/bluemold/html>>.
- Main, C. E.; J. M. Davis; T. Keever: «Forecasting Transport of Spores and Spread of Tobacco Blue Mold. [en línea] Technical Information on Blue Mold of Tobacco», North Carolina State Univ. Dep. of Plant Pathology and Marine, Earth and Atmospheric Sciences, 1997, <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/bluemold/html>>.
- Marcelli, E.; F. Fantech: «Investigaciones preliminares sobre la influencia de la temperatura y la humedad relativa sobre el proceso de esporulación de *P. tabacina* Adam», Proceedings of the Fourth International Tobacco Scientific Congress, Atenas, Grecia, 1966, pp. 382-389.
- Muñío, Bertalina et al.: «Comportamiento de la resistencia de *P. tabacina* al metaaxyl en las condiciones de Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Tabaco* 13(2): 47-56, 1990.
- Pandiello, C.: «Presencia del moho azul en la zona de tabaco de Partido», *Agrotecnia* (La Habana) 13(1): 32-35; ene.-feb., 1958.
- Pérez, L.; G. Gómez: «El moho azul del tabaco producido por *P. hyoscyami* de Bary (*P. tabacina* Adam)», Curso de Posgrado, INISAV, MINAGRI, Cuba, 1984.
- Rodríguez, J.; G. Gómez: «Pronóstico a corto plazo del moho azul del tabaco en Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Protección de Plantas* 74(4): 103-116, 1984.
- Rodríguez, J.; Gómez, G.; R. Trujillo: «Estudio de la efectividad técnica de los fungicidas en tabaco tapado y plazos óptimos de los tratamientos contra el moho azul», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Protección de Plantas* 7(4): 117-127, 1984.