



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MASTER EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**Resistencia de cultivares comerciales de frijol común
(*Phaseolus vulgaris* L.) a *Uromyces phaseoli* var. *typica*.**

ASPIRANTE: Ing. Lesbia Rodríguez Machado.

TUTOR: Dr.C Alexander Bernal Cabrera.

CONSULTANTE: MSc. Reinaldo Quiñones Ramos.

VILLA CLARA
2011



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MASTER EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**Resistencia de cultivares comerciales de frijol común
(*Phaseolus vulgaris* L.) a *Uromyces phaseoli* var. *typica*.**

ASPIRANTE: *Ing. Lesbia Rodríguez Machado.*

TUTOR: *Dr.C Alexander Bernal Cabrera.*

CONSULTANTE: *MSc. Reinaldo Quiñones Ramos.*

VILLA CLARA

2011

RESUMEN.

Con el objetivo de evaluar el grado de resistencia a la roya en variedades comerciales de frijol común, mediante el empleo de metodologías de evaluación del Centro Internacional de Agricultura Tropical de 1979 y 1987, las cuales tienen en cuenta el tipo de pústula e intensidad de la infección y la combinación del porcentaje del área foliar afectada y el tipo de pústula, respectivamente, se desarrollaron dos estudios; uno en la Estación Experimental Agrícola "Álvaro Barba Machado", de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, evaluando 25 variedades, con un diseño experimental en bloques completamente al azar con 3 réplicas, un área de 6.75 m² y en la Empresa Azucarera Ifraín Alfonso, seleccionando 9 cultivares teniendo como criterios el color, tamaño del grano y la metodología en la cual el 80% de las variedades no coincidieron en la respuesta a la enfermedad, el diseño experimental fue en parcelas divididas, con 4 réplicas, un área de 500.43 m², en el período comprendido enero - abril de los años 2009 y 2010, sobre un suelo Pardo Sialítico. La enfermedad se manifestó a partir de los 45 días y se incrementó con la edad de la planta. Los cultivares Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247, BAT 482 y Guamá 23 presentaron mayores valores de intensidad de ataque ante la infección por la roya y CIAP 24 los menores en su tratamiento con químico y en los tres momentos de la evaluación. Valores intermedios de intensidad presentaron las demás variedades. Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247 y BAT 482 registraron los mayores valores de nocividad de la enfermedad y en el cultivar CIAP 24 el menor. El resto presentaron valores intermedios.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Generalidades del cultivo de frijol común.....	5
2.2	La roya del frijol.....	7
2.2.1	Distribución geográfica e importancia económica.....	7
2.2.2	Agente causal	9
2.2.2.1	Principales características taxonómicas y morfofisiológicas de <i>U. phaseoli</i> var. <i>typica</i>	9
2.2.2.2	Variabilidad genética en poblaciones de <i>U. phaseoli</i>	11
2.2.3	Sintomatología	13
2.2.4	Epifitiología.....	14
2.3	Metodologías utilizadas para la evaluación de resistencia a la Roya común	16
2.4	Medidas de control.....	17
2.4.1	Medidas culturales.....	17
2.4.2	Lucha genética	17
2.4.3	Lucha química	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1	Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a <i>Uromyces phaseoli</i> var. <i>typica</i> utilizando dos metodologías.....	21
3.2	Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol	23
3.3	Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a <i>Uromyces phaseoli</i> var. <i>typica</i> utilizando las dos metodologías.....	25

4.2	Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol	34
4.3	Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.	40
5.	CONCLUSIONES.....	42
6.	RECOMENDACIONES.....	43

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano de mayor consumo en el mundo, siendo la más importante para cerca de 300 millones de personas, que en su mayoría, viven en países en desarrollo, debido a que este cultivo, conocido también como "la carne de los pobres", es un alimento poco costoso para consumidores de bajos recursos. Se considera como la segunda fuente de proteínas en África oriental y del sur y la cuarta en América tropical. (Velásquez y Giraldo, 2005).

Los diferentes estudios realizados demuestran la enorme importancia de la leguminosa en razón de su alto valor nutricional y las cualidades saludables de quienes lo consumen. Se trata de un producto con amplia relevancia social en estratos de bajos ingresos y de trascendencia económica para quienes lo cultivan. (Reyes *et al.*, 2008).

La producción de este grano es afectada por diferentes factores, tanto bióticos como abióticos, que reducen el área sembrada y los rendimientos esperados. Entre los factores bióticos, las enfermedades pueden causar enormes pérdidas en rendimiento dependiendo de las características de la población prevaleciente del patógeno, la variedad, las condiciones ambientales de la zona y el sistema del cultivo practicado (Beebe y Pastor-Corrales, 1991; Morales, 2000). Los eventos abióticos también pueden tener profundas repercusiones económicas y sociales.

En nuestro país el frijol se siembra en los meses de septiembre y febrero en la mayor parte del territorio nacional (Quintero, 2000), pero en las áreas montañosas su siembra puede extenderse a otros meses del año. Los mayores volúmenes de siembra se realizan en la época tardía, donde las áreas seleccionadas tienen el riego garantizado y en las cuales la causa principal de las pérdidas en las cosechas ocurren por la roya común (*Uromyces phaseoli* (Pers) Wint. var. *typica* Arthur) (González, 1984).

Manso y Fontes (2010) informan que en Cuba se desarrolla con celeridad un programa para incrementar la siembra de frijoles, en busca de reducir las importaciones del grano que anualmente rondan las 60 mil toneladas. El proyecto transita en este momento por la selección de los productores de cooperativas de propietarios o usufructuarios de tierra. Al precio actual de 868 dólares la tonelada en el mercado internacional, Cuba se ahorraría más de 52 millones de dólares

Durante el año 2009 se sembraron en el territorio nacional 150.6 ha del cultivo, alcanzándose una producción de 110.8 ton y un rendimiento promedio de 0,74 ton.ha⁻¹ (ONE, 2010). Estas cifras dan una idea de la necesidad de explotar todos los recursos posibles para incrementar los niveles de producción actuales, si se quiere mantener los índices de consumos establecidos sin incrementar excesivamente los niveles de importación.

La roya es considerada como la principal enfermedad del frijol en nuestro país, estando distribuida su incidencia en todo el territorio nacional (Socorro y Martín, 1989). Esta enfermedad fue descrita por Harter y Zaumeryer (1935) citado por González (1988), quienes determinaron 20 razas fisiológicas del hongo patógeno a partir de una con la colección diferenciadora de razas y utilizando una escala de 11 grados (González y Castellanos, 1982). Este hongo puede ocasionar pérdidas en el rendimiento que van desde 18 % hasta 100 % (Vargas, 1980). La magnitud de las pérdidas que ocasiona puede explicarse por la gran cantidad de esporas que produce rápida y permanentemente. Por otra parte, la continua aparición de nuevas razas de este hongo hace que el número de variedades de frijol susceptibles sea cada vez mayor (CIAT, 1980).

La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad se ha fijado en 17 °C, por lo que su aparición en nuestro medio se produce en los meses de noviembre a febrero, siendo los meses de diciembre y enero los meses “pico” de incidencia. Por esta razón las siembras tempranas evaden la enfermedad, pero las siembras de noviembre, diciembre y enero son severamente afectadas.

Para el control del agente causal de la roya del frijol se han empleado métodos que incluyen el control químico, resistencia varietal y labores culturales, hasta las tendencias más modernas que evidencian la práctica del control biológico, como una medida altamente promisorio que contribuye a la preservación del ambiente (Martinez *et al.*, 2007).

La práctica agrícola ha demostrado que el productor debe contar con más de una variedad de cultivo, lo cual condiciona la necesidad de tener una estructura varietal por especies capaz de dar respuesta a las exigencias ecológicas y económicas, o sea, a la búsqueda de una agricultura responsable de preservar y restablecer los ecosistemas (Muñiz, 1995).

Como se ha descrito, este cultivo presenta una gran variabilidad genética, la cual ha sido usada y explotada en diferentes regiones del mundo para satisfacer los hábitos de consumo de la población. Bajo esas condiciones, los patógenos están expuestos a varias fuentes de variabilidad que modifican la estructura genética de sus poblaciones.

En el caso del patosistema frijol común – *U. phaseoli*, se ha encontrado que este agente patógeno posee mecanismos de variabilidad genética muy eficientes que aceleran el proceso de adaptación a las diferentes condiciones ecológicas en las que se desarrolla el cultivo (Burdon y Silk, 1997).

Por esta razón, se deriva la necesidad de la evaluación local y con cierta periodicidad de la respuesta varietal a la roya del frijol (Quintero *et al.*, 2004), así como determinar la resistencia de un grupo de variedades de frijol común ante la roya en ambientes diferentes (localidades y años).

Sobre la base de estos antecedentes se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

Hipótesis

“Las variedades comerciales de frijol común pueden mostrar diferentes grados de resistencia a la roya, ello depende de la época del año, localidad y condiciones climáticas existentes, el criterio de evaluación está sujeto a la metodología empleada”.

Objetivo General

Determinar el grado de resistencia a la roya en variedades de frijol común en diferentes ambientes.

Objetivos Específicos

1. Determinar la resistencia de variedades comerciales de frijol común a la roya empleando dos metodologías diferentes de evaluación.
2. Comparar la efectividad del tratamiento químico con el testigo sin tratar, teniendo en cuenta la variedad, intensidad de la enfermedad y tipo de pústula.
3. Determinar la influencia de los factores abióticos (temperatura y humedad relativa) sobre la incidencia y nocividad de la enfermedad en diferentes variedades de frijol.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del cultivo de frijol común.

En la actualidad el frijol, a nivel internacional, resulta ser un producto de menor significación en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso *per cápita* limita la adquisición de bienes de alto valor proteico pero de mayor valor económico. Según la FAO (2008), la producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961 – 2007 se produjo como promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual de 1.16 % durante dicho lapso.

Reyes *et al.* (2008) informan que el frijol representa desde épocas precolombinas para la cultura mesoamericana una de las principales fuentes alimenticias. Los distintos hallazgos arqueológicos, como los relatos, evidencian una fuerte asociación de la leguminosa con la tradición indígena, la época colonial y actual, que ha trascendido en el tiempo más allá de México y Latinoamérica.

Entre los países productores de la leguminosa destacan por orden de importancia, India con 18.49 %, Brasil con 16.55 %, China con 11.47 %, Estados Unidos con 6.84 % y México en quinto lugar con un 6.80 %. Estas naciones, junto con Myanmar, contribuyeron con el 63.86 % del total producido. Sin embargo, la variación que se presenta en los niveles de producción entre un año y otro se corresponden con la presencia de lluvias, ya que una proporción significativa se obtiene bajo condiciones de temporal (ITESM, 2004). Asimismo se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso que de este producto se hace en América Latina, Asia y África.

En el mundo se siembran cerca de 25 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 0,7 t.ha⁻¹ y sus principales países productores son la India, Brasil, China, Estados Unidos y México, quienes contribuyen con 57,8 % de la producción mundial (Cabral, 2006). En Latinoamérica y el Caribe la producción en el año 2008

fue de 5,5 millones de toneladas, seguida por África oriental y meridional con 2,5 millones de toneladas (FAO, 2008).

En Cuba, el consumo de frijol goza de una larga tradición y gran demanda. Constituye uno de los granos fundamentales en la alimentación del pueblo, siendo un alimento de preferencia en la dieta diaria, al menos en una de las comidas. Su aceptable contenido de proteínas lo sitúan como un cultivo estratégico del país, ya que permite paliar el déficit de otras proteínas en la dieta alimentaria. Los rendimientos a nivel nacional se muestran inestables, reportándose en el 2009 rendimientos de 0.74 t.ha^{-1} (ONE, 2010).

Se realizaron estudios para calcular los beneficios económicos, sociales y ambientales generados por inversiones que se han hecho en este cultivo para países productores de frijol tan importantes como la República Democrática del Congo, Malawi, Rowanda, Tanzania y Uguanda. Entre 1980 y 2004 se invirtieron más de \$ 16 millones en la investigación en frijol para Africa al sur del Sahara. Los estudios analizaron el impacto de nuevas tecnologías de frijol en los hogares, extrapolaron los resultados que proporcionaron mediciones agragadas de impacto y calcularon la tasa de retorno a las inversiones en esta leguminosa

Los estudios indicaron que, entre 1986 y 2015, el beneficio neto de la inversión de \$ 16 millones en Africa oriental y central alcanzará \$ 199 millones, o sea, más de \$ 12 por cada dólar invertido. Por consiguiente, el retorno promedio a la inversión total será de 41 %, pero con una variación sustancial a través de los países de la siguiente manera: 40 % para la República Democrática del Congo, 37 % para Malawi, 34 % para Rwanda, 25 % para Tanzania y 71 % para Uganda. Los más grandes beneficios de IED se están logrando en los países con alta producción anual de frijol, aumento en el área sembrada e incrementos en el rendimiento (CIAT, 2008).

2.2 La roya del frijol.

2.2.1 Distribución geográfica e importancia económica.

La enfermedad roya del frijol fue informada por primera vez en Alemania en el año 1795. Desde entonces se ha señalado su aparición en diferentes partes del mundo (Araya, 2003).

La roya, causada por el hongo *Uromyces phaseoli* (Pers) Wint. var. *typica* Arthur, es considerada la principal enfermedad del frijol en nuestro país, estando distribuida su incidencia en todo el territorio nacional (Socorro y Martín, 1989).

Se le conoce como una de las enfermedades problemáticas del cultivo del frijol y ha sido encontrada en todos los Estados de la República causando daños en menor o mayor grado. Se le reporta de especial importancia en Coahuila, Zacatecas, Puebla, Centro de Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí, Veracruz, Jalisco, Tamaulipas, Michoacán, Durango, Tlaxcala, Oaxaca, Aguascalientes, México, Chihuahua, Sinaloa y Nayarit. En el estado de Guanajuato se han estimado reducciones en el rendimiento del 40 – 80 %. En 1988 el daño causado por esta enfermedad fue hasta del 100 % en variedades criollas de la región. (Vargas *et al.*, 2000).

Esta enfermedad es una preocupación principal para los productores de frijol común. Este hongo está presente en todas partes de los Estados Unidos continentales, según los resultados de investigaciones por científicos del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) y sus colaboradores.

El ataque de la roya del frijol es más severo en áreas tropicales y subtropicales, tales como México, Brasil, Costa Rica, Colombia y el Este de África. En muchos países la enfermedad puede ser epidémica por ejemplo en Cuba (Quintero *et al.*, 2001).

Las regiones frijoleras más importantes en Cuba se encuentran en Holguín, con una extensión de cerca de 3 000 hectáreas, en esta zona la producción se basa fundamentalmente en áreas de campesinos individuales o de pequeñas

cooperativas, en Pinar del Río (4 000 ha), Matanzas (4 000 ha) y Ciego de Avila (538 ha) la producción se sustenta en grandes áreas en sucesión con arroz y otros cultivos, en monocultivo en ambiente favorable con riego y un alto grado de mecanización y utilización de insumos (Figura 1).

En todo el resto del territorio nacional se encuentran, en diferente magnitud, tierras dedicadas al cultivo del frijol; tradicionalmente el Ministerio de la Agricultura de Cuba, ha tenido las mayores áreas en monocultivo; sin embargo, el Ministerio del Azúcar, el Ministerio de las Fuerzas Armadas y el Ministerio del Interior, se han convertido en productores del grano, el cual dedican a su autoconsumo. También los pasos dados en el país en la descentralización de la Agricultura, han contribuido a diversificar la producción, ocupando el frijol hoy en día un mejor lugar (Chailloux *et al.*, 1996).

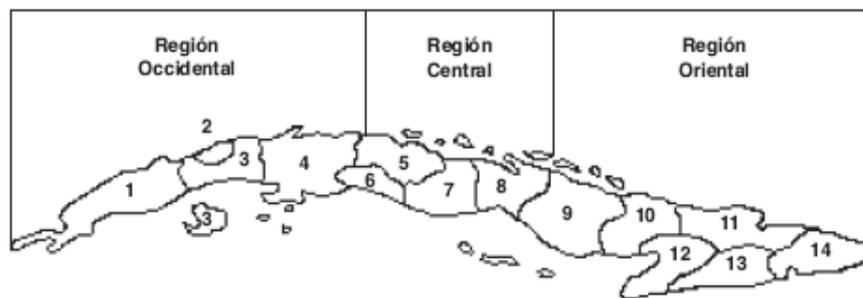


Figura 1. Distribución de las áreas de frijol. Cuba

- | | |
|-----------------------------------|----------------------|
| 1. Pinar del Río | 8. Ciego de Avila |
| 2. C. Habana | 9. Camaguey |
| 3. La Habana, Isla de la Juventud | 10. Las Tunas |
| 4. Matanzas | 11. Holguín |
| 5. Villa Clara | 12. Granma |
| 6. Cienfuegos | 13. Santiago de Cuba |
| 7. Sancti Spiritus | 14. Guantánamo |

Entre las causas de los bajos rendimientos en Brasil figuran las enfermedades y entre ellas, la roya es una de las más importantes. En este país, primer productor de frijol en el mundo, la roya es muy común en los Estados de Minas Gerais, Río Grande do Sul y Santa Catarina (CIAT, 1980). Las pérdidas en el rendimiento del cultivo están muy relacionadas con las características de la población prevalente del hongo patógeno, la variedad de frijol, las condiciones

ambientales de la zona y el sistema del cultivo practicado (Beebe y Pastor-Corrales, 1991).

En México esta enfermedad es considerada como una de las más problemáticas del cultivo y ha sido encontrada en todos los Estados de la República, siendo Guanajuato uno de los estados donde se reporta de especial importancia. En este estado se han estimado reducciones en el rendimiento del 40 – 80 % y del 40 - 50 % en reducción de peso seco de la planta. (López *et al.*, 2000).

Las pérdidas en rendimiento son mayores cuando las plantas son infectadas durante los períodos de floración o prefloración (entre 30 y 45 días después de la siembra (Becerra *et al.*, 1995). El hongo tiene además una gran variedad de razas fisiológicas, lo cual dificulta aún más su control (CIAT, 1980).

Este hongo puede ocasionar pérdidas en el rendimiento que van desde el 18 % hasta el 100 %. Según Ruiz, (2004) las pérdidas producidas por la roya en el cultivo en algunos países como Brasil son de 38 - 50 %, Perú 25 % y en Estados Unidos de 40 - 80 %. La magnitud de las pérdidas que ocasiona puede explicarse por la gran cantidad de esporas que produce rápida y permanentemente. Por otra parte, la continua aparición de nuevas razas de este hongo hace que el número de variedades de frijol susceptibles sea cada vez mayor (CIAT, 1980).

2.2.2 Agente causal.

2.2.2.1 Principales características taxonómicas y morfofisiológicas de *Uromyces phaseoli* var. *Typica*.

Clasificación:

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Basidiomycetes

Orden: Uredinales

Familia: Pucciniaceae

Género y especie: *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arthur

El organismo causal (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint.var *typica* Arth) es uno de los agentes patógenos obligados de las plantas de cultivo.

En condiciones naturales, la formación de todas las fases del hongo son raras, las uredósporas y teleutósporas son la únicas formas encontradas en Cuba (Mayea *et al.*, 1994).

Uromyces phaseoli es un hongo que puede completar todo su ciclo de vida en la planta de frijol (roya autoica). Las uredósporas son equinuladas de color pardo claro, de una sola célula y con paredes finas. Son globoides a elipsoides y de alrededor de 8 a 24 μm de largo por 20 a 37 μm de ancho. Generalmente se pueden observar poros ecuatoriales o súper ecuatoriales, los que, en la mayoría de los casos son indistinguibles, (Ríos, 2003).

El otro tipo de esporas que se puede encontrar sobre las pústulas, generalmente hacia el final de cultivo de frijol, son las teliosporas, las cuales presentan también un pedicelo corto hialino, son oscuras, unicelulares, con pared gruesa lisa y de forma globoide, completamente elipsoidal, puede tener una papila hialina sobre el poro y medir 24 x 30 micras, (González, 1996).

Las esporas sobreviven sobre los restos de la cosecha y pueden ser diseminadas por los implementos de labranza, insectos y animales; aunque el viento es el principal agente diseminador.

La enfermedad es más prevalente en cultivos asociados que en monocultivos, muy probablemente porque se aumenta la humedad del medio en el primer caso. Se ha encontrado que existe un mayor número de esporas liberadas durante los días calientes y secos, sobre todo cuando están precedidos por rocío la noche anterior, (Anónimo, 2004).

2.2.2.2 Variabilidad genética en poblaciones de *U. phaseoli*.

La amplia variabilidad patogénica de este hongo está bien documentada (Araya, 1996). Por ejemplo, hay más de 140 razas de roya en Honduras (sin publicar). La presencia de razas fisiológicas fue reportada por primera vez en 1935 (Harter *et al.*, 1935) y hoy día se estima que existen más de 300 razas (Stavely *et al.*, 1994), distribuidas principalmente en América Central, Estados Unidos (Stavely, 1999; Stavely *et al.*, 1989), México (Araya *et al.*, 1996) y Brasil (Carrijo *et al.*, 1980), citados por Araya, (2003). Todos estos informes están basados en la reacción fenotípica del grupo de cultivares diferenciales.

Por otro lado, varias razas fisiológicas de la roya han causado daños severos en Latinoamérica (Stavely y Pastor-Corrales, 1994). Durante la década de 1980 el cultivar PC-50 fue resistente a las razas de roya predominantes en República Dominicana, pero ahora es susceptible a las razas identificadas durante la década de 1990, (Saladin *et al.*, 2000).

Uromyces phaseoli, causante de la roya del frijol, es uno de los agentes patógenos más variable y la enfermedad una de las más estudiadas en el mundo, sobre todo en países de clima templado, ya que en el neotrópico la enfermedad no ha alcanzado niveles epidémicos, con excepción de Cuba (Araya, 2003). Este fitopatógeno posee mecanismos de variabilidad genética muy eficientes que aceleran el proceso de adaptación a las diferentes condiciones ecológicas en las que se desarrolla el cultivo. Por esta razón, se ha postulado la coevolución del sistema hospedante-patógeno, (Voysest, 2000).

El grado de variabilidad y frecuencia de genes de resistencia y virulencia en poblaciones naturales es amplio, tanto dentro de la población como entre poblaciones. En condiciones naturales, la presión de selección recíproca entre el hospedante y el patógeno, así como la acción del medio ambiente, son mecanismos considerados responsables de la frecuencia y variabilidad encontrada en los genes de resistencia y virulencia del patosistema, (Beebe *et al.*, 2007).

La erosión o pérdida de la resistencia a *U. phaseoli* en cultivares comerciales, causado por el surgimiento de patotipos originalmente ausentes o en muy bajas poblaciones, no es un fenómeno nuevo o inesperado; existen antecedentes que demuestran la alta frecuencia con que se puede presentar, muchas veces inducida por el hombre (Harlam, 1972; Young *et al.*, 1997). El fracaso en los programas de mejoramiento por resistencia a este hongo patógeno no está en retirar del mercado una variedad que se tornó susceptible, sino en la ausencia de un reemplazo en el momento oportuno.

Muchos genes de resistencia, de amplio espectro y de herencia dominante están presentes en el germoplasma de frijol. En 1996 se definieron 10 de esos genes, identificados desde *Ur-1* hasta *Ur-10* (Kelly *et al.*, 1996), luego un nuevo gen (*Ur-11*) fue identificado en las líneas PI 181996 y PI 190078 (Stavely, 1998). Entre esos genes los más utilizados son *Ur-3*, *-4*, *-5*, *-6*, y *-11*, los cuales confieren resistencia a 44, 30, 70, 22 y 89 de las 90 razas identificadas en Estados Unidos (Stavely, 2000). Algunas fuentes de resistencia, tanto andinas como mesoamericanas, utilizadas en programas de mejoramiento son: Aurora, México 235, México 239, US 3, Olathe, GN 1140, Pompadour, Checa, Cape y Resisto (Kelly *et al.*, 1996).

Nuevas variedades comerciales con resistencia múltiple a este hongo patógeno pueden ser obtenidas por introgresión de genes mayores efectivos contra múltiples razas en un proceso de piramidación de genes. Otras estrategias de incorporación de genes de resistencia como mezclas de variedades o multilíneas, pueden ser utilizadas para ampliar la base genética del hospedante y protegerlo contra un mayor número de patotipos; no obstante, la estabilidad de los materiales en el campo está en relación directa con la plasticidad genética de las poblaciones del hongo patógeno. (Araya *et al.*, 2000).

2.2.3 Sintomatología.

Este agente patógeno puede atacar cualquier parte aérea de la planta (hojas, tallo, vainas), siendo más prevalente el daño sobre las hojas, tanto en el haz como en el envés. En las hojas forma al principio pequeños puntitos blanco-amarillentos levantados, los cuales posteriormente crecen, rompen la epidermis, formando pústulas de 1 - 2 mm de diámetro, mostrando una gran cantidad de polvillo rojizo (esporas). En algunos casos se manifiesta un halo de color amarillento alrededor de la pústula (Lardizabal *et al.*, 2008).

En las regiones donde el patógeno completa todo su ciclo de vida, se puede observar, como primera señal de la enfermedad, un pequeño abultamiento de color blanco en la parte superior de las hojas jóvenes; con el transcurso del tiempo cambia la coloración y se atribuye a la presencia de grupos de espermogonio, los cuales aparecen después que la germinación de las teleutósporas dan lugar a las basidiosporas, las cuales germinan y penetran la epidermis del hospedante, provocando la infección.

En las hojas se observan puntos amarillentos que, después de cuatro días de su aparición, presentan en el centro un punto de color oscuro, que se abre y libera un polvo rojizo o color ladrillo, semejante al herrumbre. Estos puntos se distribuyen por toda la hoja, en algunos casos presentan borde amarillo. Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros. Ataques muy severos pueden causar amarillamiento y caída de hojas (Ferrufino y Araya, 2008.) (Figura 2).



Figura 2. Síntomas Roya del Frijol (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arthur)

Después de 8 a 10 días de la infección la epidermis se rompe y quedan al descubierto las uredosporas, las cuales son esparcidas por el viento, el hombre, animales o implementos de labranza. En regiones con invierno benigno el hongo sobrevive mediante esporas que pueden desarrollar nuevamente la enfermedad a niveles de daño al cultivo. La enfermedad se presenta en variedades criollas, sobretodo al sembrarlas en fechas tardías. Puede defoliar prematuramente la planta y con ello reducir el tamaño de vainas y granos, lo que se refleja como baja en la producción (Martínez *et al.*, 2007).

El desarrollo de los síntomas en los distintos órganos de la planta es diferente para las diversas variedades, aunque coincide con las descripciones de diferentes autores en lo que respecta a los síntomas producidos por uredosoros y teleutosoros, (Piura, 2006).

Los daños del agente causal de la roya del frijol sobre las hojas en variedades muy susceptibles pueden llegar a ocasionar la muerte completa de las mismas, reducir el área fotosintética y provocar una pobre formación de granos. Los daños en las vainas reducen también la calidad del frijol para consumo verde (Knudsen, 2000).

2.2.4 Epifitiología.

La roya del frijol constituye una fuente de epidemias periódicas en las zonas de producción de frijol común en Centroamérica y el Caribe. La mayoría de los cultivares son susceptibles a algunas o a casi todas de las razas/patotipos de *Uromyces phaseolis* en su área de producción, (Steadman *et al.*, 2002).

El organismo causal (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint.var *typica* Arth) es uno de los agentes patógenos perteneciente a la clase Basidiomycetes, esto incluye las “setas” o un cuerpo frutífero conocido como basidiocarpo. La reproducción asexual es menos común. Se encuentran poblando todo tipo de hábitat y pueden presentar cualquier tipo de forma de nutrición, ya sea como saprofitos, patógenos o simbioses.

Se caracterizan por la presencia de una célula fértil en su ciclo de vida, llamada basidio, que produce exógenamente 4 basidiosporas (generalmente). Para asegurar la manutención del estado dicariótico y heterocariótico del micelio secundario, presentan una estructura peculiar denominada fíbula, la cual asegura que cada célula hija resultante tenga la combinación original de núcleos distintos y compatibles.

El ciclo de la enfermedad puede ocurrir de 10 a 14 días bajo condiciones favorables. Las probabilidades de que se presente una infección por roya son mayores en las localidades donde persiste una alta humedad durante 8 - 10 horas. En zonas secas la infección rara vez ocurre (Yero, 1998).

El desarrollo de este agente patógeno es favorecido por temperaturas moderadamente frescas que van de 14 a 27°C, con humedad relativa alta que dan lugar a períodos prolongados de rocío (más de 10 horas) en la superficie de la hoja. Su aparición en nuestro medio se produce en los meses de noviembre a febrero, siendo los meses de diciembre a enero los meses pico de incidencia. Por esta razón las siembras tempranas evaden la enfermedad, pero en noviembre, diciembre y enero son severamente afectadas, (Quintero *et al.*, 2004). Las temperaturas mayores de 32°C pueden destruir al agente patógeno y las menores de 15°C retardar su desarrollo (Ríos, 2003).

El viento es la principal forma de diseminación de las uredosporas. También pueden ser diseminadas por el hombre, los animales y las herramientas agrícolas. El viento al diseminar las uredosporas las transporta a tejidos no infectados, donde se inician nuevas pústulas. Si las condiciones climáticas son favorables a la roya, el ciclo de aparición de nuevas pústulas se puede repetir varias veces durante la época en que el frijol está en el campo, (FAO, 2001).

CIAT (1980), informa que bajo condiciones favorables de campo las uredosporas pueden sobrevivir aproximadamente 60 días. Algunas veces la incidencia de la roya del frijol es menor en monocultivos de frijol que en asociaciones con maíz.

Esto último posiblemente esté determinado por la mayor humedad relativa que se alcanza en ese agroecosistema.

Al final del periodo del cultivo, el hongo patógeno puede producir en las hojas otro tipo de esporas, llamadas teliosporas. Estas se encuentran en pústulas de color café oscuro a negro, conocidas como telios. En la mayor parte de los países la roya tiene poca importancia, puesto que se presenta esporádicamente y nunca alcanza proporciones epifitóticas. Hay marcadas diferencias en la resistencia de las variedades comerciales del frijol a la roya. (Mayea *et al.*, 1994; Quintero, 2004).

2.3 Metodologías utilizadas para la evaluación de resistencia a la Roya común.

Muchos han sido los autores que han realizado estudios acerca de una diversidad de criterios para evaluar la resistencia de los genotipos de frijol a *Uromyces phaseoli* en condiciones de campo. Algunos de ellos, utilizan métodos de evaluación cualitativos; mientras otros toman en consideración aspectos cuantitativos que caracterizan la resistencia genética. En este sentido, Becerra *et al.*, (1995), emplearon una escala de cinco grados de severidad de daños para evaluar diferentes líneas y variedades de frijol, en la cuales consideraban el porcentaje de la superficie foliar de la hoja cubierta por pústulas; (González y García, 1996) utilizaron dos métodos de evaluación (CIAT, 1984) y conteo de pústulas/hoja para conocer la respuesta de una colección de 64 variedades de frijol al ataque por el agente causal de la roya. Años más tardes López *et al.*, (2002) usaron una escala de 1 a 9 grados propuesta por el CIAT (1987) y en trabajos recientes se comunica acerca de una escala de 9 grados informada por el CIAT (1991), (León *et al.*, 2008).

2.4 Medidas de control.

2.4.1 Medidas culturales

Dentro de las medidas para el control de la roya del frijol se recomienda la realización de una buena preparación del suelo, la rotación de cultivo, eliminación oportuna de restos de cosecha, adecuada densidad de plantas y siembra en el momento óptimo para cada territorio, con el objetivo de evitar la incidencia del hongo patógeno en el periodo crítico del cultivo (fase de prefloración y floración). Otras prácticas que pueden ser utilizadas comprenden el manejo de variedades resistentes o tolerantes, adecuada fertilización, riego adecuado y eliminación de malezas en el cultivo y sus alrededores (Martínez *et al.*, 2007).

El frijol no debe sembrarse en áreas donde en el período anterior hubo un cultivo de frijol altamente infectado, ni cerca de cultivos que hayan presentado roya (CIAT, 1980).

Cuando se hace un espaciamiento apropiado entre plantas y se mantiene el campo limpio de malezas se consigue una adecuada aireación, lo cual impide que alrededor de las plantas la atmósfera se sature de humedad, especialmente durante la estación lluviosa, condición esta que favorece el ataque.

2.4.2 Lucha genética.

Desde la década de los cuarenta los trabajos de mejoramiento del frijol común han sido prioritarios en México, principalmente los relacionados a la formación de variedades con resistencia a enfermedades en los principales tipos comerciales. De las variedades generadas, 30 son las más utilizadas de un total de 200 tipos diferentes de frijol común apreciados en los sistemas tradicionales de producción en México (Rodrigo, 2000).

El uso de variedades resistentes o tolerantes a la roya ha sido la mejor opción para el control de la enfermedad en el trópico húmedo de México, pero debido a la

variación patogénica del hongo y a la formación de nuevas razas, algunas variedades han ido perdiendo la resistencia (Becerra *et al.*, 1995).

La respuesta varietal del frijol a la roya puede sufrir algunas variaciones entre localidades y entre años, en dependencia de la diversidad de patotipos de este hongo, como lo demuestra el estudio realizado en el Vivero Internacional de la Roya de Frijol (CIAT, 1979). De este hecho se deriva la necesidad de la evaluación local y con cierta periodicidad de la respuesta varietal a la roya del frijol (Steadman y *et al.*, 2002).

La mayoría de royas de granos se manejan principalmente con resistencia genética. Sin embargo, la erradicación de los hospedantes alternantes es una estrategia adicional importante para el manejo, porque previene que se complete el ciclo sexual, reduciendo el número de razas del hongo (López *et al.*, 2002).

De acuerdo con varios autores como Acosta *et al.*, (2001) y López (2002) para poder utilizar en forma eficiente el potencial genético de las variantes del frijol común es necesaria una caracterización más rigurosa de la colección, Incluyendo características agrobiológicas que aporten información útil sobre la arquitectura de la planta, la potencialidad de su rendimiento, su eficiencia fotosintética y su respuesta a los principales factores adversos.

Investigaciones realizadas por diferentes investigadores en Cuba, tales como Hernández *et al.*, (1995), encontraron que el cultivar rojo moteado Guamá 23 presentó resistencia a la roya; Yero *et al.*, (2005), indican a la variedad Cuba Cueto 25-9-N como susceptible y Tomeguín 93 y Cut-53 con resistencia intermedia al ataque de la roya, en siembras realizadas en época tardía en Cienfuegos.

Recientemente, Quintero *et al.*, (2004), informaron tres variedades con nivel de resistencia intermedia y 19 variedades resistentes a la roya en experimentos realizados en la época tardía, en áreas de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad Central de Las Villas; en ese mismo año, Bernal *et al.*, (2004),

comunican la variedad Mulangri-112 como inmune y las variedades ICA Pijao, CIAP-7247, Turalba-4 y BAT-202 como resistentes a la infección por *U. phaseoli* en experimentos realizados en la época tardía en la CPA "Eduardo García", perteneciente al municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara.

Estudios de varios años con variedades durante más de 15 años en las áreas experimentales de la Universidad Central de Las Villas y en áreas de producción de las provincias centrales, demuestran que se produce una interacción muy fuerte entre el factor varietal y el de época de siembra (Águila, 1995), permitiendo hacer recomendaciones de estructura varietal en función de la época de siembra (Quintero, 1998).

Según estos estudios se han definido un grupo de variedades actualmente conocidas que presentan comportamiento destacado para cada época de siembra. Quintero, (2000), informó las variedades BAT 482, BAT 58 y CIAP 7247 con un comportamiento "sobresaliente" y las variedades CIAP 24, BAT 93, Rosas, BAT 304 y Mulangri 112 con comportamiento "bueno" en siembras tardías (enero-febrero).

Por otra parte, no se han logrado variedades que presenten resistencia horizontal amplia a las enfermedades y plagas, incluso ni a los diferentes patotipos de una misma enfermedad como en el caso de la roya (Quintero, 2000).

Las variedades resistentes en un lugar o año no necesariamente lo son en otro. La mayoría de las variedades son resistentes solo a una raza del patógeno; sin embargo, se han identificado fuentes resistentes a un gran número de razas. Es muy importante evitar sembrar una sola variedad de frijol en un área grande porque pueden no existir razas del patógeno que ataquen y destruyan el cultivo en toda el área sembrada. (Bonilla, 2000).

2.4.3 Lucha química.

Durante mucho tiempo se ha venido utilizando la protección química como medio para combatir esta enfermedad, se han realizado aplicaciones con distintos productos fungicidas y especialmente mediante las aplicaciones de compuestos de azufre, los que en ocasiones, han producido fuertes efectos fitotóxicos en las plantas tratadas. El problema que existe para lograr el éxito de estas aplicaciones es que cuando la roya se hace notoria a los ojos del agricultor, ya existe suficiente inóculo en el campo para que la misma se desarrolle velozmente, por ello el mejor método de control de la enfermedad es la utilización de las variedades resistentes y el empleo de la lucha química.

Una gran cantidad de agroquímicos se utilizan en el control de éste patógeno; sin embargo, los que están autorizados para su uso en el cultivo de frijol se pueden observar en un Manual de Plaguicidas. Para poder tomar una decisión sobre el control químico en un plantío de frijol se requiere efectuar muestreos de campo cada siete días, iniciándolos en la etapa fenológica V4 (tercera hoja trifoliada) hasta la etapa R8 (llenado de vainas). Para medir el daño de la plaga se usará la escala 1 - 9; cuando una observación de campo de en promedio el nivel 3, será indicado aplicar el control químico, (Anónimo, 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental Agrícola “Álvaro Barba Machado”, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y en la Empresa Azucarera Ibraín Alfonso, en el período comprendido entre enero - abril de los años 2009 y 2010 respectivamente, sobre un suelo Pardo Sialítico (Hernández *et al.*, 2005). La preparación del suelo se realizó mediante el método tradicional y el surcado se hizo con tracción animal. Se utilizó semilla básica. En todos los casos la siembra se realizó de forma manual.

Las atenciones culturales consistieron en labores de control mecánico de malezas. No se aplicó fertilización con productos químicos. El riego se realizó con un intervalo de 10 días por el sistema de aspersión.

3.1. Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a *Uromyces phaseoli* var. *typica* utilizando dos metodologías.

Se estudió el grado de resistencia de las variedades comerciales de frijol (Tabla 1) a la infección por *Uromyces phaseoli* var. *typica* (MINAGRI, 2010a)

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar con 3 réplicas, el área de la parcela de 6.75 m², con una distancia de siembra de 0.45 m x 0.07 m, según (MINAGRI, 2010b).

Tabla 1. Variedades comerciales de frijol utilizadas en los estudios.

Código	Variedad	Color del grano
C1	CIAP 24	Jaspeado grande
C2	BAT 304	Negro pequeño
C3	Delicias 364	Rojo pequeño
C4	Cuba Cueto 25-9B	Blanco pequeño
C5	BAT 58 (Tazumal)	Negro pequeño
C8	BAT 93 (Engañador)	Crema pequeño
C9	Holguín 518	Negro pequeño
C10	BAT 482 (Chévere)	Blanco pequeño
C11	Cuba Cueto 25-9R	Rojo pequeño
C12	Red Kloud	Rojo grande
C14	INIVIT Puntí blanco	Jaspeado grande
C15	Velasco Largo	Rojo grande
C16	Cuba Cueto 25-9N	Negro pequeño
C17	Guamá 23	Jaspeado grande
C18	BAT 832	Negro pequeño

Código	Variedad	Color del grano
C19	Mulangri 112	Jaspeado mediano
C20	Rosas	Rojo grande
C21	Wacute	Crema pequeño
C22	Hatuey 24	Rojo pequeño
C23	Bolita 42	Negro pequeño
C24	CIAP 7247	Negro pequeño
C25	Milagro Villaclareño	Negro pequeño
C26	Lengua de fuego	Jaspeado mediano
C27	Güira 89	Negro pequeño
C30	ICA Pijao	Negro pequeño

Las evaluaciones se realizaron a partir del inicio de los síntomas y con una frecuencia semanal, en 15 plantas por parcela seleccionadas al azar por variedad. Estas consistieron en la determinación de la intensidad de la infección (Townsend y Heuberger, 1943, citado por Ciba-Geygi, 1981) utilizando dos metodologías informadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (1979) (Anexo 1), la cual tiene en cuenta el tipo de pústula e intensidad de la infección y CIAT (1987), (Anexo 2), que combina el porcentaje del área foliar afectada y el tipo de pústula.

Para la determinación del tipo de pústula se midieron 20 pústulas tomadas al azar por variedad con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus (aumento 128 x).

Las condiciones experimentales, momento de evaluación y determinación del tipo de pústula, fueron similares en las dos metodologías, con la diferencia que la metodología de evaluación informada por el CIAT (1987) consta de un grado superior en su escala del tipo de pústula.

Para la selección de las variedades se tomó como criterios el color y tamaño del grano, así como la metodología en la cual el 80% de las variedades no coincidieron en la respuesta a la enfermedad.

Procesamientos Estadísticos

Se aplicó un agrupamiento en Clusters incluyendo las dos variables medidas en cada variedad y metodologías (Tipo de pústula e Intensidad de la infección). También a partir de las observaciones reales en cada variedad se construyeron gráficas que permitieron agrupar las variedades de acuerdo a diferentes rangos que se establecieron para las mediciones, de acuerdo con las metodologías empleadas. Para estos procedimientos se utilizaron los paquetes SPSS versión 15.0 del 2006 y el STATGRAPHICS versión 5.1 del 2000, ambos sobre Windows.

3.2 Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol.

Se evaluó la influencia del tratamiento químico y sin químico sobre la incidencia de la roya del frijol en las variedades seleccionadas en el ensayo anterior.

El diseño experimental utilizado fue en parcelas divididas, con 4 réplicas, el área de la parcela fue de 500.43 m²

El tratamiento químico consistió en el empleo de los fungicidas (Zineb 75 % PH y Orius 25 % CE como preventivo y curativo, respectivamente), aplicados con una frecuencia cada 7 días en el caso del preventivo hasta la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad y cada 5 días para el curativo una vez identificadas las primeras pústulas de la enfermedad hasta el final del ciclo. A partir del inicio de los síntomas y con una frecuencia semanal se evaluó en cada variedad:

- a) La intensidad de la infección. Se calculó mediante la fórmula de Townsend y Heuberger.
- b) El tipo de pústula, con 5 clases de desarrollo y la clasificación de la reacción de las variedades (CIAT, 1979).

Procesamientos Estadísticos.

Inicialmente se aplicó un análisis de varianza en correspondencia con un diseño de parcelas divididas (modelo multifactorial), donde los factores fueron el tratamiento (Químico y Sin Químico) y las variedades (9). En el caso de las Intensidades de la enfermedad a los 60 y 75 días se añadió al modelo como covariables la intensidad a los 45 días, lo que permitió estudiar por separado cada factor. Estos análisis se complementaron con pruebas de comparación múltiple de Duncan y Scheffe. En el caso del tipo de pústula se aplicó una prueba de Chi cuadrado para las variedades y tratamientos, además obtuvieron gráficas de frecuencias para esta variable. Para los procesamientos estadísticos se empleó el paquete STATGRAPHIS Centurion XV-II/2006.

3.3 Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.

Se estudió el nivel de asociación entre los diferentes valores de infección y nocividad de la roya en las variedades en estudio y los factores climáticos (temperatura y humedad relativa). Los datos climáticos se obtuvieron de las Estaciones Agrometeorológicas de la Empresa de Cultivos Varios del Yabú y el Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Para el cálculo de la nocividad se utilizó la fórmula propuesta por Barba (1979).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a *Uromyces phaseoli* var. *typica* utilizando dos metodologías.

En la Figura 3 se muestran los agrupamientos de las variedades de frijol a partir de la respuesta de las mismas a la infección con este hongo fitopatógeno, empleando la metodología informada por el CIAT (1979). El análisis de Cluster evidenció que los grupos formados se empiezan a ramificar a distancias muy bajas, indicando que los mismos son compactos y que la diversidad intragrupos es muy baja.

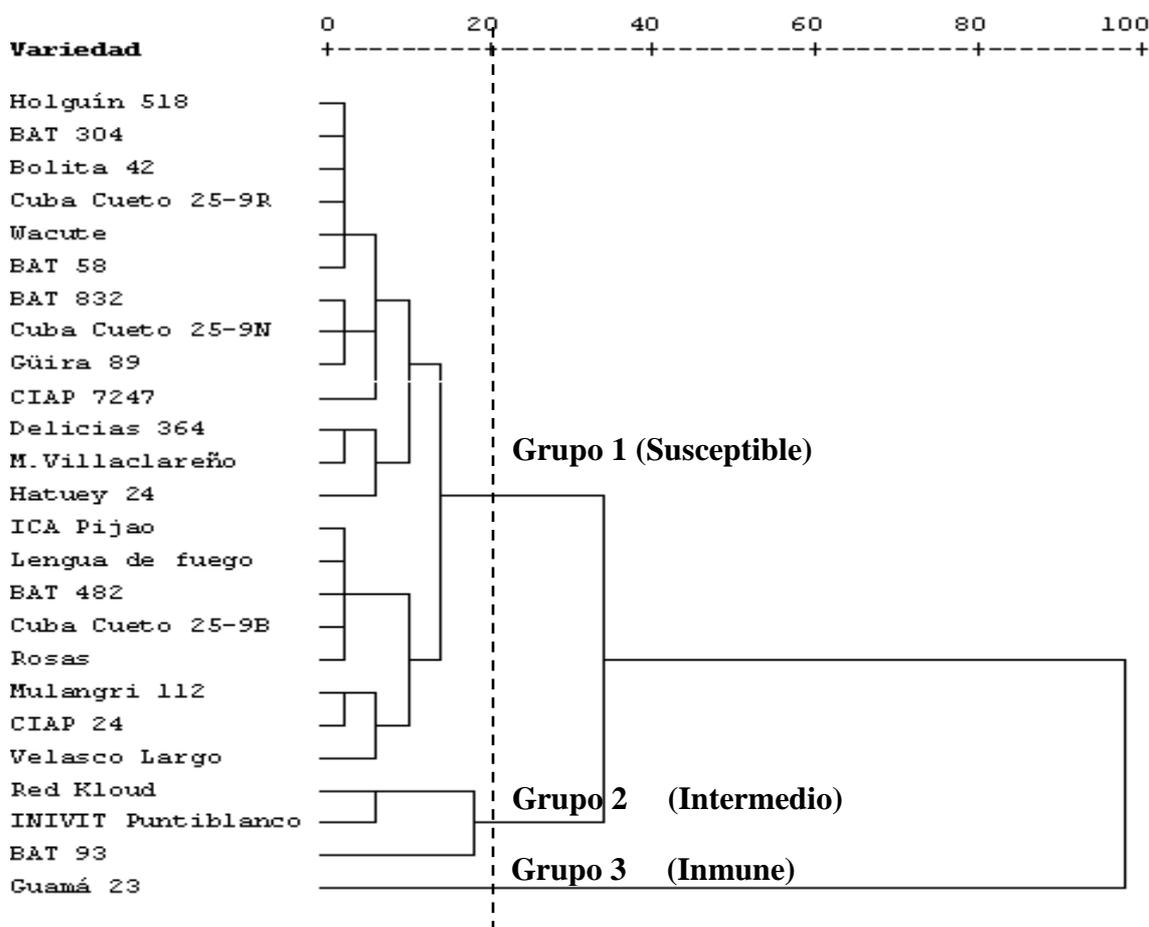


Figura 3. Dendrograma obtenido a partir de la evaluación de la roya en variedades de frijol a los 63 días de la siembra empleando la metodología informada por el CIAT en 1979.

Al realizar un corte de hasta un 20 % al dendrograma se observa la formación de tres grupos. El grupo 1 aglomeró la mayoría de los cultivares (21), representando el 84 % del total y mostrando todas respuestas de susceptibilidad a la enfermedad. El grupo 2 representado por las variedades

Red Kloud, INIVIT Punti blanco y BAT 93 (12 %) respectivamente, tuvieron una respuesta similar a la infección por este agente patógeno (intermedio), pero a la vez se diferenciaron en el tipo de pústula, la cual en esta última variedad fue 4. El grupo 3 estuvo representado por la variedad Guamá 23 (4 %) con respuesta inmune ante la enfermedad.

Al relacionar la intensidad de ataque de la enfermedad con el tipo de pústula en los cultivares en estudio, se encontró que las mismas se representan en tres cuadrantes (Figura 4).

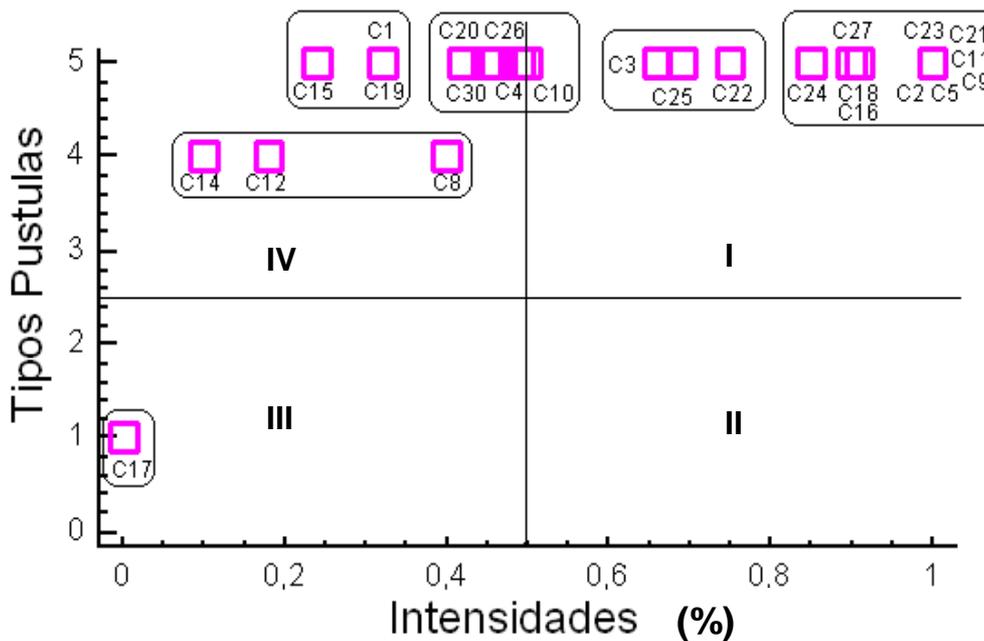


Figura 4. Representación gráfica de la dispersión de las variedades a la infección por *U. phaseoli* a los 63 días de la siembra empleando la metodología informada por el CIAT en 1979.

El cuadrante I ubicó las variedades con mayores valores de intensidad de ataque de la enfermedad (66 – 100 %) y tipo de pústula 5 (susceptible); mientras que en el cuadrante IV se situaron los cultivares con menores porcentajes de infección al hongo fitopatógeno (24 – 50 %) y tipo de pústula 5 (susceptible), exceptuando los genotipos Red Kloud, INIVIT Punti blanco y BAT 93, con intensidades de ataque que variaron en el intervalo de 10 – 40 % y tipo de pústula 4 (intermedio). La explicación a este hecho está dada por el tipo de pústula que presentaron estas últimas variedades. En el cuadrante III se situó la variedad Guamá 23 con respuesta inmune al hongo patógeno, debido a

que no se observó la presencia de síntomas de la enfermedad y presentar tipo de pústula 1.

Resultados similares han sido informados por Quintero *et al.*, (2004), quienes evaluaron una colección de 72 variedades de frijol en época tardía durante la campaña 2003 - 2004 en áreas de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad Central de Las Villas y observaron que el 69,4 % de las variedades muestreadas fueron susceptibles a la infección por la roya, aspecto este que debe tenerse en cuenta en el planeamiento de las siembras para evitar el uso de las mismas en las épocas de mayor incidencia de la enfermedad.

Los resultados obtenidos en cuanto al grado de susceptibilidad de las variedades ICA Pijao, CIAP 7247 y Mulangri 112 no concuerdan con los observados por Bernal *et al.* (2004), quienes notificaron respuestas de resistencia e inmunidad a la infección por *U. phaseoli* en estas variedades, a pesar que los experimentos se realizaron en la misma época de siembra y metodología de evaluación de la enfermedad. Estos resultados indican la necesidad de la evaluación local y con cierta periodicidad de la respuesta de las variedades a la roya del frijol, debido a que la misma puede sufrir algunas variaciones entre localidades y entre años, en dependencia de la diversidad de patotipos de este hongo fitopatógeno, como lo demuestra el estudio realizado en el Vivero Internacional de la roya del frijol (CIAT, 1979; Llanes, 2005).

De manera similar, la respuesta de susceptibilidad a la roya del frijol de las variedades ICA Pijao, Güira 89, Hatuey 24, Cuba Cueto 25-9B, Velasco Largo, BAT 304 y BAT 832, concuerdan con los resultados descritos por González *et al.* (1996); sin embargo otras variedades como Bolita 42, Rosas, Mulangri 112 y BAT 482 (susceptibles), BAT 93 y Red Kloud (resistencia intermedia) y Guamá 23 (inmune), sus respuestas a la infección por el agente patógeno no se correspondieron con los resultados alcanzados por estos mismos autores.

Finalmente, son notorios los resultados obtenidos con la variedad Guamá 23, la cual manifestó inmunidad a la infección por *U. phaseoli* bajo condiciones de alta presión de inóculo en campo. Estas condiciones estuvieron garantizadas a partir del alto porcentaje de variedades susceptibles encontrados en este trabajo. Resultados similares han sido informados por Hernández *et al.*, (1995),

quienes indicaron acerca del grado de resistencia de esta variedad a *U. phaseoli*, representando un aporte importante para el programa de mejoramiento del frijol común en Cuba, puesto que permite contar con potencial genético para introducir resistencia a esta enfermedad en el sistema de producción del frijol.

La Figura 5 muestra los resultados del agrupamiento de las variedades de frijol a partir de la infección por el agente causal de la roya del frijol en condiciones naturales, empleando la metodología informada por el CIAT (1987). Al realizar un corte de hasta un 30 % al dendrograma se observa la formación de tres grupos.

El grupo 1 aglutinó las variedades que tuvieron una respuesta muy susceptible (10) y susceptible (4) a la enfermedad, representando en su conjunto el 56 % del total. Por otra parte, el grupo 2 agrupó las variedades resistentes Red Kloud, INIVIT Punti blanco, BAT 93 con tipo de pústula 4 y Rosas, Lengua de fuego, ICA Pijao, Cuba Cueto 25-9B, CIAP 24, Mulangri 112 y BAT 482 con tipo de pústula 5, representando el 40 % de las variedades evaluadas. Finalmente, el grupo 3 aglomeró una sola variedad Guamá 23. Esta última representa el 4 % del total de las variedades estudiadas y manifestó respuesta inmune a la enfermedad roya del frijol.

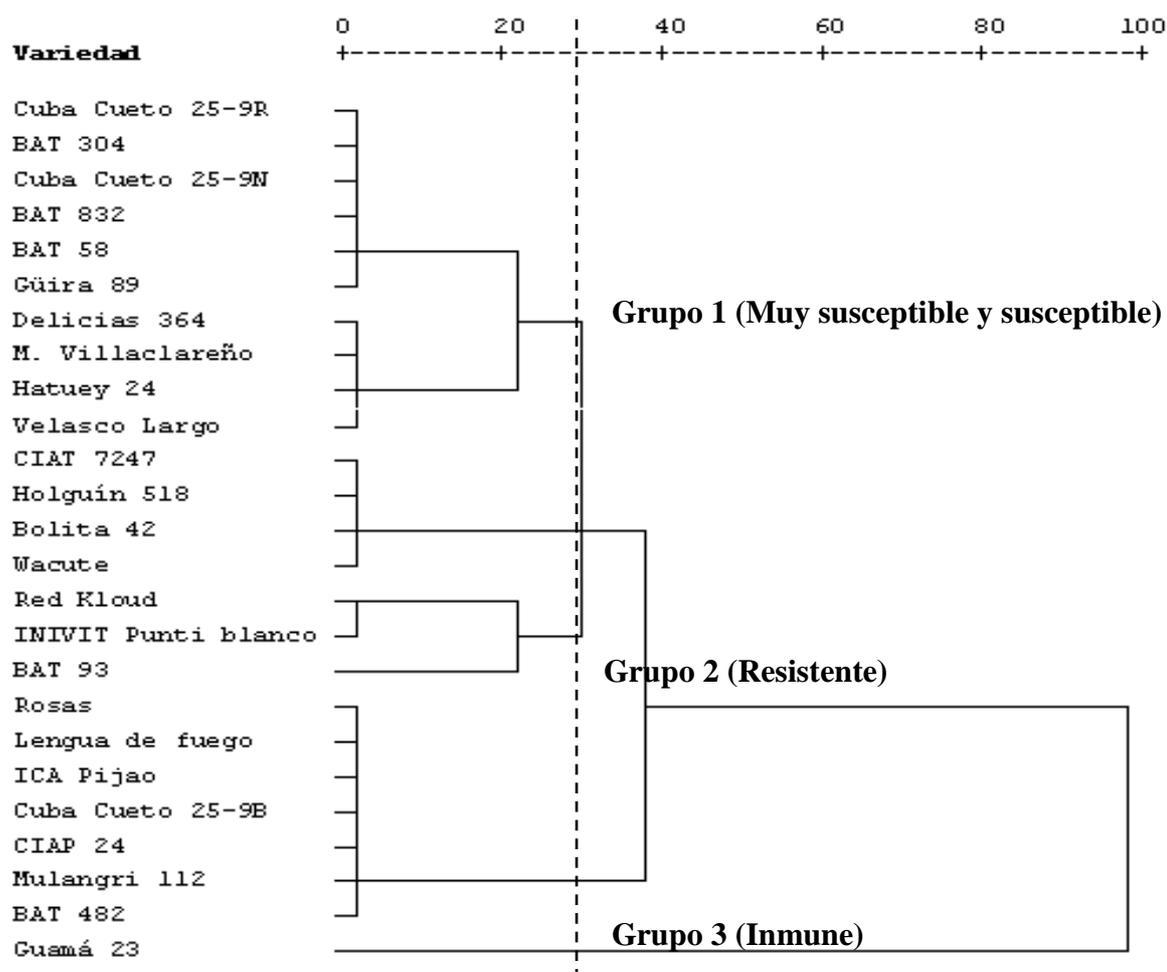


Figura 5. Dendrograma obtenido a partir de la evaluación de la roya en variedades de frijol a los 63 días de la siembra empleando la metodología informada por el CIAT en 1987.

Además, al relacionar los criterios tomados en consideración por la metodología indicada por el CIAT en 1987, se pudo apreciar que las variedades se agruparon en tres cuadrantes (Figura 6).

El cuadrante I situó aquellas variedades con respuesta muy susceptible y susceptible a la infección por este agente fitopatógeno. En el caso particular de las variedades muy susceptibles, se encontró que estas presentaron lesiones que estuvieron caracterizadas por la presencia de pústulas grandes y muy grandes con halos cloróticos, que cubrían más del 25 % del tejido foliar, causando defoliación prematura de las plantas, algunas de ellas con pústulas esporuladas de 500 a 800 micras de diámetro; mientras que hubo otras en las que se llegaron a medir pústulas mayores a 800 micras. Las variedades

susceptibles se caracterizaron por tener presencia de pústulas generalmente grandes, redondeadas y esporuladas (de 500 a 800 micras de diámetro) frecuentemente con halos cloróticos que cubrían aproximadamente el 10 % del área foliar.

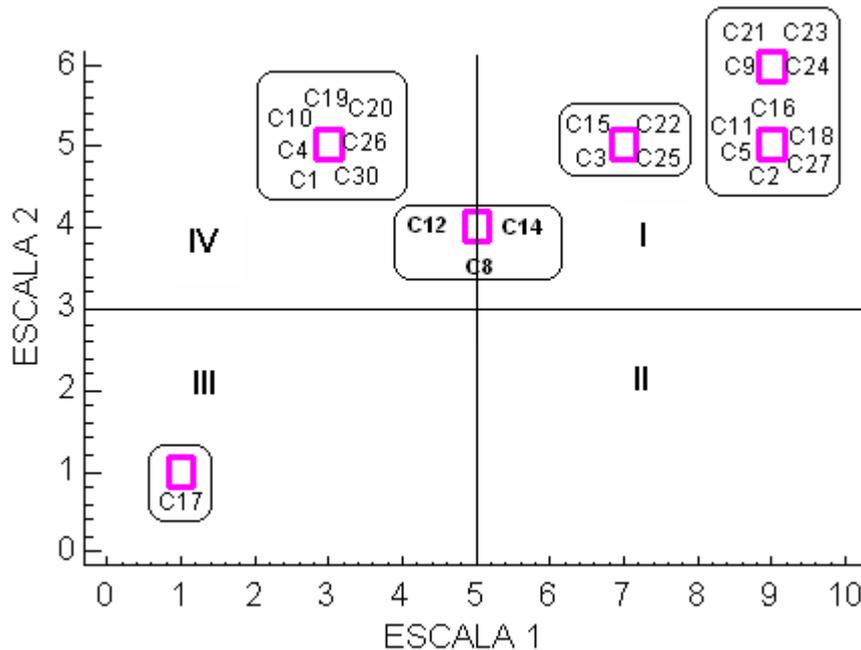


Figura 6. Representación gráfica de la dispersión de las variedades a la infección por *U. phaseoli* a los 63 días de la siembra empleando la metodología informada por el CIAT en 1987.

El cuadrante III agrupó solo una variedad (Guamá 23), que resultó ser inmune a la infección por *U. phaseoli*, pues tenía ausencia a simple vista de pústulas de roya. Por otra parte, el cuadrante IV aglomeró las variedades resistentes, las cuales presentaron solo unas pocas pústulas, por lo regular pequeñas, que cubrieron el 2 % del área foliar. Estas estaban esporuladas y sus dimensiones variaron, encontrándose en algunos casos pústulas entre 300 a 500 micras y en otros entre 500 a 800 micras.

Los resultados encontrados con respecto a las respuestas de susceptibilidad y resistencia de las variedades Velasco Largo, Hatuey 24 y Rosas, Mulangri 112, BAT 482 y BAT 93, respectivamente, coincidieron con lo informado por González *et al.* (1996); sin embargo la respuesta resistente de otras variedades como la ICA Pijao, Cuba Cueto 25-9B, Red Kloud y Guamá 23 no coincidieron

con la hallada por estos mismos autores. Este último resultado podría deberse a la existencia de diferentes razas de *U. phaseoli* en una u otra localidad.

Otros autores como Díaz *et al.* (2001) encontraron que la variedad de frijol Delicias-364 presentó un alto grado de susceptibilidad a la infección por *U. phaseoli* en experimentos realizados en condiciones de campo. Los resultados hallados en el presente trabajo concuerdan con estos mismos autores al encontrar igual respuesta en esta variedad.

De manera general, se puede señalar que en la colección de variedades de frijol estudiada se consta con fuentes de resistencia a la roya, por lo que existe potencial en el mismo para introducir resistencia a esta enfermedad en el sistema de producción del frijol.

En la Tabla 2 se reflejan las respuestas de las variedades comerciales de frijol a la infección por *U. phaseoli* de acuerdo a las metodologías de evaluación empleada. De manera general se encontraron diferencias entre ellas. Los cultivares CIAP 24, Cuba Cueto 25-9B, BAT 93, BAT 482, Red Kloud, INIVIT Puntiblanco, Mulangri 112, Rosas, Lengua de fuego e ICA Pijao, manifestaron respuesta de susceptibilidad y resistencia intermedia a la roya por la metodología del CIAT en 1979 (Anexo 1); sin embargo estas mismas exhibieron respuesta de resistencia a la infección por este agente fitopatógeno usando la metodología del CIAT en 1987 (Anexo 2). Este último resultado se pudiera explicar a que esta última metodología incluye los tipos de pústulas 4, 5 y 6 para clasificar una variedad como resistente, mientras que en la primera metodología tienen que presentar tipo de pústulas 2 y 3.

Las variedades que resultaron ser susceptibles al ataque de este hongo patógeno por la metodología del CIAT en 1979 (BAT 304, BAT 58, Holguín 518, Cuba Cueto 25-9R, Cuba Cueto 25-9N, BAT 832, Wacute, Bolita 42, CIAP 7247 y Güira 89) fueron catalogadas como muy susceptibles por la metodología informada por el CIAT en 1987. Esto hecho se debe a que esta última metodología comprende una categoría superior en las escalas de evaluación de la resistencia a la roya del frijol.

En este mismo sentido, respuestas similares fueron obtenidas en las variedades Delicias 364, Velasco Largo, Hatuey 24, Milagro Villaclareño (susceptibles) y Guamá 23 (inmune) por las dos metodologías de evaluación empleadas.

Tabla 2. Respuesta de las variedades comerciales de frijol a *U. phaseoli* por las metodologías de evaluación empleadas.

Variedades	Metodología (CIAT 1979)	Metodología (CIAT 1987)
CIAP 24	Susceptible	Resistente
BAT 304	Susceptible	Muy Susceptible
Delicias 364	Susceptible	Susceptible
Cuba Cueto 25-9B	Susceptible	Resistente
BAT 58	Susceptible	Muy Susceptible
BAT 93	Intermedio	Resistente
Holguín 518	Susceptible	Muy Susceptible
BAT 482	Susceptible	Resistente
Cuba Cueto 25-9R	Susceptible	Muy Susceptible
Red Kloud	Intermedio	Resistente
INIVIT Puntiblanco	Intermedio	Resistente
Velasco Largo	Susceptible	Susceptible
Cuba Cueto 25-9N	Susceptible	Muy Susceptible
Guamá 23	Inmune	Inmune
BAT 832	Susceptible	Muy Susceptible
Mulangri 112	Susceptible	Resistente
Rosas	Susceptible	Resistente
Wacute	Susceptible	Muy Susceptible
Hatuey 24	Susceptible	Susceptible
Bolita 42	Susceptible	Muy Susceptible
CIAP 7247	Susceptible	Muy Susceptible
Milagro Villaclareño	Susceptible	Susceptible
Lengua de fuego	Susceptible	Resistente
Güira 89	Susceptible	Muy Susceptible
ICA Pijao	Susceptible	Resistente

Existen varios autores con una diversidad de criterios para evaluar la resistencia de los genotipos de frijol a *U. phaseoli* en condiciones de campo. Algunos de ellos utilizan métodos de evaluación cualitativos; mientras otros toman en consideración aspectos cuantitativos que caracterizan la resistencia. En este sentido, Becerra *et al.* (1995), emplearon una escala de cinco grados de severidad de daños para evaluar diferentes líneas y variedades de frijol, en la cuales consideraban el porcentaje de la superficie foliar de la hoja cubierta por pústulas; González y García, (1996) utilizaron dos métodos de evaluación (CIAT, 1984 y conteo de pústulas/hoja) para conocer la respuesta de una colección de 64 variedades de frijol al ataque por el agente causal de la roya. Años más tarde López *et al.* (2002) usaron una escala de 1 a 9 grados propuesta por el CIAT (1987) y en trabajos recientes se comunica acerca de una escala de 9 grados informada por el CIAT (1991) (León *et al.*, 2008). Este conjunto de criterios antes mencionados pudiera ser un elemento más a considerar en el momento de evaluar la respuesta de las variedades del cultivo a la infección por este hongo patógeno.

Desde el punto de vista epifitiológico, la metodología de evaluación del CIAT, 1979 en comparación con la informada por el CIAT, 1987 permite evaluar con mas rigurosidad, precisión y confianza la respuesta de las variedades a la infección por *U. phaseoli* en condiciones de campo independientemente del evaluador, ya que en esta primera metodología tiene un mayor peso el tipo de pústula (tipo 2 y 3), la cual no permite en el tiempo que se incremente la presión de inóculo primario (uredosporas) y con ello se produzcan las nuevas infecciones.

Se encontró en la colección de frijol evaluada variedades con respuesta resistente a la roya que presentaron características fenotípicas diferentes.

De las variedades que clasificaron en las categorías de “inmune”, “resistente” o “intermedio” en las dos metodologías empleadas, se halló que existe una de color negro pequeño, tres rojos grandes, cinco jaspeados grandes, dos jaspeados medianos, dos blancos pequeños y dos cremas pequeños (Tabla 3).

Tabla 3. Variedades de frijol catalogadas como inmunes, resistentes e intermedio a la roya, según el color del grano.

Tipo	Respuesta					
	Inmune		Resistente		Intermedio	
	CIAT 1979	CIAT 1987	CIAT 1979	CIAT 1987	CIAT 1979	CIAT 1987
Negro pequeño	0	0	0	ICA Pijao	0	0
Rojo grande	0	0	0	Rosas Red Kloud	Red Kloud	0
Jaspeado grande	Guamá 23	Guamá 23	0	CIAP-24 INIVIT Puntiblanco	INIVIT Puntiblanco	0
Jaspeado mediano	0	0	0	Mulangri 112 Lengua de fuego	0	0
Blanco pequeño	0	0	0	Cuba Cueto 25-9B BAT-482	0	0
Crema pequeño	0	0	0	BAT-93	BAT-93	0

Estos resultados indican que se puede contar con niveles aceptables de resistencia a la roya en la mayoría de los tipos de frijoles demandados por nuestros consumidores, siendo en este caso fundamentalmente los colores rojo y jaspeado los que demostraron tener mayor correspondencia con la resistencia de las variedades al agente causal de la roya, a diferencia de los granos de color negro que resultaron, en su mayoría, ser susceptibles a la infección por *U. phaseoli*. Esto contradice estudios realizados por autores como Viñals *et al.*, (2002), quienes indican que los frijoles de color negro, con un lugar prioritario en la comida típica cubana, demuestran mayor resistencia a la roya en siembras de época tardía.

La respuesta de inmunidad de la variedad Guamá 23 ante el ataque de la roya del frijol pudiera estar dada por el aporte genético de sus progenitores, aspecto este a tomar en consideración dentro de los programas de mejoramiento genético del cultivo en Cuba.

Las variedades resistentes en un lugar o año no necesariamente lo son en otro. La mayoría de las variedades son resistentes solo a una raza del hongo patógeno; sin embargo, se han identificado fuentes resistentes a un gran número de razas. Es por ello que es importante evitar sembrar una sola variedad de frijol en un área grande, porque pueden existir razas del hongo patógeno que ataquen y destruyan el cultivo en toda el área sembrada. La consideración de estos elementos, junto con un correcto manejo varietal, permite evitar niveles altos de severidad de la enfermedad.

4.2 Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol.

Al evaluar la influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la enfermedad en el cultivo, no se encontró interacción para los factores ($p=0.9$), aunque si el efecto de las covarianzas de la intensidad de la enfermedad a los 45 días sobre las evaluaciones realizadas a esta variable con respecto a los 60 y 75 días.

La Tabla 4 muestra la intensidad de ataque por *Uromyces phaseoli* var. *typica* en las variedades en estudio en los diferentes momentos de evaluación. La incidencia de la enfermedad comenzó a partir de los 45 días después de la siembra. Los mayores valores de afectación por este hongo fitopatógeno en este primer momento de evaluación (45 días) fueron observados en las variedades Velasco largo y Cuba Cueto 25-9R, con valores de 0.70 y 0.63, respectivamente. En estas mismas variedades predominaron las pústulas con un diámetro entre 300 - 500 micras (tipo de pústulas 3 y 4) (Tabla 5). Los menores valores de infección se hallaron en los genotipos CIAP 24 y BAT 93, en los cuales no hubo evidencias de infección o manchas necróticas sin esporulación (tipo de pústula 1 y 2). Valores intermedios se encontraron en el resto de las variedades.

Estos resultados coinciden con los logrados por Vargas (1980), donde la incidencia de la enfermedad comenzó a partir de los 60 días después de la siembra con un incremento de su intensidad con la edad de la planta.

Tabla 4. Intensidad de ataque de *Uromyces phaseoli* var. *typica* en diferentes variedades y momentos de evaluación.

Variedades	Intensidad de la enfermedad		
	45 días	60 días	75 días
	Medias	Medias±E.E	Medias±E.E
BAT 482	0.58 ^b	0.57±0.02 ^{abcd}	0.63±0.02 ^{abcdefg}
BAT 93	0.12 ^f	0.36±0.03 ^d	0.51±0.03 ^{cf}
Mulangri 112	0.30 ^e	0.43±0.01 ^{bcd}	0.50±0.01 ^{defg}
Guamá 23	0.45 ^d	0.49±0.01 ^{abcd}	0.52±0.01 ^{abcdef}
ICA Pijao	0.35 ^e	0.44±0.01 ^{bd}	0.52±0.01 ^{bcef}
CIAP 24	0.05 ^f	0.30±0.03 ^e	0.45±0.04 ^g
CIAP 7247	0.52 ^c	0.58±0.01 ^{ab}	0.60±0.01 ^{abc}
Cuba Cueto 25-9R	0.63 ^{ab}	0.58±0.02 ^{ac}	0.60±0.02 ^{ad}
Velasco Largo	0.70 ^a	0.60±0.03 ^{ac}	0.60±0.03 ^{abde}
E.E (±)	0.01		

(a,b,c,d,): Medias con letras no comunes a los 45 días difieren por Duncan a ($P < 0.05$).

(a,b,c,d,e,f,g): Medias con letras no comunes a los 60 y 75 días difieren por Scheffé con ajustes por Covarianzas a ($P < 0.05$).

Tabla 5. Porcentajes del tipo de pústula a los 45 días

Variedades	Tipos de pústulas	
	TP1-TP2	TP3-TP4
BAT 482	(a) 0.0	100.0
	(b) 0.0	25.0
BAT 93	100.0	0.0
	20.0	0.0
Mulangri 112	100.0	0.0
	20.0	0.0
Guamá 23	50.0	50.0
	10.0	12.5
Ica Pijao	100.0	0.0
	20.0	0.0
CIAP 24	100.0	0.0
	20.0	0.0
CIAP 7247	50.0	50.0
	10.0	12.5
Cuba Cueto 25-9R	0.0	100.0
	0.0	25.0
Velasco Largo	0.0	100.0
	0.0	25.0

Chi cuadrado = 27,90

P-Value = 0,0005

Coefficiente de contingencia = 0,668

Cramer's V = 0,8803

Leyenda: (a) Porcentaje de fila
(b) Porcentaje de columna

Al relacionar los tratamientos con el porcentaje del tipo de pústulas a los 45 días de evaluación, se mostró que en el tratamiento químico los mayores valores porcentuales predominaron en el tipo de pústula 1 (44.4 - 66.7 %) y en el sin químico en el tipo de pústula 4 (33.3-100 %) (Tabla 6), evidenciando la efectividad que tuvo el tratamiento químico en el control de la enfermedad.

Tabla 6. Porcentajes del tipo de pústulas a los 45 días

Tipo de pústula	Tratamientos	
	Químico	Sin Químico
1	66.7 ^a	33.3
	44.4 ^b	22.2
2	50.0	50.0
	22.2	22.2
3	60.0	40.0
	33.3	22.2
4	0.0	100.0
	0.0	33.3

Chi cuadrado = 7,73

P-Value = 0,052

Coeficiente de contingencia = 0,4205

Cramer's V = 0,4635

Leyenda: (a) Porcentaje de fila
(b) Porcentaje de columna

Al realizar la evaluación a los 60 días los mayores valores de afectación fueron observados en las variedades Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247, BAT 482 y Guamá 23 que oscilaron entre 0.60-0.57, predominando en estas variedades las pústulas 4 y 5, con un diámetro de 300 micras y superiores a 500 micras, frecuentemente rodeadas por halos cloróticos, comportándose de igual forma a los 75 días de evaluación, excepto la variedad BAT 482 que presentó el mayor valor de afectación (0.63) en este último momento. El menor valor de infección de la enfermedad lo obtuvo la variedad CIAP-24 con manchas necróticas sin esporulación (tipo de pústula 2) en los dos momentos de evaluación (60 y 75 días) (Tabla 7 y 8), mostrándose diferencias significativas con el resto de las variedades. En estudios realizados en condiciones similares por Pérez (2010) el cultivar ICA Pijao mostró el mayor valor de afectación y BAT-93 el menor, resultados que difieren por los alcanzados en este trabajo, donde estas variedades alcanzaron valores intermedios de la enfermedad, atribuyéndose esta diferencia a la variación entre localidades, en dependencia de la diversidad de patotipos de este hongo fitopatógeno (Llanes, 2005).

Tabla 7. Porcentajes del tipo de pústulas a los 60 días

Variedades	Tipos de pústulas	
	TP1-TP2	TP3-TP4-TP5
BAT 482	0.0 ^a	100.0
	0.0 ^b	16.7
BAT 93	100.0	0.0
	33.3	0.0
Mulangri 112	50.0	50.0
	16.7	8.3
Guamá 23	0.0	100.0
	0.0	16.7
Ica Pijao	50.0	50.0
	16.7	8.3
CIAP 24	100.0	0.0
	33.3	0.0
CIAP 7247	0.0	100.0
	0.0	16.7
Cuba C-25-9-R	0.0	100.0
	0.0	16.7
Velasco Largo	0.0	100.0
	0.0	16.7

Chi cuadrado = 27,0

P-Value = 0,0007

Coefficiente de contingencia = 0,655

Cramer's V = 0,8660

Leyenda:

(a) Porcentaje de fila

(b) Porcentaje de columna

Tabla 8. Porcentajes del tipo de pústulas a los 75 días

Variedades	Tipos de pústulas	
	TP1-TP2	TP3-TP4-TP5
BAT 482	0.0 ^a	100.0
	0.0 ^b	13.3
BAT 93	50.0	50.0
	50.0	6.7
Mulangri 112	0.0	50.0
	0.0	6.7
Guamá 23	0.0	100.0
	0.0	13.3
Ica Pijao	0.0	100.0
	0.0	13.3
CIAP 24	100.0	0.0
	50.0	0.0
CIAP 7247	0.0	100.0
	0.0	13.3
Cuba C-25-9-R	0.0	100.0
	0.0	13.3
Velasco Largo	0.0	100.0
	0.0	13.3

Chi cuadrado = 24,4

P-Value = 0,002

Coefficiente de contingencia = 0,6461

Cramer's V = 0,8466

Leyenda:

(a) Porcentaje de fila

(b) Porcentaje de columna

Al relacionar los tratamientos con el porcentaje del tipo de pústulas a los 60 y 75 días de evaluación se encontró que en el tratamiento químico los mayores valores porcentuales predominaron en el tipo de pústula 1 y en el sin químico el tipo de pústula 5 (Tabla 9 y 10).

Tabla 9. Porcentajes del tipo de pústulas a los 60 días

Tipo de pústulas	Tratamientos	
	Químico	Sin Químico
1	100.0 ^a	0.0
	22.2 ^b	0.0
2	50.0	50.0
	22.2	22.2
3	50.0	50.0
	22.2	22.2
4	60.0	40.0
	33.3	22.2
5	0.0	100.0
	0.0	33.3

Chi cuadrado = 10,4

P-Value = 0,0342

Coeficiente de contingencia = 0,4734

Cramer's V = 0,5375

Leyenda:

(a) Porcentaje de fila

(b) Porcentaje de columna

Tabla 10. Porcentajes del tipo de pústulas a los 75 días

Tipo de pústulas	Tratamientos	
	Químico	Sin Químico
1	100.0 ^a	0.0
	11.1 ^b	0.0
2	50.0	50.0
	11.1	11.1
3	75.0	25.0
	33.3	11.1
4	57.1	42.9
	44.4	33.3
5	0.0	100.0
	0.0	44.4

Chi cuadrado = 12,286

P-Value = 0,0153

Coeficiente de contingencia = 0,5044

Cramer's V = 0,5842

Leyenda:

(a) Porcentaje de fila

(b) Porcentaje de columna

Estudios realizados corroboraron lo obtenido por Pérez (2010) quien utilizó fungicidas como Mancozeb 80% PH y Orius 25% CE como preventivo y curativo, respectivamente, logrando un control de la enfermedad en el mismo período de siembra y evaluación del experimento.

4.3 Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.

En la figura 7 se puede apreciar que existe una influencia marcada y diferencial entre la incidencia y nocividad de la enfermedad en las diferentes variedades con los factores climáticos. En el mes de marzo se observó un incremento progresivo de la enfermedad como consecuencia de los factores climáticos. Los porcentajes de afectación y nocividad más altos se correspondieron con las variedades Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247 y BAT 482, los cuales alcanzaron valores medios superiores a 61 y 15 % respectivamente, diferenciándose del resto de las variedades. Estos resultados estuvieron relacionados con valores de temperatura y humedad relativa media que se registraron en ese momento y que fueron de 22 °C y 74 % respectivamente. La variedad CIAP 24 que a pesar de manifestarse condiciones climáticas favorables para la aparición de la enfermedad, no se evidenciaron síntomas de infección.

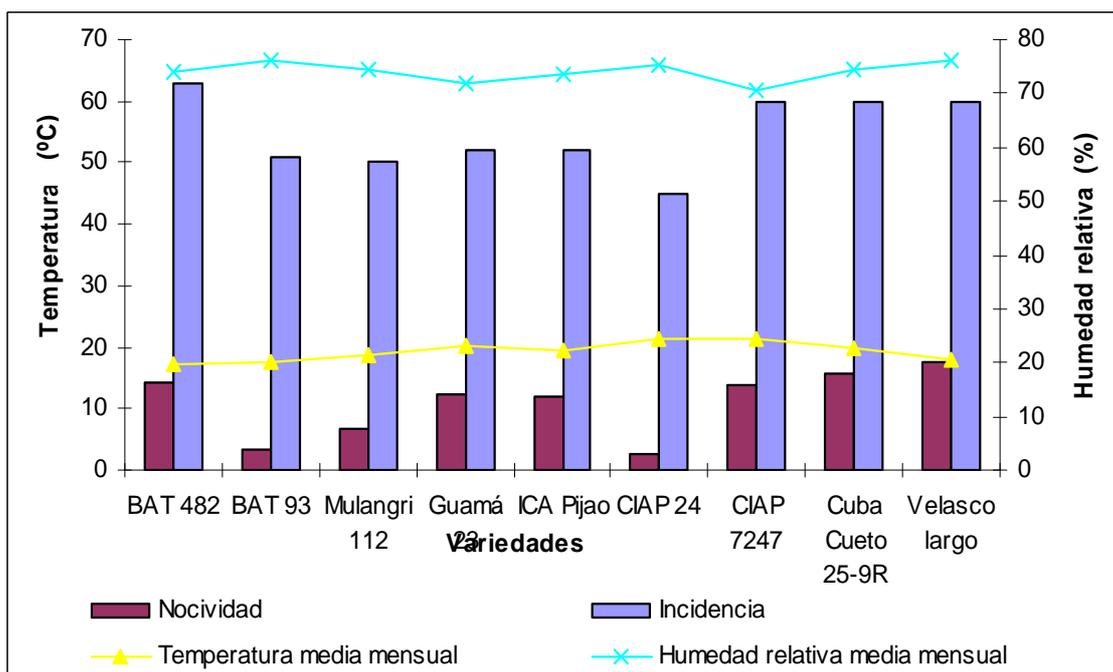


Figura 7. Comportamiento de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y nocividad en las variedades estudiadas en EA Ifrain Alfonso.

La influencia de la temperatura, como fue demostrado por Vargas (1980), provoca un incremento de la severidad de la enfermedad y se han observado pérdidas hasta de un 100 %. Con humedad relativa alta que dan lugar a períodos prolongados de rocío (mas de 10 horas) en la superficie de la hoja favorecen el desarrollo de este agente patógeno por temperaturas moderadamente frescas que van de 14 - 27 . Por esta razón las siembras en noviembre, diciembre y enero son severamente afectadas, (Quintero *et al.*, (2004). Estos resultados coinciden con los obtenidos por González (1988), Pernezny y Kucharek (1993) y Mayea *et al* (1994), quienes encontraron que las condiciones de humedad y temperatura tienen una marcada influencia en la producción y liberación de uredósporas.

5. CONCLUSIONES

1. En la colección de frijol estudiada se determinó diferentes grados de resistencia de las variedades comerciales ante la roya por las dos metodologías empleadas.
2. Se encontró que la metodología del Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT, 1979) es la mas factible para evaluar la resistencia a la roya del frijol.
3. La enfermedad se manifiesta en las diferentes variedades a partir de los 45 días y se incrementa con la edad de la planta.
4. Se encontraron diferencias entre los tratamientos estudiados, en cuanto a la incidencia de la roya en las diferentes variedades. Los cultivares Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247, BAT 482 y Guamá 23 presentaron los mayores valores de intensidad de ataque ante la infección por la roya y la variedad CIAP 24 los menores en su tratamiento con químico y en los tres momentos de la evaluación. Valores intermedios de intensidad presentaron las demás variedades.
5. Valores de temperatura media inferiores a 25°C y humedad relativa media superior a 70% favorecen el proceso de infección en las variedades estudiadas
6. En las variedades Velasco largo, Cuba Cueto 25-9R, CIAP 7247 y BAT 482 se registraron los mayores valores de nocividad de la enfermedad y en el cultivar CIAP 24 el menor valor. El resto de las variedades presentaron valores intermedios.

6. RECOMENDACIONES

1. Continuar los estudios de evaluación de la resistencia a la roya de estas variedades en otras localidades.
2. Utilizar la metodología del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1979) en la evaluación de la resistencia de cultivares comerciales de frijol a la roya común.
3. Considerar la respuesta de resistencia de la variedad CIAP 24 a la infección por este hongo fitopatógeno para un correcto manejo varietal en condiciones de producción.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta J. G.; Pérez H. Patricia. (2001): Situación del cultivo de frijol común en México. Producción e investigación. Programa de frijol INIFAP.
2. Águila A. (1995): Caracterización agronómica de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas. Santa Clara: 557p.
3. Anónimo. (2004): Roya, chahuixtle o herrumbre. Disponible en <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/frejol/roya.html> (Consultado: 13 de mayo de 2010).
4. Araya, C.M., Steadman, J.R.; & Acosta-Gallegos, J. (1996): Pathogenic variability of *Uromyces appendiculatus* on dry edible beans in México. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 39: 150-151.
5. Araya, C.M.; Araya, R. (2000): Avances en la selección de fuentes de resistencia a las principales enfermedades del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 11: 25-29.
6. Araya, C.M. (2003): Coevolución de interacciones hospedante- patógeno en frijol común. Fitopatología Brasileira 28: 221-228.
7. Barba (1979): Metodología unificada para la determinación de la importancia económica de insectos y ácaros dañinos en la ejecución del trabajo científico investigativo de producción. Investigaciones económicas. La Habana. Tomo II.
8. Becerra, E.; López, E.; Acosta, J. (1995): Resistencia genética y control químico de la roya del frijol en el trópico húmedo de México. Agronomía Mesoamericana. 6: 61-67.
9. Beebe, S.E y Pastor-Corrales, M.A. (1991): Breeding for disease resistance. In A. van Schoonhoven & O. Voysest (Eds). Common bean, research for crop improvement. CIAT. Cali, Colombia. 561-618.
10. Beebe, S., Rao. M. I.; Grajales, M. A.; Cajiao, C. (2007): Evaluación de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), desarrolladas para resistencia a sequía en combinación con el gen BC-3 para resistencia a BCMV. LIII Reunión Anual PCCMCA. 53 p.

11. Bernal, A.; Díaz M.; Quintero, E.; Quiñones R.; Ruiz, K. (2004): Reacción de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) frente a la roya. Centro Agrícola. Año 31. No 1-2. enero- junio: 114 p.
12. Bonilla, N. (2000): Producción de semilla de frijol posterior al huracán Mitch en Nicaragua. Agronomía Mesoamericana 11: 1-5.
13. Burdon, J. J.; Silk, J. (1997). Sources and patterns of diversity in plant pathogenic fungi. *Phytopathology*, 87: 664-669.
14. Cabral A.M. (2006): La mejora del frijol en México. Normatividad Agropecuaria. Academia Mexicana de Ciencias.
15. Carrijo, I.V.; Chaves, G.M.; Pereira, A.A. (1980): Reação de vinte e cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* a trinta e nove raças fisiológicas de *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth., em condições de casa-de vegetação. *Fitopatologia Brasileira* 5: 245-255.
16. CIAT. (1979): Vivero Internacional de la roya del frijol. Compilado por A. van Schoonhoven, y M. Pastor-Corrales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali: 56 p.
17. CIAT. (1980). La roya del frijol y su control. Guía de estudio Serie 04 5B-06.06. Cali. Colombia: 5-17.
18. CIAT (1984): Vivero internacional de roya del frijol (IBRN). Resultados 1979-1980. Cali. Colombia: 4-5.
19. CIAT (1987): Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Compilado por A. van Schoonhoven, y M. Pastor-Corrales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia: 56 p.
20. CIAT (1991): Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Compilado por A. van Schoonhoven, y M. Pastor-Corrales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
21. CIAT (2008). Informe Anual Agricultura Eco – Eficiente para reducir la pobreza. Disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org/beans/index.htm>. (Consultado: 20 de mayo de 2010).
22. Ciba- Geigy (1981): Manual para ensayos de campo en protección vegetal. 2^{da} Edición. Suiza. p.11-20.

23. Chailloux, Marisa.; Hernández, G.; Faure, B.; Caballero, R. (1996): Producción de frijol en Cuba: Situación actual y perspectiva inmediata. *Agronomía Mesoamericana*. Costa Rica 7(2): 98-107.
24. Diaz, M.; Carvajal, D.; Yero, M. Yanet; (2001): Delicias 363, una variedad de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) susceptible a la roya (*Uromyces phaseoli* var. *typica*). *Centro Agrícola*. No.4: 95 p.
25. FAO. (2001): FAOSTAT data. USDA Bean Market News.
26. FAO (2008): Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org>. (Consultado: 20 de mayo de 2010).
27. Ferrufino, A., Araya, C.M. (2008): Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central. IICA. Proyecto Red SICTA. COSUDE. Managua: 32. Disponible en: <http://www.redsicta.org>. (Consultado: 12 de marzo de 2009).
28. González, A. Mirta. (1988): Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Editorial Científico-Técnico. La Habana: 152 p.
29. Gonzáles Ávila, Mirta., Castellanos J. (1982). Razas fisiológicas de la roya del frijol (*Uromyces phaseoli* var. *typica*) en Cuba.
30. González, M. (1984): Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Conferencia. Curso de Postgrado. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ciudad de La Habana. Cuba: 2-8.
31. González M.; García E. (1996): Evaluación de la pérdidas por roya en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en diferentes épocas de siembra en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 7(1): 95-98.
32. Harlam, J.R. (1972): Genetics of disaster. *Journal of Environmental Quality* 1: 212-215.
33. Harter, L.; Andrus, C.; Zaumeyer, W. (1935): Studies on bean rust caused by *Uromyces phaseoli* typical on bean. *J. Agric. Res.* 50: 737-759.
34. Hernández, D.T.; González, B.M.; Faure, A.B. (1995): Situación de la Roya del frijol en Cuba. Presentation made at the Bean Rust Workshop held in Zamorano. Honduras.

35. Hernández, J. A.; Ascanio, J. M.; Cabrera, R. A.; Marisol M. (2005): Correlación de la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. INCA. La Habana. Cuba: 47 p.
36. Hernández, J. A.; Ascanio, J. M.; Cabrera, R. A.; Marisol M. (2005): Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. INCA. La Habana. Cuba: 14 p.
37. ITESM (2004): Diagnóstico nacional y estatal sobre problemática y perspectivas de la producción de frijol en los estados de Sinaloa y Zacatecas, FAO-SAGARPA. México: 81 p.
38. Kelly, J.; Stavely, J.; Miklas, P. (1996): Proposed symbols for rust resistance genes. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 39: 25-31.
39. Knudsen, H. (2000): Directorio de colecciones de Germoplasma en América Latina y el Caribe. Primera edición. International Plant Genetic Resources Institute ((IPGRI). Roma. Italia.
40. Lardizábal, R.; Arias, S.; Segura, R. (2008): Producción de frijol. Manual de producción.
41. León, Ileana., Faure, B., Rodríguez, Odile., Benítez, R., Suárez, Yipsy., y Rodríguez, R. (2008): Selección de nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente a las principales enfermedades del cultivo en Cuba. *Fitosanidad* 12(1):27-31.
42. López, E.; Cumplan, J; Becerra, NE.; Villar, B.; Ugalde, FJ.; Acosta, AJ. (2000): Adaptación y rendimiento de la variedad de frijol Negro Medellín en el sureste de México. *Agronomía Mesoamericana* 11: 47-52
43. López, E.; Becerra, E .N.; Cano, O.; López, V. (2002): Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Revista mexicana de fitopatología*. Julio-diciembre. vol. 20. (2):193-199.

44. Llanes, Ramona. (2005): Caracterización morfoagronómica y fisiológica del banco de germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del CIAP. Trabajo de diploma: 77 p.
45. Manso, F.; Fontes, L. F (2010). Cuba acelera cultivo de frijoles para reducir importaciones. Disponible en <http://www.cadenagramonte.cu/index>. (Consultado: 11 de Mayo de 2011).
46. Martínez, E.; Barrios, G.; Rovesti, L.; Santos, R.(2007): Manejo integrado de plagas. Manual Práctico. Proyecto Biopreparados. CNVS. La Habana. Cuba: 529 p.
47. Mayea, S.; Herrera, L.; Andreu, C. M. (1994): Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: 425p.
48. MINAGRI. (2010a): Listado oficial de variedades comerciales. Subdirección de certificación de semilla.CENSA.Cuba.41 p.
49. MINAGRI. (2010b): Instructivo Técnico del cultivo del frijol.15 p.
50. Morales, F J. (2000): El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira. Colombia.
51. Muñiz, C.H. (1995): Entrevista. Ciencia. Innovación y Desarrollo. La Habana. Cuba 1(1): 35 p.
52. ONE. (2010). Anuario Estadístico de Cuba 2009. Edición 2010. Disponible en http://www.one.cu/acc_2009/esp/09. (Consultado: 6 de Mayo de 2011).
53. Pérez, C. Y (2010): Evaluación de la resistencia a la roya (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint var. *typica* Arth.) en variedades comerciales de frijol común. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara. Cuba
54. Pernezny,K and Kucharek,T (1993):Rust diseases of Several Legumes and Corn in Florida. University of Florida.
55. Piura, J. (2006): Metodología de la Investigación Científica. Un enfoque integrador. 1ra ed. Managua: PAVSA: 254 p.
56. Quintero E. (1998): Manejo de la diversidad varietal en la conducción agrotécnica del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). II Congreso sobre

- Agricultura Orgánica y III Taller sobre Extensión Rural y Desarrollo Sostenible (AGRONAT '98). Cienfuegos. Cuba.
57. Quintero F. E. (2000): Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Santa Clara: 28 p.
58. Quintero, E.; Gil V.; Guzmán, L., Saucedo; O. (2004): Banco de germoplasma de frijol del CIAP fuente de resistencia a la roya. Centro Agrícola, 4 jul-dic. Año 31, No 3.
59. Quintero, E.; Pérez, C.; Andreu, C.; Martín, D.; Saucedo, O.; Álvarez, U.; Martínez, Z.; Rivero, A.; Rojas, J.; Díaz, M.; Hernández, C.A. (2001): Manejo sostenible del cultivo del frijol. Resultados de investigaciones. Centro Agrícola. . Workshop. Cuba-Bélgica. Santa Clara. No.4, año 28, oct-dic: 79-80.
60. Reyes, E.; Padilla, Luz Evelia.; Pérez, O., López, P. (2008): Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del fríjol. Revista Investigación Científica, Vol. 4, No. 3, Nueva época, septiembre–diciembre 2008. ISSN 1870–8196: 17 p.
61. Rios, H. (2003). Farmer participation and access to agricultural biodiversity. Responses to plant breeding limitation in Cuba. En: CIP-UPWARD. Conservation and sustainable use of agricultural biodiversity: A source book. International Potato Center- Users' perspectives with agricultural research and development. Los Baños. Laguna. Filipinas: 382-387.
62. Rodrigo, M, Paula, A. (2000): Caracterización morfoagronómica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Doctorado. Universidad de Santiago de Compostela, 251 p.
63. Ruiz, K. (2004): Comportamiento de variedades de frijol común frente a la roya del frijol (*Uromyces phaseoli var. typica*). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santa Clara: 45 p.
64. Saladin, F.; Arnaud, E.; NIN, J; Godoy, J; Beaver.; Coyne, D.; Stedman, J. (2000): Registration of PC-50 red mottled bean. Crop Sci, 40: 858.
65. Socorro Q., M.; Martín F., D. (1989): Granos. Pueblo y Educación. La Habana.: 318 p.
66. Stavely, J.; Pastor, M. (1989): Rust. In: H. F. Schwartz and Pastor-Corrales, M. A. (eds). Bean Production Problems in the Tropics. CIAT. Cali. Colombia.

67. Stavelly, J.R.; Pastor-Corrales, M.A. (1994): Roya. Problemas de producción de frijol en los trópicos. 2da. edic. CIAT, Cali. Colombia: 185-225.
68. Stavelly, J.R. (1998): Recombination of two dominant rust resistance genes that are linked in repulsion. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 41: 17-18.
69. Stavelly, J.R. (1999): Bean rust in the United States in 1998. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 42: 35-36.
70. Stavelly, J.R. (2000): Pyramiding rust and viral resistance genes using traditional and marker techniques in common bean. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 43: 1-4.
71. Steadman, J.; Godoy-Lutz, G.; Rosas, J.C.; Beaver, J. (2002): Uso de un vivero móvil para obtener patrones de virulencia de la roya del frijol común. Agronomía mesoamericana 13(1): 37-39.
72. Townsend, G.R.; Heuberguer, W. (1943): Method for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. Plant Diseases Report. 27 (17):340-343.
73. Vargas, E. (1980): La roya en: Problemas de producción de frijol. H. F. Schwartz y E. G. Galvez (eds.). CIAT. Cali. Colombia: 19-36.
74. Vargas P.V.; Alvarado S.M.; Muruanga J.M.; Guillen H.A.; Ortega J.A.; Montero V.T.; Acosta J.G.; Azpiroz R. Hilda. (2000): Evaluación de la resistencia de la roya (*Uromyces appendiculatus*) en poblaciones silvestres y cultivadas de frijol, mediante el empleo de marcadores genéticos moleculares. Informe final del proyecto G027.
75. Velásquez, J.A.; Paula A. Giraldo. (2005). Informe de avance. Posibilidades competitivas de productos prioritarios de antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales de fríjol.
76. Viñals, María.; Ortiz, R.; Ponce, M.; Ríos, H.; (2002): Análisis de la diversidad fenotípica de variedades de frijol (*P. vulgaris* L.) utilizadas por los campesinos en la comunidad "La Palma" en Pinar del Río. Cultivos Tropicales, vol. 23 (1): 15-19.

77. Voysest, O. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Legado de variedades de América Latina. 1930 – 1999. CIAT. Cali. Colombia.
78. Yero, Y. (1998): Caracterización de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para una agricultura de bajos insumos. Tesis en Opción al Título de Master en Agricultura Sostenible. Universidad Central de las Villas: 98 p .
79. Yero, Yanet.; Marín, L.; Paret, E.; Díaz, M. (2005): Caracterización de variedades de frijol común de grano blanco para el desarrollo agrícola de una finca agroecológica. Centro Agrícola. abril-junio, No 32. Vol. 2: 65-68.
80. Young, R. A.; Kelly, J.D. (1997): RADP markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. *Crop Science* 37: 946.

8. ANEXOS

Anexo 1.

Metodología de evaluación de la Roya del frijol. CIAT (1979): Vivero Internacional de Roya del Frijol. Cali, Colombia, 19pp.

Clasificación de la reacción de la planta determinada por las observaciones de campo del tipo e intensidad de la infección de la roya.

En la evaluación de las introducciones por resistencia a la roya a los 30 y 45 días después de la siembra se consideran dos criterios:

- a) La intensidad de la infección, expresada como el porcentaje del área foliar cubierta por manchas necróticas o pústulas esporulantes; y
 - b) El tipo de pústula, con 5 clases de desarrollo.
1. Incidencia (% de infección)
 2. Característica de la pústula (tipo)

Escala evaluativa

Grado	Descripción
1	0 % de Afectación del área foliar.
2	5 % de Afectación del área foliar.
3	10 % de Afectación del área foliar.
4	50 % de Afectación del área foliar.
5	> 50 % de Afectación del área foliar.

Tipos de pústulas

Tipo	Descripción
1	Inmune. Sin evidencias de infección.
2	Resistente. Manchas necróticas sin esporulación.
3	Moderadamente resistente. Con pústulas formadas, pero con un diámetro menor de 300 micras
4	Moderadamente susceptible. Pústulas formadas con un diámetro de 300-500 micras
5	Susceptible. Pústulas formadas con un diámetro > 500 micras y frecuentemente rodeadas por halo cloróticos.

A la hora de promediar los tipos de pústulas encontrados en los diferentes momentos de evaluación, poner el mayor valor.

Los % de Infección se deben promediar, pero los números llevados a decimales.

Inmune (1 – 0 %)**Resistentes**

2 – 1 %
3 – 1 %
2 – 5 %
3 – 5 %
2 – 10 %
3 – 10 %
2 – 30 %
2 – 40 %
2 – 65 %
2 – 100 %

Intermedio

4 – 1 %
5 – 1 %
4-5 %
5-5 %
4-10 %
5-10 %
3-30 %
4-30 %
3-40%
4-40%

Susceptible

5 – 30 %
5 – 40 %
3 – 65 %
4 – 65 %
5 – 65 %
3 – 100 %
4 – 100 %
5 – 100 %

Anexo 2.

Metodología de evaluación de la Roya del frijol.
CIAT (1987): Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de Frijol. Cali, Colombia, 55pp.

Escala 1

- 1 Altamente resistente:** Ausencia a simple vista, de pústulas de roya (inmune)
- 3 Resistente:** Presencia, en la mayoría de las plantas, de solo unas pocas pústulas, por lo regular pequeñas, que cubren aproximadamente el 2 % del area foliar.
- 5 Intermedia:** Presencia, en todas las plantas, de pústulas generalmente pequeñas o intermedias que cubren aproximadamente el 5 % del area foliar.
- 7 Susceptible:** Presencia de pústulas generalmente grandes y rodeadas, con frecuencia, de halos cloróticos que cubren aproximadamente el 10 % del area foliar.
- 9 Altamente susceptible:** Presencia de pústulas grandes y muy grandes, con halos cloróticos los cuales cubren mas del 25 % del tejido foliar y causan defoliación prematura.

Escala 2

Tipo de pústula: Se utilizan 6 grados para clasificar la reacción de la planta de frijol (tipo de pústula) al patógeno de la roya.

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad
2. Manchas necróticas sin esporulación.
3. Pústulas con esporulación de menos de 300 micras de diámetro.
4. Pústulas con esporulación de 300 a 500 micras de diámetro, a veces rodeadas por halos cloróticos.
5. Pústulas con esporulación de 500 a 800 micras de diámetro, frecuentemente rodeadas por halos cloróticos.
6. Pústulas con esporulación > 800 micras de diámetro, rodeadas por halos cloróticos.

Inmune 1 (1 – 0 %)

Resistentes 3

2 – 1 %	3 – 5 %
2 – 5 %	3 – 10 %
2 – 10 %	3 – 15 %
2 – 15 %	4 – 1 %
2 – 30 %	4 – 5 %
2 – 40 %	5 – 1 %
2 – 65 %	5 – 5 %
2 – 100 %	6 – 1 %
3 – 1 %	6 – 5 %

Intermedio 5

4 – 10 %
4 – 15 %
4 – 20 %
4 – 30 %
4 – 40 %
4 – 65 %
5 – 10 %
6 – 10 %

Susceptible 7

5 – 15 %
5 – 20 %
5 – 30 %
5 – 40 %
5 – 65 %
5 – 70 %
6 – 15 %
6 – 20 %
6 – 30 %
6 – 40 %
6 – 65 %
6 – 70 %

Muy susceptible

4 - 100 %
5 - 100%
6 - 100%