

Alternativas de control a la roya del frijol
(*Uromyces phaseoli* (Pers) Wint. var. *typica* Arth)



Colectivo de Autores

Edición: José Angel Morejón Sardiñas
Corrección: Fernando Gutiérrez Ortega
Diagramación: Roberto Suárez Yera

Alexander Bernal Cabrera, Orlando Saucedo Castillo, Edilio Quintero Fernández, 2012
Editorial Feijóo, 2012

ISBN: 978-959-250-831-6



EDITORIAL
Feijóo

Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830

RESUMEN

Se exponen de manera sintética algunos de los aspectos más interesantes relacionados con la roya común del frijol y su agente causal, con especial énfasis en aquellos que tratan sobre la variabilidad genética en poblaciones de *U. phaseoli*, las metodologías utilizadas para la evaluación de resistencia a la roya común y el empleo de extractos vegetales como medida alternativa de control. Además, resultados obtenidos por los autores en la temática durante más de cinco años de experimentación en diferentes agroecosistemas agrícolas y cultivares de frijol son igualmente debatidos, haciendo énfasis en la novedad que tendrán los mismos para el lector ya que ha sido este último aspecto muy poco tratado por la ciencia en relación con tan importante enfermedad fúngica del frijol. Finalmente se brindan recomendaciones prácticas para el manejo del agente causal, tales como el manejo varietal y empleo de extractos acuosos de plantas con actividad antifúngica.

INDICE	Contenido	Pág.
1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	DESARROLLO	8
2.1	Generalidades del cultivo del frijol común.....	8
2.1.2	La roya del frijol.....	9
2.1.2.1	Distribución geográfica e importancia económica.....	9
2.1.3	Agente causal	11
2.1.3.1	Principales características taxonómicas y morfofisiológicas de <i>U. phaseoli</i> var. <i>typica</i>	11
2.1.3.2	Variabilidad genética en poblaciones de <i>U. phaseoli</i>	12
2.1.4	Sintomatología.....	14
2.1.5	Epifitología.....	15
2.1.6	Metodologías utilizadas para la evaluación de resistencia a la Roya común	16
2.1.7	Medidas de control.....	17
2.1.7.1	Medidas culturales.....	17
2.1.7.2	Lucha genética.....	17
2.1.7.3	Lucha química.....	19
2.1.7.4	Extractos vegetales	19
2.1.7.4.1	Generalidades sobre el tulipán africano (<i>Spathodea campanulata</i>)	21
2.1.7.4.2	Generalidades sobre la majagua (<i>Hibiscus elatus</i>)	23
2.1.7.4.3	Generalidades sobre el marpacífico (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	24
2.2	PROCEDIMIENTOS	25
2.2.1	Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a <i>Uromyces phaseoli</i> var. <i>typica</i> utilizando dos metodologías.....	25
2.2.2	Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol	28

2.2.3	Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.	28
2.2.4	Tamizaje fitoquímico.....	28
2.2.5	Influencia de los tratamientos sobre las variables cuantitativas de la enfermedad en condiciones de campo.	29
2.3	RESULTADOS	32
2.3.1	Evaluación de la resistencia de variedades comerciales de frijol a <i>Uromyces phaseoli</i> var. <i>typica</i> utilizando las dos metodologías.....	32
2.3.2	Influencia del tratamiento químico sobre la incidencia de la roya en variedades de frijol	41
2.3.3	Influencia de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y la nocividad de la roya en las variedades estudiadas.	48
2.3.4	Tamizaje fitoquímico.....	49
2.3.5	Influencia de los tratamientos sobre las variables cuantitativas de la enfermedad en condiciones de campo.	52
3.	CONCLUSIONES	57
4.	RECOMENDACIONES	58
5.	BIBLIOGRAFÍA	59
	ANEXOS	68

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano de mayor consumo en el mundo, y 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. Esta leguminosa se considera la segunda fuente de proteínas en África oriental y del sur y la cuarta en América tropical (Velásquez y Giraldo, 2005; Paredes *et al.*, 2006; León *et al.*, 2008). Su mayor área de producción se concentra en América Latina, donde se localiza cerca del 45 % de la producción mundial y representa además, la región de mayor consumo del grano (Morales, 2000).

Los diferentes estudios realizados demuestran la enorme importancia de la leguminosa en razón de su alto valor nutricional y las cualidades saludables de quienes la 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).

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 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.

En Cuba durante el año 2010 se sembraron 112, 702 ha del cultivo, alcanzándose una producción de 80, 400 t y un rendimiento promedio de 0,71 t.ha⁻¹ (ONE, 2011).

La producción nacional alcanza solo el 3 % de las necesidades del consumo, según estadísticas de venta al estado, por lo que es necesario importar alrededor de 110 000 t por año (Faure, 2010). Esto está dado por la presencia de diferentes factores que limitan su producción, dentro de los cuales tienen gran importancia los factores bióticos.

La roya común (*Uromyces phaseoli* (Pers) Wint. var. *typica*) es considerada como la principal enfermedad fúngica foliar del frijol en nuestro país, estando distribuida su incidencia en todo el territorio nacional (Socorro y Martín, 1989). 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 (Martínez *et al.*, 2007).

La práctica agrícola ha demostrado que el productor debe contar con más de una variedad en cada cultivo, lo cual condiciona la necesidad de tener una estructura varietal por especie 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; Yero, 1998).

El uso inadecuado de productos fungicidas y sus consecuencias negativas en el ambiente hacen necesario la búsqueda de alternativas que ayuden al manejo y control de enfermedades de los cultivos. Por otra parte, el auge que está tomando la agricultura ecológica implica que debe existir la tecnología para que a nivel de finca se elaboren productos fungicidas estabilizados o bien que en el mercado exista oferta de productos a base de principios orgánicos.

El empleo de extractos vegetales para el control de plagas y enfermedades en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisorio, por su elevada efectividad, bajo costo y ser menos contaminantes al ambiente. Estos bioproductos se caracterizan por la presencia de determinados compuestos de origen natural, los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas y por lo tanto es necesario evaluar la presencia de metabolitos secundarios específicos, que le confieran a la planta en estudio, actividad fungicida (Martínez *et al.*, 2005).

Por esta razón, los objetivos de este trabajo están encaminados a evaluar la respuesta varietal del frijol ante la roya al emplear dos metodologías diferentes de evaluación, determinar la influencia de los factores abióticos (temperatura y humedad relativa) sobre la incidencia y nocividad de la enfermedad, así como evaluar diferentes extractos de plantas en el control fitosanitario de la roya.

2. DESARROLLO

2.1 Generalidades del cultivo del frijol común

Dentro del grupo de las especies leguminosas, el frijol común es una de las más importantes. Es originario de América, y México ha sido señalado como el más probable centro de origen, o al menos, como el centro de diversificación primaria (Vargas *et al.*, 2000).

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 concentró 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 $0,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (ONE, 2011).

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 del frijol para Africa al sur del Sahara. Los estudios analizaron el impacto de nuevas tecnologías del frijol en los hogares, extrapolaron los resultados que proporcionaron mediciones 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 Índice de Desarrollo Humano (IDH) se están logrando en los países con alta producción anual de frijol, aumento en el área sembrada e incrementos en el rendimiento (CIAT, 2008).

2.1.2 La roya del frijol

2.1.2.1 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 fúngica del frijol en nuestro país, estando distribuida su incidencia en todo el territorio nacional (Socorro y Martín, 1989).

En México 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 epifítica 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 Ávila (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 día un mejor lugar (Chailloux *et al.*, 1996).

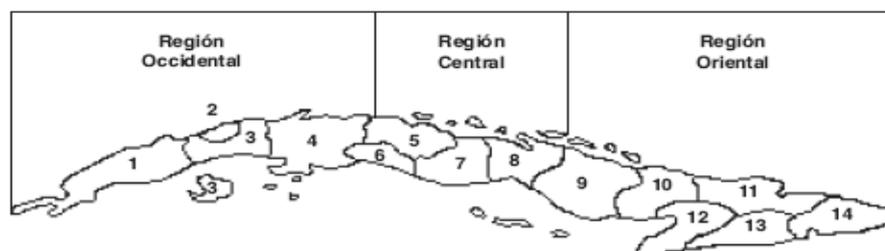


Figura 1. Distribución de las áreas de frijol. Cuba

- | | |
|-----------------------------------|----------------------|
| 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. Holguin |
| 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 prevaleciente 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).

2.1.3 Agente causal

2.1.3.1 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 teleutósporas, 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 y García, 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).

2.1.3.2 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 variables 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 epifíticos, 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 y Kelly, 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 y Araya., 2000).

2.1.4 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 de la 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 sobre las hojas del frijol 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).

2.1.5 Epifitiología

La roya del frijol constituye una fuente de epifitias 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 phaseoli* 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 fructífero 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 h) 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 uredósporas. También pueden ser diseminadas por el hombre, los animales y las herramientas agrícolas. El viento al diseminar las uredósporas 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 uredósporas 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 teleutósporas. 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 *et al.*, 2004).

2.1.6 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 por ciento 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).

2.1.7 Medidas de control

2.1.7.1 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.

2.1.7.2 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 *et al.* (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, Turialba-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 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).

2.1.7.3 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).

2.1.7.4 Utilización de extractos vegetales

Por más de seis décadas el uso de productos químicos ha sido la principal estrategia para reducir las enfermedades y plagas en plantas. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos ha provocado dos grandes problemas: el incremento de residuos químicos potencialmente tóxicos al humano y la proliferación de fitopatógenos resistentes.

Los problemas anteriormente citados y el aumento del costo de los productos químicos, provocan una tendencia global a reducir su uso. Esto ha intensificado la búsqueda de

alternativas de origen natural que sean económicas, efectivas y menos dañinas al ambiente y la salud humana, de manera que se han reportado estudios que demuestran los efectos antifúngicos, antibacteriales, nematocidas e insecticidas de extractos de diversas plantas (Vázquez y Álvarez, 2011).

El uso inadecuado de productos fungicidas y sus consecuencias negativas en el ambiente hacen necesario la búsqueda de alternativas que ayuden al manejo y control de enfermedades de los cultivos.

La utilización de extractos vegetales es una práctica muy antigua que el hombre en el transcurso de su historia antagónica, de su propio medio natural, conoció la existencia de dichas plantas y la usó para curar y prevenir los daños ocasionados por plagas y enfermedades. El propio desarrollo de la Revolución Científico-Técnica en la rama de la Agricultura, el deterioro Medio Ambiental, la aparición de nuevas plagas y la gran demanda de alimentación a nivel global, hizo que el hombre buscara otras formas de controlar o combatir a los organismos nocivos que causaban afectaciones económicas en los cultivos, perdiendo la creencia del uso y aplicación de los extractos de plantas venenosas (Alarcón, 2008).

El empleo de extractos vegetales para el control de plagas y enfermedades en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisorio, por su elevada efectividad, bajo costo y ser menos contaminantes del ambiente. Estos bioproductos se caracterizan por la presencia de determinados compuestos de origen natural, los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas y por lo tanto es necesario evaluar la presencia de metabolitos secundarios específicos, que le confieran a la planta en estudio, actividad fungicida (Martínez *et al.*, 2005).

Según Bonilla (2011) los extractos de plantas tienen las siguientes ventajas:

- Por ser biodegradables no producen desequilibrios en el ecosistema, al ser de origen vegetal estos bioplaguicidas provocan un impacto mínimo sobre la fauna benéfica, son efectivos contra enfermedades y no tienen restricciones toxicológicas.
- Son conocidos por el agricultor ya que generalmente se encuentran en su medio.
- La mayoría de los extractos tiene diversos usos, como lo es el caso de aquellos empleados por sus propiedades terapéuticas y efectos repelentes, entre otros.
- Su rápida degradación disminuye el riesgo residual en los alimentos.
- Algunos pueden ser usados poco tiempo ante de la cosecha.
- Muchos de estos compuestos no causan fototoxicidad.

Para el control de bacterias de los géneros *Xanthomonas axonopodis pv manihotis*, causante del Añublo bacterial de la yuca y *Erwinia* spp., causante de pudriciones blandas, se realizaron ensayos *in vitro* probando extractos acuosos de malojillo, verdolaga, Neem, manzanilla, orégano. Se observó un control efectivo de los dos patógenos evaluados con los extractos de manzanilla y malojillo. Además, se evaluaron los extractos de algodoncillo (*Sida sharpiana*) obteniéndose excelente control. Otros extractos acuosos evaluados fueron los de Neem, cariaquito, eucalipto y la mezcla de chaparro con merey, en la inhibición del crecimiento micelial y esporulación del hongo *Pestalotia* sp., encontrándose los mejores resultados con el extracto de Neem, con una respuesta óptima de la inhibición de la esporulación (90 %) seguido por la mezcla de chaparro con merey, dando como resultado un 80 % de inhibición del crecimiento micelial del hongo (Gamboa, 1998).

Evitar la proliferación de enfermedades fúngicas sigue siendo una ardua tarea para el siglo XXI, es por ello que continúa el desarrollo de nuevos antifúngicos cada vez más potentes. En la síntesis de estos fármacos es muy importante tener en cuenta la relación de su estructura-función, pues sobre la base de ellos se garantiza la muerte del hongo sin provocar graves daños al organismo hospedante (Gregori, 2005).

Se han probado un total de 206 especies de plantas contra la actividad de 26 especies de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de germinación de esporas, desarrollo micelial, esporulación y pruebas de invernadero y campo en algunos casos. La formulación de productos vegetales utilizados han sido extractos acuosos y hexánicos, polvos, aceites esenciales y metabolitos secundarios antifúngicos. Los resultados han indicado que entre 32 y 51 % de las plantas probadas interactúan con los hongos y la respuesta de los patógenos varía desde la estimulación biológica hasta su total inhibición. Se han logrado resultados promisorios en campo con extractos acuosos contra la roya del frijol (*Uromyces phaseoli*) con incrementos en producción de 38 a más del 200 %.

Se considera que la diversidad de interacciones planta-patógeno, dificultan el establecimiento de una metodología estándar para probar productos vegetales contra hongos, pero los resultados en campo abren perspectivas para su validación y registro (Montes *et al.*, 2000).

2.1.7.4.1 Generalidades sobre el tulipán africano (*Spathodea campanulata* Beauv.)

Spathodea campanulata Beauv., conocido comúnmente como tulipán africano, *african tulip tree* o *fountain tree*, ha sido plantado a través de la zona tropical húmeda por sus

flores rojo-naranja de gran tamaño. La madera de este árbol de rápido crecimiento es liviana y poco usada.

El tulipán africano obtiene su mejor desarrollo en las margas fértiles, profundas y bien drenadas, pero la especie no es particularmente exigente en cuanto a sitios. La textura del suelo puede variar entre arenas margosas hasta arcillas, el pH puede fluctuar entre 4.5 y 8.0, y el drenaje del suelo puede variar desde un tanto pobre hasta un drenaje excesivo. Los árboles de tulipán africano colonizan incluso los sitios intensamente erosionados. Sin embargo, tanto la forma como la tasa de crecimiento sufren de manera considerable en los sitios difíciles. La posición en cuevas no parece ser un factor limitante. La especie crece desde casi el nivel del mar hasta una elevación de 1,200 m (Francis, 1999; Lowe *et al.*, 2000).



Figura 3. Inflorescencia del Tulipán africano (*Spathodea campanulata* Beauv.)

En Cuba, específicamente en el cultivo del cafeto Álvarez y Martínez (2000) reportó un grupo de especies escapadas de cultivo con gran poder de invasión, por lo que potencialmente pueden convertirse en especies invasoras de estos ecosistemas. Dentro de este grupo se encuentra la especie *Spathodea campanulata* Beauv de la familia Bignoniaceae. Esta especie fue introducida como ornamental, a principios del siglo pasado, del África tropical, para decorar parques y jardines de la Isla por sus vistosas flores rojas visibles a gran distancia. Esta especie, a pesar de ser una planta introducida, se ha adaptado bien a nuestras condiciones y se encuentra muy difundida en Cuba, fundamentalmente en el macizo montañoso Guamuhaya, donde se le conoce comúnmente con el nombre de Cedro de la India o Espatodea.

En muchos lugares de dicha localidad crece de forma espontánea, pudiendo encontrarse ejemplares de distintas edades, formando grupos más o menos numerosos que aparecen fundamentalmente en los bordes de los montes que colindan con las plantaciones de cafeto, y en muchas ocasiones llegan a penetrar en los mismos, constituyendo una posible planta hospedante de plagas y enfermedades para diversos cultivos económicos (Díaz *et al.*, 2009).

2.1.7.4.2 Generalidades sobre la majagua (*Hibiscus elatus* S.W)

Hibiscus, género de plantas de la familia de las Malváceas. Son nativas de las regiones cálidas y templadas del hemisferio norte. La flor del hibisco se caracteriza por el cáliz de cinco puntas, rodeado por un grupo de brácteas coloreadas que crecen justo por debajo de él y dan la impresión de que el cáliz es doble. La flor es grande y vistosa, pentapétala, con una columna de estambres soldados, anteras reniformes y varios pistilos. El fruto es una cápsula en forma de vaina, con cinco lóculos o cavidades y numerosas semillas.



Figura 4. Inflorescencia de la majagua (*Hibiscus elatus* S.W)

Las variedades cultivadas forman flores abiertas, campaniformes, con colores que varían desde blanco hasta púrpura pasando por amarillo, rosa y rojo. Muchas especies del género, como la majagua, el líber de Cuba y otra de flores color amarillo y rojo púrpura, tienen importancia económica; de este árbol se extraen fibras y la madera de la última de ellas es apreciada en ebanistería.

En la actualidad, conocer la composición química general de una droga es un hecho rutinario que se apoya en técnicas de tamizaje que conjugan la economía y la rapidez, con la seguridad de los resultados a obtener, resultados que aunque no son concluyentes, orientan en el aislamiento de los posibles principios activos, de acuerdo al uso o efecto farmacológico descrito o demostrado para la droga. El efecto biológico de las drogas vegetales utilizadas con fines medicinales depende de su composición química y ésta, de su metabolismo o capacidad biosintética. Una de estas especies ampliamente utilizada con estos fines es *Hibiscus elatus* (González, 2000).

Para concluir con los ensayos de tamizaje fitoquímico, se realizó un extracto acuoso sobre el mismo material vegetal extraído anteriormente con éter y con alcohol, corroborándose los resultados positivos para los ensayos de cloruro férrico, Fehling, Shinoda, mucílagos y principios amargos y/o astringentes

Teniendo en cuenta el conjunto de las evaluaciones realizadas, se puede resumir que de acuerdo a las técnicas aplicadas para la droga, puede inferirse la posible presencia de los siguientes grupos de productos naturales:

- Triterpenos y/o esteroides.
- Grasas y/o aceites esenciales.
- Compuestos reductores.
- Taninos y/o fenoles.
- Aminoácidos.
- Flavonoides.
- Antocianidinas.
- Mucílagos.
- Principios amargos y/o astringentes.

La especie *Hibiscus elatus*, conocida como majagua, tiene reportado distintos usos en medicina tradicional. Sus flores en Cuba se utilizan por sus propiedades expectorantes, las que se comercializan como jarabe. Teniendo en cuenta la necesidad de conocer la composición química de los extractos que se emplean como medicamentos, unido a la carencia de estudios fitoquímicos sobre la especie y a la posibilidad de establecer nuevos usos farmacológicos a partir del conocimiento de los compuestos químicos presentes, se han realizado estudios fitoquímico de esta especie.

El tamizaje fitoquímico sugiere que en la composición general de las flores de *Hibiscus elatus* existen mucílagos, sustancias reductoras, antocianidinas, taninos y flavonoides. Las flores de *Hibiscus elatus* presentan en su composición gossypitrina, quercetina y rutina (Márquez *et al.*, 1999).

2.1.7.4.3 Generalidades sobre el marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)

Originaria de China, se cultiva en todo el mundo. Pequeño árbol de hoja caduca, de tallos fuertes y hojas ovaladas y dentadas. Las flores, de hasta 15 cm de diámetro son de colores rojo, rosa o blanco (también hay una variedad amarilla) y tienen una columna de estigmas y estambres muy larga.



Figura 5. Inflorescencia del marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)

Tiene cinco grandes pétalos y largo cáliz, que le da apariencia "de trompeta". El fruto, "gombo", es una cápsula pentagonal que contiene semillas del tamaño de lentejas, tiene como componentes activos los aceites y resinas.

En estudios químicos que se realizan a un extracto apolar de las flores de los *Hibiscus*, el existe cierta coincidencia, en lo referido a grupos de compuestos identificados, con extractos apolares de hojas de *Hibiscus rosa-sinensis*, en los que se detectaron igualmente AG (C8:0 - C28:0), predominando: C8:0, C12:0, C14:0, C16:0 y C18:2, alcoholes grasos (C21- C30), resultando mayoritarios: C26 OH, iso-C28 e iso-C30; así como hidrocarburos (C16 - C32), prevaleciendo: C23, C25, C27 y C31; sin embargo, no se reportaron los esteroides (Marrero *et al.*, 2011).

2.2 PROCEDIMIENTOS

2.2.1 Evaluación de la respuesta varietal del frijol a *Uromyces phaseoli* var. *typica* utilizando dos metodologías

Se estudió la respuesta de 25 variedades de frijol común, registradas en la lista oficial de variedades comerciales (MINAGRI, 2010) (Tabla 1), a la infección por *Uromyces phaseoli* var. *typica* en la época tardía (Enero-Febrero), según Quintero (2000). Los experimentos se desarrollaron 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 Ifraín Alfonso, en el período comprendido entre enero-abril de los años 2009 y 2010 respectivamente, sobre un suelo Pardo mullido (Hernández *et al.*, 1999).

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 el día 13 de enero. Las atenciones culturales consistieron en labores de control mecánico

de malezas y tres riegos por aspersión. No se aplicó fertilización con productos químicos y la infección se produjo de forma natural en el campo. El inicio de los síntomas coincidió con la etapa fenológica de floración, la cual vario para cada variedad.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones, en parcelas de cuatro sucos de 0,45 m y 4 m de largo, con un área de 7,2 m².

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
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

Los muestreos se realizaron semanalmente en 15 plantas tomadas al azar de los dos surcos centrales de cada variedad hasta el llenado de las vainas. Estas consistieron en la determinación de la intensidad de la infección, expresada como el porcentaje del área foliar cubierta por manchas necróticas o pústulas esporulantes, el cual se calculó mediante la fórmula de Townsend y Heuberger (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 en una muestra de 10 plantas/variedad. Las mediciones de las uredosporas se realizaron 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.

Procesamientos Estadísticos

Se aplicó un agrupamiento en Clusters y se incluyó 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.

2.2.2 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 de 7 días, en el caso del preventivo, hasta la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad y de 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) (Anexo 1).

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.

2.2.3 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).

2.2.4 Tamizaje fitoquímico

Colecta y preparación del material vegetal

El material vegetal fue colectado en áreas del *campus* universitario de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, provincia de Villa Clara en la fase fenológica de floración y/o fructificación, creciendo sobre un suelo pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al.*, 1999), entre las 9:00-11:00 am en el periodo de noviembre a diciembre de 2011.

De las plantas colectadas se utilizaron las flores frescas (Tabla 2). El proceso de secado tardó 72 horas en condiciones naturales y un ligero secado a 35°C en estufa Mermmet durante 24 horas.

Tabla 2. Especies botánicas empleadas como fuente de los extractos evaluados

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia
Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.),	Bignoniaceae
Majagua	<i>Hibiscus elatus</i> S.w	Malvaceae
Marpacífico	<i>Hibiscus rosa sinensis</i> L.	Malvaceae

Posteriormente dichas muestras se molinaron mecánicamente, hasta obtener partículas de 0,5 mm de diámetro según la metodología de Macías *et al.* (2005).

El tamizaje fitoquímico se hizo según las técnicas reportadas en la literatura científica (Harborne, 1998; Lock de Ugaz, 1998; Miranda y Cuellar, 2000, 2001) (Anexo 2).

2.2.5 Influencia de los tratamientos sobre las variables cuantitativas de la enfermedad en condiciones de campo

Se estudió el efecto de la aplicación de los extractos acuosos al 5 % sobre la enfermedad roya del frijol en la variedad Güira-89 (MINAGRI, 2010).

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Para ello, se montaron parcelas cuyas dimensiones fueron:

Largo: 4,0 m

Ancho: 2.8 m

Área total: 11,2 m²

La distancia de siembra utilizada fue de 0.45 m x 0.07 m

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.

Fecha de siembra. 4 de enero de 2012.

Las atenciones culturales consistieron en labores de control mecánico de malezas. Se aplicaron durante todo el ciclo del cultivo dos aplicaciones de Fitomas E y un tratamiento foliar de Urea 46 % N. Se aplicaron diez riegos a un intervalo de 7 días.

Tratamientos:

- 1- Majagua (*Hibiscus elatus*)
- 2- Tulipán africano (*Spathodea campanulata*)
- 3- Marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis*)
- 4- Control estándar (Orius 25 % CE) a dosis de 1mL/L de PC
- 5- Control sin extracto

Para la preparación de los extractos se tomaron 50 g del material seco y molido de cada una de las especies de plantas especificadas (Tabla 1) y se le adicionaron 1000 mL de agua a cada una de estas. Luego las soluciones acuosas obtenidas fueron filtradas a través de una gasa. Una vez filtrado cada extracto fue aplicado con una mochila manual “Guarany” de 16 L de capacidad por el haz y envés de las hojas de las plantas. Se hizo una aplicación por semana, la primera a los 32 días de edad (floración) y la última a los 67 días. Todas las aplicaciones se efectuaron en horas de la tarde y después de cada riego.

En cada uno de los tratamientos, a partir del inicio de los síntomas y con una frecuencia quincenal, se efectuaron las siguientes evaluaciones.

Porcentaje de grado de ataque: Se determinó mediante la evaluación de 20 plantas al azar, ubicadas en los surcos centrales de cada parcela con base a una escala de siete grados, de la fórmula Townsend y Heuberger (Ciba-Geigy, 1981).

La escala utilizada fue la siguiente:

Grado	Descripción
0	Planta sana
0,1	Aparición de las primeras pústulas
1	Hasta un 20 % del área foliar afectada
2	De 21-40 % del área foliar afectada
3	De 41-60 % del área foliar afectada

4	De 61-80 % del área foliar afectada
5	Mas del 80 % del área foliar afectada

A los 60 días de la siembra se recolectaron 20 hojas al azar de los surcos centrales de cada parcela y se le hizo un conteo de pústulas, los que se ubicaron dentro de los rangos de la siguiente manera:

Grado	No. de pústulas
0	0
1	1-10
2	11-30
3	31-60
4	61-100
5	más de 100

Otra evaluación consistió en medir bajo el microscopio estereoscópico el diámetro de las pústulas para diferenciar el tipo de ataque. La clasificación del grado de susceptibilidad de la variedad se realizó al determinar el tamaño promedio del tipo de pústula predominante, según la escala del Vivero Internacional de Roya del Frijol (IBRN) descrita por el CIAT (1984).

Grado	Características de las pústulas	Categorías
1	Sin evidencias de infección	Inmune
2	Manchas necróticas sin esporulación	Resistente
3	Pústulas menor de 0,3 mm	Moderadamente resistente
4	Pústulas de 0,3-0,5 mm y algunas veces rodeadas por halos cloróticos	Moderadamente susceptible
5	Pústulas mayor de 0,5 mm y generalmente rodeadas por halos cloróticos	Susceptible

En el caso del rendimiento, se cosecharon todas las plantas de la parcela, se pesó la producción obtenida y calculó el rendimiento (kg/m^2).

Registro de datos climáticos

Los datos de temperatura y humedad relativa del aire ocurridos durante la realización de las evaluaciones fueron aportados por la Estación Meteorológica del "Yabú".

Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico de los datos consistió en el análisis de varianza de clasificación simple, posterior a la comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad. Se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de Duncan. Se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurium XV sobre Windows.

2.3 RESULTADOS

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

En la Figura 6 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.

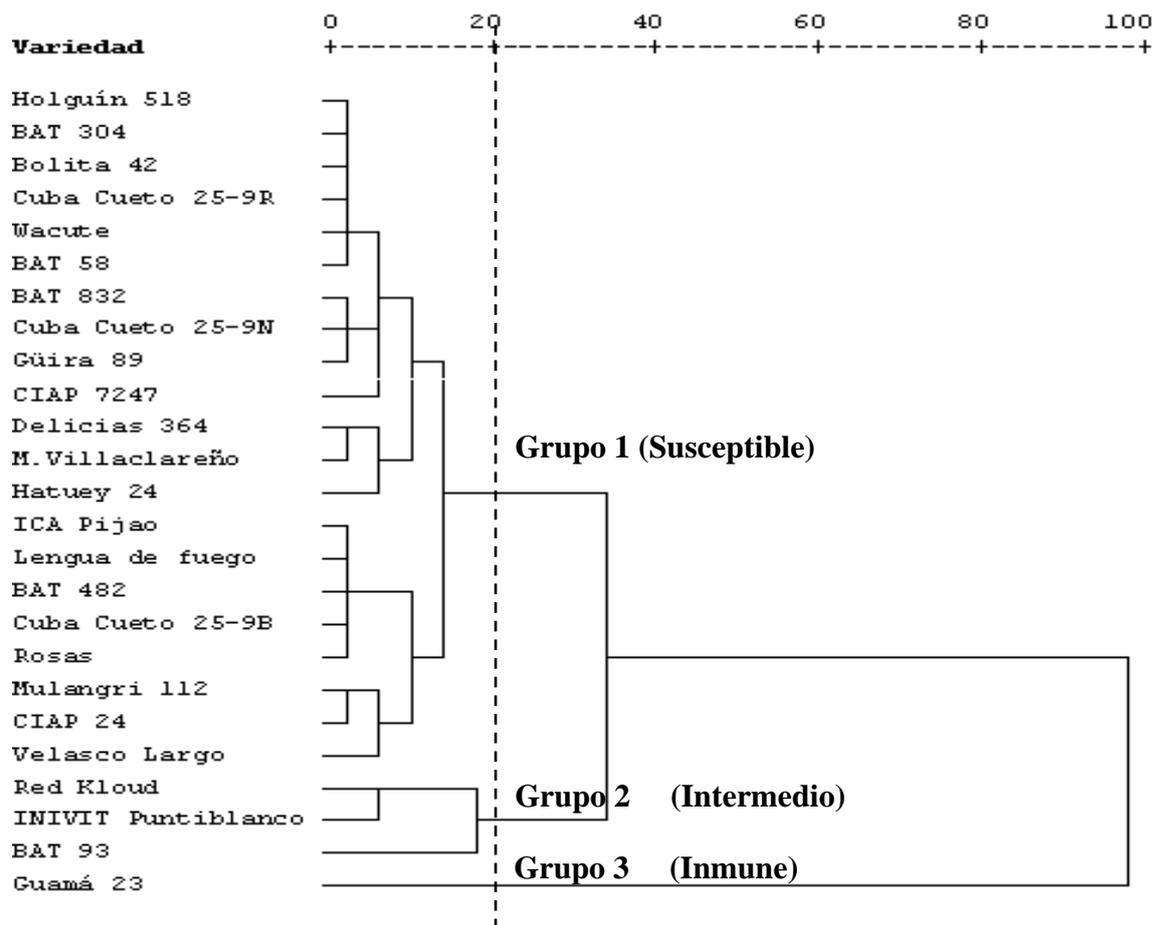


Figura 6. Dendrograma obtenido a partir de la evaluación de la roya en variedades de frijol a los 63 días de la siembra al emplear la metodología informada por el CIAT en 1979

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 las respuestas de susceptibilidad a la enfermedad. El grupo 2 representado por las variedades Red Kloud, INIVIT Puntiblanco 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 7).

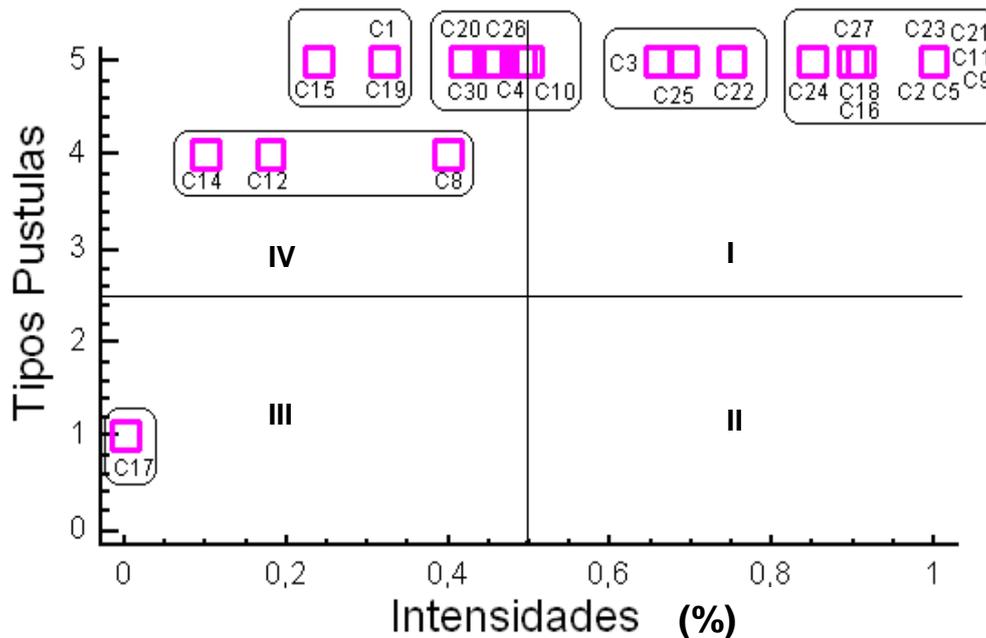


Figura 7. Representación gráfica de la dispersión de las variedades a la infección por *U. phaseoli* a los 63 días de la siembra al emplear la metodología informada por el CIAT en 1979

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 las respuestas de otras variedades como Bolita 42, Rosas, Mulangri 112 y BAT 482 (susceptibles), BAT 93 y Red Kloud (resistencia intermedia) y Guamá 23 (inmune) 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 8 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.

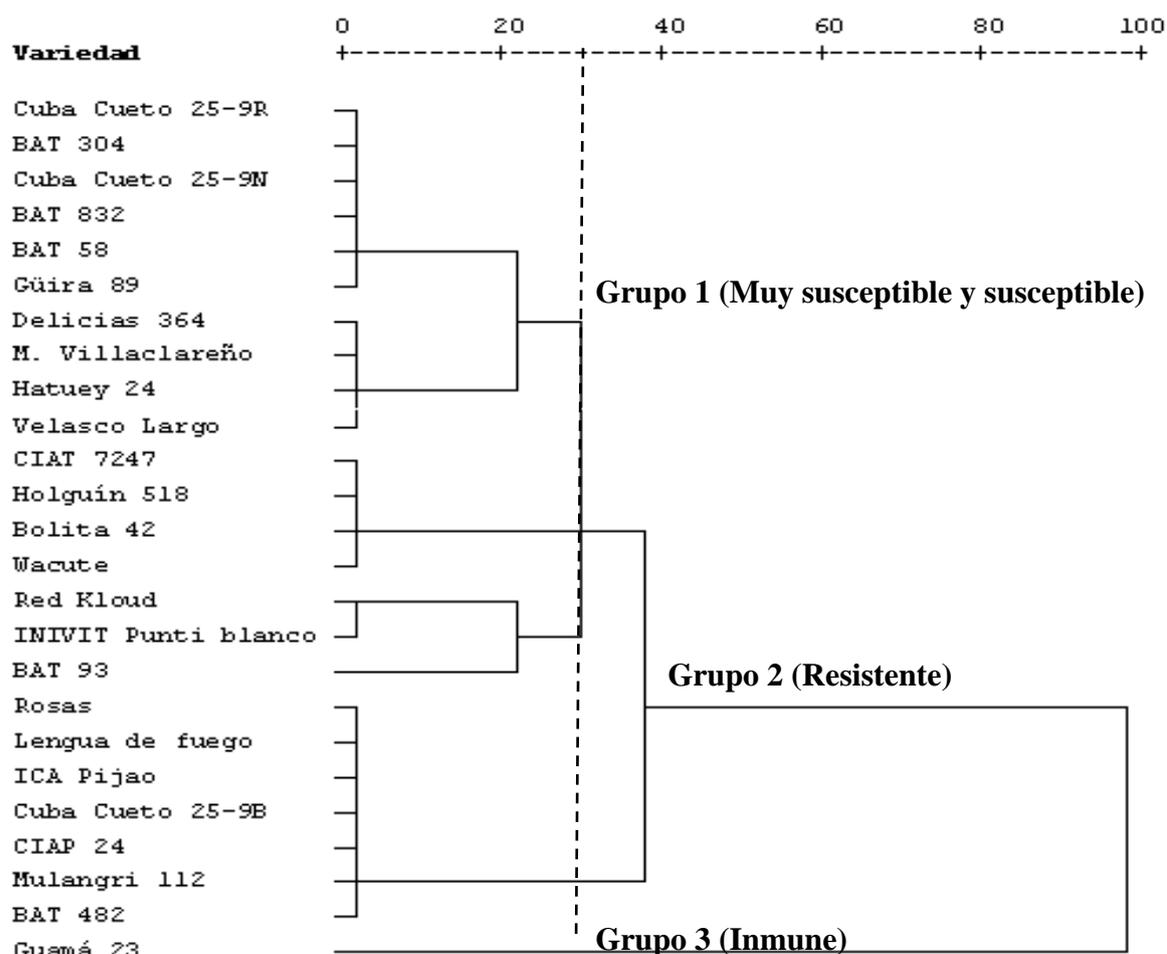


Figura 8. Dendrograma obtenido a partir de la evaluación de la roya en variedades de frijol a los 63 días de la siembra al emplear la metodología informada por el CIAT en 1987

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 9).

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.

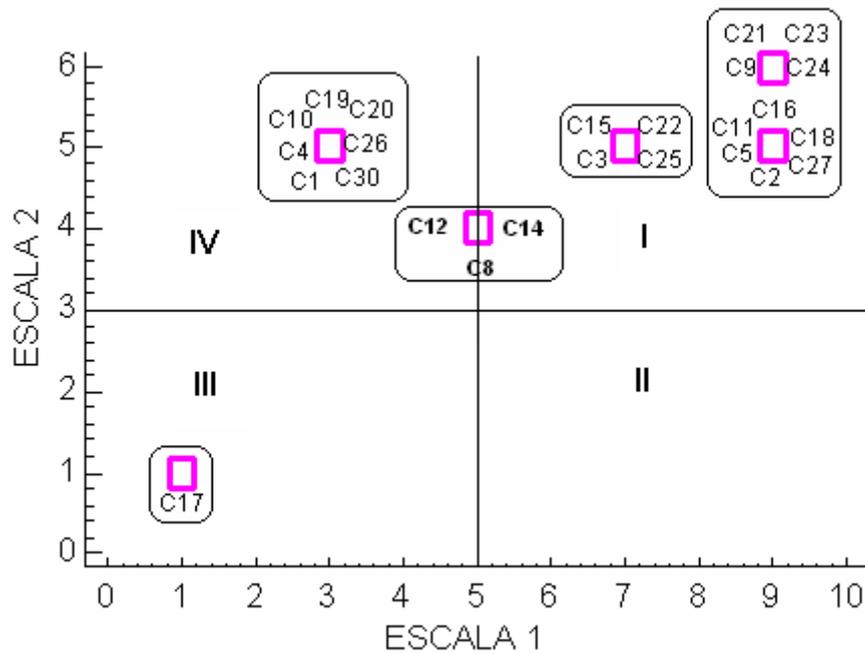


Figura 9. Representación gráfica de la dispersión de las variedades a la infección por *U. phaseoli* a los 63 días de la siembra al emplear la metodología informada por el CIAT en 1987

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 3 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 3. 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

podiera 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 epifitológico, la metodología de evaluación del CIAT, 1979 en comparación con la informada por el CIAT, 1987, permite evaluar con mas rigurosidad, precisión y confianza las respuestas 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 4).

Tabla 4. 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 del 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.

2.3.2 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 sí 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 5 muestra la intensidad de ataque por *Uromyces phaseoli vartypica* en las variedades de 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 6). 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 5. 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 6. 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 desestimar en el tipo de pústula 4 (33,3-100 %) (Tabla 7), por lo que se evidencia la efectividad que tuvo el tratamiento químico en el control de la enfermedad.

Tabla 7. 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, 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 momento de evaluación (60 y 75 días) (Tablas 8 y 9), 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 8. 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 9. 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 (Tablas 10 y 11).

Tabla 10. 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

Coefficiente de contingencia = 0,4734

Cramer's V = 0,5375

Leyenda:

(a) Porcentaje de fila

(b) Porcentaje de columna

Tabla 11. Porcentajes del tipo de pústulas a los 75 días

Tipo de pústulas	Tratamientos	
	Químico	Sin Químico
1	100,0 ^a	0,0
	1,1 ^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

Coefficiente 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.

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

En la figura 10 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. En la variedad CIAP 24, que a pesar de manifestarse condiciones climáticas favorables para la aparición de la enfermedad, no se evidenciaron síntomas de infección.

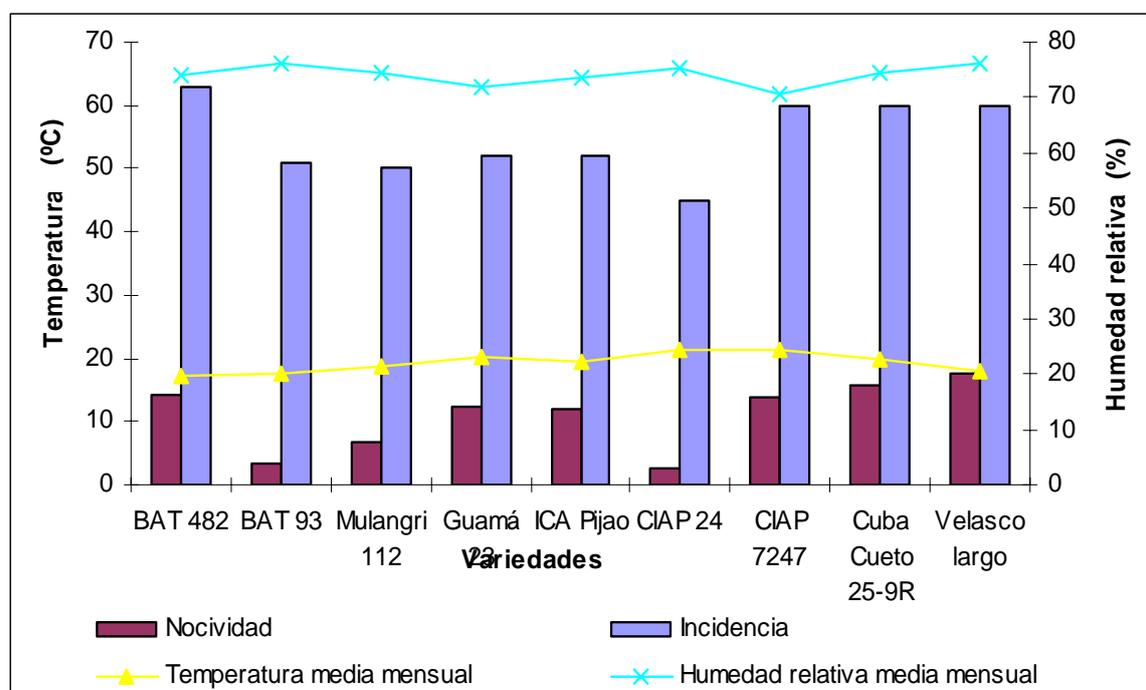


Figura 10. Comportamiento de la temperatura y humedad relativa sobre la incidencia y nocividad en las variedades estudiadas en EA Ifrain Alfonso

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 la humedad relativa alta que da lugar a períodos prolongados de rocío (más de 10 horas) en la superficie de la hoja, se favorece el desarrollo de este agente patógeno por temperaturas moderadamente frescas que van de 14 – 27 °C. 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.

2.3.4 Tamizaje fitoquímico

En la Tabla 12 se muestran los resultados del tamizaje fitoquímico a los extractos acuosos de las flores de majagua. Como se observa, se evidenciaron respuestas positivas para una gran diversidad de grupos funcionales, entre los que se destacaron los compuestos fenólicos, saponinas, flavonoides, azúcares y mucílagos.

Tabla 12. Resultado del tamizaje fitoquímico en el extracto acuoso de las flores de majagua

Ensayo	Metabolito	Evidencia	Resultado
Espuma	saponinas		(+)
Shinoda	flavonoides	color rojo vivo	(+)
Cloruro férrico	fenoles	negro	(+)
Fehling	azúcares	precipitado rojo	(++)
Enfriar	mucílagos		(+)

Estos resultados se corresponden con los informados en la literatura científica para la especie (Márquez *et al.*, 1999; Montes *et al.*, 2000).

Por otro lado, la diversidad de metabolitos secundarios presentes en las flores de *Hibiscus elatus* fundamenta su empleo como un fungicida natural debido a que se ha comunicado que los compuestos fenólicos y flavonoides intervienen en los mecanismos de defensa de las plantas frente a diferentes patógenos (Ávalos y Pérez-Urria, 2009).

Al analizar los resultados de los metabolitos secundarios presentes en las flores de la especie *Hibiscus rosa-sinensis* se constata resultados positivos para la saponina, flavonoides, taninos y fenoles, no así para los azúcares reductores (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado del tamizaje fitoquímico en el extracto acuoso de las flores de marpacífico

Ensayo	Metabolito	Evidencia	Resultado
Espuma	Saponinas	Hizo una espuma de más de 2 cm aunque desapareció con facilidad	Positivo(+)
Shinoda	Flavonoides	Aparece un color amarillo a naranja	Positivo (+)
Cloruro férrico	Taninos y/o Fenoles	Coloración azul (taninos pirogalotónicos)	Positivo (+)
Fehling	Azucares reductores	Se torna rojo con un precipitado	Positivo(-)

Desde el punto de vista bioquímico, las plantas han desarrollado dos tipos de compuestos que tienen que ver con su defensa al ataque de los hongos: los llamados compuestos antifúngicos constitutivos o inhibitorias, los cuales existen en las plantas estructuralmente para detener la invasión de diversas especies de hongos, y las fitoalexinas que se producen como respuesta a la infección de patógenos más específicos por reacciones bioquímicas rápidas como la hidrólisis enzimática (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Dos de estos compuestos se les atribuyen acción defensiva en las plantas contra microorganismos patógenos (taninos y/o fenoles) (Tabla 13).

En el caso del tamizaje fitoquímico de las flores de *Espatodea* se evidencia la presencia de resultados positivos para las saponinas, flavonoides, fenoles taninos y azúcares reductores (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado del tamizaje fitoquímico en el extracto acuoso de las flores de espatodea

Ensayo	Metabolito	Evidencia	resultado
Espuma	Saponinas	Poca cantidad	(+)
Shinoda	Flavonoides	Amarilloso(poco)	(+)
Cloruro férrico	fenoles y taninos	verde	(+)
Fehling	azúcares reductores	Precipitado rojizo	(+++)

Montes *et al.* (2000) informan acerca de un grupo de compuestos presentes en las plantas de marpacífico y espatodea involucrados en el efecto antifúngico contra *U. phaseoli*.

Esto se puede explicar en función a que algunos grupos de compuestos antifúngicos como las saponinas, actúan en distintos sitios de la membrana plasmática (principalmente sobre los esteroides) y en consecuencia su espectro de acción sobre hongos fitopatógenos puede ser amplio (Hoagland, 1999).

La diversidad estructural de los compuestos antifúngicos es enorme y solo se conocen una pequeña parte de ellos, puesto que las plantas estudiadas representan un porcentaje sumamente bajo del total de especies de plantas en el planeta (entre 200 000 y 250 000 especies de Angiospermas, según algunos autores).

Investigaciones sobre la actividad fungicida de extractos vegetales acuosos han sido realizados por Figueroa *et al* (1995), quienes probaron los extractos obtenidos de 58 especies de plantas sobre la germinación de esporas, desarrollo del micelio y protección de granos de maíz contra *Aspergillus flavus*, y encontraron que los extractos que inhibieron la germinación de esporas fueron *Chenopodium album* (80 %), *Ficus tecualensis* (75 %), *Raphanus raphinistrum* (80 %) y *Larrea divaricata* (80 %). Estos concluyeron que los extractos actúan eficientemente sobre los procesos fisiológicos del hongo.

En este mismo sentido Montes en 1995 probó los extractos de 52 especies de plantas para determinar su efecto sobre la germinación de esporas, desarrollo micelial y

protección de granos de maíz atacados por el hongo *Aspergillus flavus*. El follaje de las plantas se secó y pulverizó con los polvos y se elaboraron extractos acuosos al 2 %. Los resultados mostraron que se redujo la contaminación de granos de maíz con *Psidium guajava* en un 23 %, *Rosmarinus officinalis* en un 61 %, *Coleus blumei* en un 40.5 %, *Lantana camara* en un 20 % y *Coffea arabica* en un 43 %, se concluyó de esta investigación que la protección del grano se debió a la cobertura del extracto.

Más tarde Montes y Carvajal en 1999, en base a la poca eficacia mostrada por el fungicida Captán en la protección de semilla comercial de sorgo contaminada con *Fusarium moniliforme*, probó el uso de extractos acuosos, alcohólicos y polvos obtenidos de apazote, orégano, clavo, canela, tomillo, así como el bicarbonato de sodio, sobre semillas contaminadas con el hongo para determinar su acción fungicida, dejando como testigo al mismo Captán; se observó que los mejores resultados fueron con el polvo en la combinación clavo+Bna.

2.3.5 Influencia de los tratamientos sobre las variables cuantitativas que caracterizan la enfermedad en condiciones de campo.

En la Figura 11 y Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos sobre el efecto de la aplicación de los tratamientos en la distribución de la enfermedad e intensidad de la infección provocado por *U. phaseoli* en diferentes momentos de evaluación.

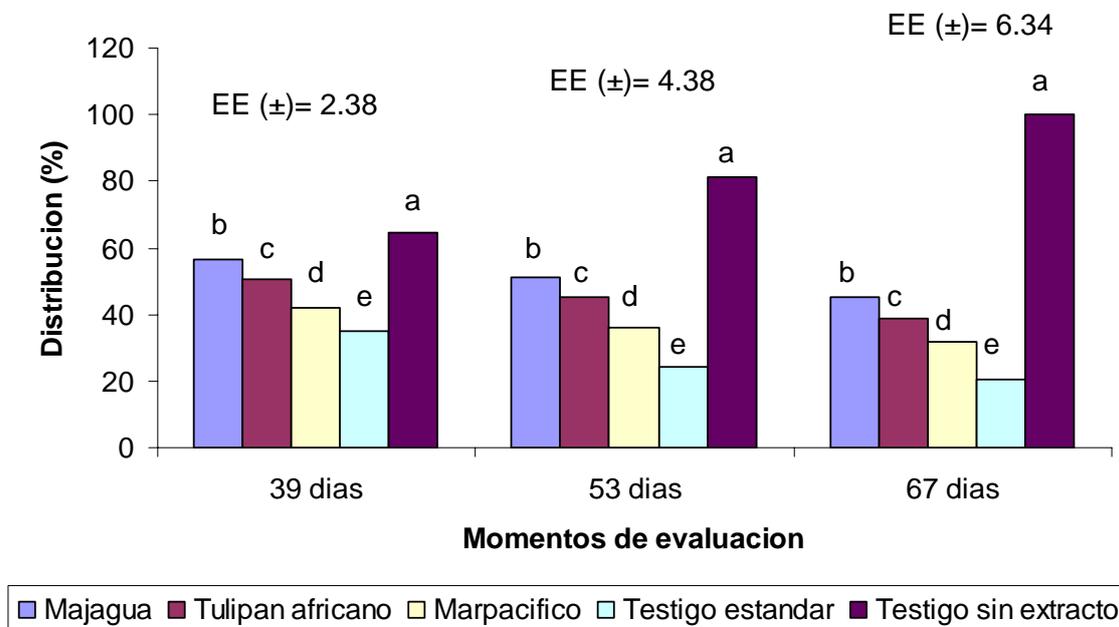


Figura 11. Efecto de los extractos de flores de *Hibiscus elatus*, *Spathodea campanulata* e *Hibiscus rosa sinensis* sobre distribución de la roya del frijol en los diferentes momentos de evaluación

Tabla 15. Efecto de los extractos de flores de *Hibiscus elatus*, *Spathodea campanulata* e *Hibiscus rosa sinensis* sobre la intensidad de la roya del frijol en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	Intensidad de ataque (%)		
	39 Días	53 Días	67 Días
Majagua	37,5 b	33,0 b	25,7 b
Tulipán africano	30,2 c	23,87 c	17,0 c
Marpacífico	27,8 c	17,2 d	5,7 d
Control estándar	22,8 d	12,5 e	4,5 d
Control sin extracto	45,7 a	59,7 a	69,5 a
EE (±)	1,86	3,85	2,47

Medias con letras desiguales en el sentido de las columnas difieren para $P < 0.05$

A los 39 días, el mayor porcentaje de intensidad de ataque y distribución de la enfermedad se produjo en el tratamiento control (sin aplicación de extracto), momento en el cual se detectó el inicio de la enfermedad, coincidiendo con la fase fenológica de inicio de la floración. El resto de los tratamientos mostraron diferencias estadísticas entre sí en cuanto a estas variables evaluadas con excepción de la intensidad de ataque para los tratamientos donde se aplicó los extractos de tulipán africano y marpacífico.

Debido a la diversidad de la naturaleza química de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora. Esto se debe a las interacciones sinérgicas y aditivas, lo cual dificulta determinar la actuación de cada compuesto. Existen aproximadamente 12 sitios de acción conocidos de los herbicidas actualmente utilizados en agricultura (Sampietro, 2003).

Alteraciones hormonales. Los compuestos fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de Ácido Indol Acético (AIA). Monofenoles tales como los ácidos phidroxibenzoico, vainílico, p-cumárico y siríngico reducen la disponibilidad de AIA promoviendo su decarboxilación. En contraste, muchos di y polifenoles (e.g. los ácidos clorogénico, cafeico, ferúlico y protocatéuico) sinergizan el crecimiento inducido por AIA suprimiendo la degradación de la hormona.

Ciertos glucósidos de flavonoides como la naringenina, la 2',4,4'- trihidroxichalcona y la floridzina estimulan fuertemente enzimas del tipo AIA oxidasa, involucradas en la degradación de auxinas. Los ácidos hidroxámicos 6,7-dimetoxi-2-benzoxazolinona (DIMBOA) y 6-metoxi-2-benzoxazolinona modifican la afinidad de unión de las auxinas a sitios receptores de unión de las mismas a membrana. Los mecanismos de acción de los metabolitos secundarios son variables: inhibición enzimática por oxidación de compuestos, rompimiento de la membrana a través de los compuestos lipofílicos, intercalado con el DNA de la célula del hongo, formación de canales iónicos en la membrana fúngica, inhibición competitiva por adhesión de proteínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedante (Hernández-Lazurdo *et al.*, 2007).

Varios compuestos fenólicos inhiben la acción de otras fitohormonas, las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por las mismas. Se sabe que los ácidos ferúlico, p-cumárico, vainílicico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Muchos taninos también lo hacen, provocan paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas tales como la amilasa (Campos, 2009) y la fosfatasa ácida en endospermo de semillas de cebada. Por otra parte la cumarina y varios flavonoides tienen actividad antagónica contra el efecto inhibitorio del ABA y estimulan el crecimiento inducido por el ácido giberélico.

Efectos sobre la actividad enzimática. Existen muchos compuestos alelopáticos con capacidad de modificar ya sea la síntesis o la actividad de enzimas tanto *in vivo* como *in vitro*, presentando un efecto dual sobre la misma, provocando un incremento cuando se encuentran en bajas concentraciones. En la situación opuesta se observa una reducción de actividad.

Plántulas de maíz tratadas con ácido ferúlico mostraron un incremento en los niveles de enzimas oxidativas (peroxidasas, catalasa y ácido indolacético oxidasa) junto con una elevación de enzimas de la ruta del ácido shikímico tales como fenil alanina amonio liasa y la cinamil alcohol deshidrogenasa involucrada en la síntesis de compuestos fenilpropanoides.

Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto. El quempferol, por ejemplo, aparentemente actúa como un inhibidor de transferencia de energía, impidiendo la síntesis de ATP.

Efectos sobre respiración. Entre los compuestos fenólicos el orden de mayor a menor actividad es quinonas, flavonoides, cumarinas y ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores a muy baja concentración. Nuevamente

el sorgoleone afecta el transporte de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno.

Flavonoides tales como la quercetina, naringenina y umbeliferona inhiben la producción de ATP en la mitocondria (Gámez *et al.*, 2001; Peñuelas *et al.*, 1996).

A los 53 días, de manera similar a los resultados obtenidos en la evaluación anterior, se encontró el mayor porcentaje de intensidad de ataque y distribución de *U. phaseoli* en el control sin extracto, el cual difirió del resto de los tratamientos.

El menor valor de intensidad de ataque de la enfermedad se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el producto fungicida Orius recomendados para el control de la roya del frijol en la estrategia nacional fitosanitaria (MINAGRI, 2011).

En el último momento de evaluación (67 días), la distribución de la enfermedad alcanzó el 100 % en el control sin extracto (Tabla 15), sin embargo en el resto de los tratamientos estas variables fueron declinando con el tiempo, lo cual puede explicarse al efecto protector de los extractos de plantas sobre la enfermedad (Figura 11 y Tabla 15).

Al analizar otras variables cuantitativas que caracterizan la resistencia del hospedante a la enfermedad tales como el número de pústulas/hojas y diámetro de las pústulas se halló diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 16).

Tabla 16. Influencia de los tratamientos sobre las variables cuantitativas de la enfermedad

Tratamientos	Número de pústulas/hoja	Diámetro de la pústula (mm)	Clasificación IBRN (CIAT, 1984)
Majagua	77 b	0,47 b	4
Tulipán africano	52 c	0,39 c	4
Marpacífico	26 d	0,26 d	3
Control estándar	18 e	0,20 e	3
Control sin extracto	105 a	0,64 a	5
EE (±)	3.3	0,016	

Medias con letras desiguales en el sentido de las columnas difieren para $P < 0.05$

Los mejores resultados para estas variables se obtuvieron en el testigo estándar (Orius 25 CE) y los peores en el tratamiento donde no se aplicó extracto vegetal.

Entre los extractos acuosos, el que mejores resultados arrojó fue el tratamiento donde se aplicó el extracto de marpacífico, al encontrarse el menor número de pústulas por hojas

y diámetros de las pústulas. Ambas variables caracterizan la infección de este agente patógeno. Este resultado pudiera explicarse por el efecto inhibitorio del extracto de *Hibiscus rosa-sinensis* sobre las estructuras de reproducción de este hongo fitopatógeno, lo cual desde el punto de vista epifitiológico permite una menor dispersión de la enfermedad en las condiciones de campo al estar presente menos cantidad de inóculo.

Este resultado también puede estar influenciado por la actividad antifúngica de algunos aleloquímicos del tipo de los terpenoides, producidos por diversas plantas, que actúan sobre rutas metabólicas específicas que les confieren a los patógenos su resistencia a factores adversos. Por ejemplo, un terpenoide del extracto etanólico de Neem, tiene la capacidad de afectar la ruta de generación de melanina en ciertos hongos como *Aspergillus* o *Rhizopus*, lo cual deforma sus esporas e impide que continúen desarrollándose.

En la literatura científica son escasas las referencias que abordan las propiedades antifúngicas de esta especie vegetal para el control de la roya del frijol.

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento, se puede constatar en la Figura 12, que los mejores resultados coinciden con el tratamiento en el que se asperjaron los extractos acuosos de marpacífico, el cual no difirió del testigo estándar (Orius 25 CE).

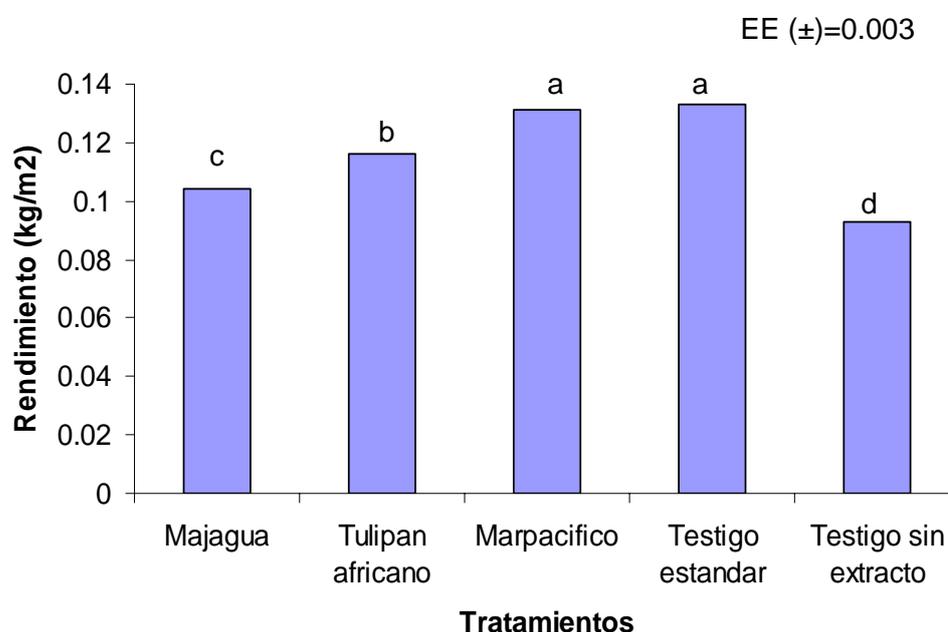


Figura 12. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo

En la literatura consultada se hace referencia a los extractos alelobióticos o estimuladores del desarrollo vegetal, los cuales son sustancias exógenas no nutritivas

que inciden en el crecimiento, el desarrollo y la composición de las plantas. De acuerdo con la literatura especializada, su función puede estar relacionada con grupos fitohormonales endógenos, que actúan como retardantes del crecimiento, inductores de floración, promotores de madurez y aumentadores de la producción de biomasa, entre otros.

Dentro de estos extractos hay algunos que se han hecho a partir de algas marinas cuyos componentes mayoritarios son compuestos de tipo hormonal, principalmente citoquininas. Así mismo, se han estudiado otros extractos como son los del grupo de los triacotanoles o los brasinólidos.

Todos estos biorreguladores han mostrado incrementos en el rendimiento en diversos cultivos, aunque se ha manifestado también inconsistencia entre locaciones, genotipos y fechas de aspersión, lo que ha conducido a dificultades en su uso comercial confiable.

Desde el punto de vista práctico estos resultados constituyen punto de partida en el desarrollo de estrategias para el control de este patógeno a partir de estos productos naturales, realizando todas las evaluaciones previas que avalen su uso.

No obstante, se buscan nuevos compuestos de origen natural para el control de este patógeno, con el fin de atenuar o eliminar el uso de estos compuestos químicos y sus efectos negativos para el medio ambiente, a la vez que resultan una opción no viable económicamente, para pequeños productores.

3. 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 más 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.
7. El tamizaje fitoquímico de los extractos acuosos de *H. rosa-sinensis*, *H. elatus* y *S. campanulata* arrojó la presencia de saponinas, flavonoides, taninos y fenoles.
8. Los extractos acuosos de *H. rosa-sinensis*, *H. elatus* y *S. campanulata* mostraron actividad antifúngica contra *U. phaseoli*.
9. El mejor control sobre la roya del frijol y rendimiento agrícola del cultivo en condiciones de campo se obtuvo al emplear el extracto acuoso de *H. rosa-sinensis*.

4. 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.
4. Cuantificar los metabolitos secundarios presentes en los extractos acuosos analizados.
5. Evaluar el efecto de concentraciones superiores al 5 % de los extractos acuosos de estas plantas en el control de la roya del frijol en campo.
6. Iniciar las aplicaciones de los extractos acuosos de estas plantas antes de la floración y con un menor intervalo de tiempo para el control de *U. phaseoli*.

5. 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. Alarcón, E. (2008): Obtención, conservación, uso y aplicación eficiente de los Extractos de Plantas Venenosas para el control de Plagas. Disponible en: <http://www.engormix.com> (Consultado 20 mayo de 2012)
3. Álvarez, R.J y Martínez, Y. (2000): *Dendropemon claraensis* Leiva (Loranthaceae), un nuevo enemigo del cafeto. *Rev. Centro Agrícola* 36(1):70-73.
4. Anónimo. (2004): Roya, chahuixtle o herrumbre. Disponible en <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/frejol/roya.html> (Consultado: 13 de mayo de 2010).
5. 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.
6. 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.
7. Araya, C.M. (2003): Coevolución de interacciones hospedante-patógeno en frijol común. *Fitopatología Brasileira* 28: 221-228.
8. Ávalos, A. y Pérez-Urria, E. (2009): Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

13. 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.
14. Bonilla, N. (2000): Producción de semilla de frijol posterior al huracán Mitch en Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana* 11: 1-5.
15. Bonilla, C., G. Álvarez, F. Hernández. (2011). Efecto de cuatro extractos vegetales en el control del tizón tardío en el cultivo de tomate en la Aldea Poza Verde Guatemala. *ALTERTEC*. p.122-138.
16. Cabral A.M. (2006): La mejora del frijol en México. Normatividad Agropecuaria. Academia Mexicana de Ciencias.
17. 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.
18. 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.
19. CIAT. (1980). La roya del frijol y su control. Guía de estudio Serie 04 5B-06.06. Cali. Colombia: 5-17.
20. CIAT (1984): Vivero internacional de roya del frijol (IBRN). Resultados 1979-1980. Cali. Colombia: 4-5.
21. 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.
22. 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.
23. 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).
24. Ciba- Geigy (1981): Manual para ensayos de campo en protección vegetal. 2^{da} Edición. Suiza. p.11-20.

25. 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.
26. Díaz, 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.
27. Díaz, A., Grillo, H., Álvarez, R., Herrera, L. y Suárez, C. (2009): Algunas características bioecológicas de *Spathodea campanulata* en el macizo montañoso Guamuhaya. *Rev. Centro Agrícola* 36(1):67-70.
28. FAO. (2001): FAOSTAT data. USDA Bean Market News.
29. FAO (2008): Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org>. (Consultado: 20 de mayo de 2010).
30. Faure, B.: «Proyecto nacional Mejoramiento Genético de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) para los factores bióticos y abióticos que limitan su producción en Cuba», Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, Cuba, 2010.
31. 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).
32. Francis, John K. (1999). *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. SO-ITF-SM-32. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
33. Gamboa, S. (1998). Estudio de tres frecuencias y cinco programas de aplicación de fungicidas para el control de *P. infestans* en papa, Costa Rica. En: XVIII Reunión de la asociación Latinoamericana de la Papa, Cochabamba, 82 p.
34. González, A. Mirta. (1988): Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Editorial Científico-Técnico. La Habana: 152.
35. 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.
36. González, J. (2000): Tamizaje fitoquímico de las flores de *Hibiscus elatus* Sw. *Revista Cubana de Farmacia* 33(2):131 – 135.

37. Gregori, B.S. (2005): Estructura y actividad de los antifúngicos. *Rev. Cubana de Farmacia*. 39(2):45-51.
38. Harborne JB. Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plant analysis. Chapman and Hall (3).1998.
39. Harlam, J.R. (1972): Genetics of disaster. *Journal of Environmental Quality* 1: 212-215.
40. Harter, L.; Andrus, C.; Zaumeyer, W. (1935): Studies on bean rust caused by *Uromyces phaseoli* typical on bean. *J. Agric. Res.* 50: 737-759.
41. 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.
42. Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D: Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. MINAGRI, La Habana, 64 pp, 1999.
43. Hernández-Lauzardo. A., Bautista-Baños, S. y Velazquez, M. (2007): Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 2: 119-123.
44. Hoagland, R.E. (1999): Allelopathic interactions of plant and pathogens. In: Macias. A. F., Galindo, C.G., Molinillo, M.G.J. and Cutler, H. (eds.). *Recent Advances in Allelopathy. Vol.1. A Science for the future.* International Society of Allelopathy, Universidad de Cadiz, España. 423-450.
45. 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.
46. Kelly, J.; Stavely, J.; Miklas, P. (1996): Proposed symbols for rust resistance genes. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 39: 25-31.
47. Knudsen, H. (2000): Directorio de colecciones de Germoplasma en América Latina y el Caribe. Primera edición. International Plant Genetic Resources Institute ((IPGRI). Roma. Italia.
48. Lardizábal, R.; Arias, S.; Segura, R. (2008): Producción de frijol. Manual de producción.
49. 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.

50. 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
51. 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.
52. Lock de Ugaz, O.: Investigación fitoquímica . Métodos en el estudio de productos naturales. Primera edición. Universidad Católica del Perú. 1988. Págs. 91-100, 103,106-108 y 149-177
53. Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). [100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database](#). Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista Aliens, Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: Noviembre 2004.
54. Llanes, Ramona. (2005): Caracterización morfoagronómica y fisiológica del banco de germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del CIAP. Trabajo de diploma: 77.
55. Macías, F.; Torres, A.; Maya, C. and Fernández, B. (2005). “Natural biocides from citrus waste as new wood preservatives (Consultado Enero 2010). Disponible en http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/2/2482_torresa.htm.
56. 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).
57. Márquez, I., Cuellar, A., Martínez, J., Aleman, A., Lora, J., Velez, H. (1999): Estudio fitoquímico de la especie *Hibiscus elatus* S.w”. *Revista Cubana de Farmacia* 33(2):127 – 131.
58. Marrero, D., Morales, C., Sierra, R., González, V. y Rodríguez, E. (2011): Análisis por CG/EM del extracto hexánico de las flores de *Malvaviscus penduliflorus* que crece en Cuba. *Rev. Cubana de Química*, Vol XXIII, No.2, p 58-65

59. Martínez, J. V., Estrada, E., Cáceres, A., Álvarez, G., García, P.A. y Enrique, S. (2005): Detección de las plantas utilizadas para el manejo y control de enfermedades fungosas en los principales cultivos alimenticios y evaluación preliminar de su actividad *in vitro*. Proyecto de investigación, 8p.
60. Martínez, J. V., Estrada, E., Cáceres, A., Álvarez, G., García, P.A. y Enrique, S. (2005): Detección de las plantas utilizadas para el manejo y control de enfermedades fungosas en los principales cultivos alimenticios y evaluación preliminar de su actividad *in vitro*. Proyecto de investigación, 8p.
61. Martínez, E.; Barrios, G.; Rovesti, L.; Santos, R. (2007): Manejo integrado de plagas. Manual Práctico. Proyecto Biopreparados. CNVS. La Habana. Cuba: 529p.
62. Mayea, S.; Herrera, L.; Andreu, C. M. (1994): Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: 425p.
63. MINAGRI. (2010): Listado oficial de variedades comerciales. Subdirección de certificación de semilla. CENSA. Cuba. 41 p.
64. MINAGRI. (2011): Instructivo Técnico del cultivo del frijol. 15p.
65. Miranda M, Cuéllar A, Manual de Prácticas del Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales. Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2000: p. 53-66.
66. Miranda M, Cuéllar A. Farmacognosia y Productos Naturales. La Habana: Editorial Félix Varela; 2001.
67. Montes, B. R. (1995): Control cultural de los patógenos del frijol usando productos vegetales. En: Pérez, M. J., Ferrara, C. R. y García, E. R. (eds.). Diversidad genética y patología del frijol. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Edo. De Montecillo, México. 43-51.
68. Montes, B. R. and Carvajal, M (1999): *Aspergillus flavus* control in maize with plant essential oils and their components. Journal of Food Protection 61:616-619.
69. Montes, R., Cruz, V., Martínez, G., Sandoval, G., García, R., Zilch, S., Bravo, L., Bermudez, K., Flores, H. y Carvajal, M. (2000): Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. Revista Mexicana de Fitopatología 18(2):125-131.
70. 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

71. Muñiz, C.H. (1995): Entrevista. Ciencia. Innovación y Desarrollo. La Habana. Cuba 1(1): 35.
72. ONE. (2011). Anuario Estadístico de Cuba 2010. Edición 2011. Disponible en <http://www.one.cu/acc2010/esp/10>. (Consultado: 6 de Mayo de 2012).
73. Paredes, L.O.; Guevara, F.L.; Bello, L.A: Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas, Fondo de Cultura Económica, 205 p, 2006.
74. Pernezny, K and Kucharek, T (1993): Rust diseases of Several Legumes and Corn in Florida. University of Florida.
75. Piura, J. (2006): Metodología de la Investigación Científica. Un enfoque integrador. 1ra ed. Managua: PAVSA: 254.
76. 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.
77. Quintero F. E. (2000): Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Santa Clara: 28.
78. 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.
79. 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.
80. 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.
81. 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

82. 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, 251pp.
83. 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, 45p.
84. 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.
85. Sampietro, D. A. (2003). Definición de alelopatía. Futuro Verde. vol. Revisado: 10 de nov. 2003. Dirección electrónica: http://www.pwp.007mundo.com/futuroverde/documentos_658.htm.
86. Sepúlveda, G., Porta, H. y Rocha, M.(2003): La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 21(3):355-363.
87. Socorro Q., M.; Martín F., D. (1989): Granos. Pueblo y Educación. La Habana.: 318.
88. 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.
89. Stavely, J.R.; Pastor-Corrales, M.A. (1994): Roya. Problemas de producción de frijol en los trópicos. 2da. edic. CIAT, Cali. Colombia: 185-225.
90. Stavely, 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.
91. Stavely, J.R. (1999): Bean rust in the United States in 1998. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 42: 35-36.
92. Stavely, 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.
93. Steadman, J.; Godoy-Lutz, G.; Rosas, JC.; 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.
94. Townsend, G.R.; Heuberguer, W. (1943): Method for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Diseases Report*. 27 (17):340-343

95. Vargas, E. (1980): La roya en: Problemas de producción de frijol. H. F. Schwartz y E. G. Galvez (eds.). CIAT. Cali. Colombia: 19-36.
96. 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.
97. Vázquez, L. L. y Álvarez, J. M. (2011): Control ecológico de poblaciones de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad vegetal. Ministerio de la Agricultura. Editorial CIDISAV. p. 86-98
98. 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.
99. 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.
100. Voysest, O. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Legado de variedades de América Latina. 1930 – 1999. CIAT. Cali. Colombia.
101. 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 .
102. 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.
103. Young, R. A.; Kelly, J.D. (1997): RADP markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. Crop Science 37: 946.

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

<i>Grado</i>	<i>Descripción</i>
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

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>
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 mayor de 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.

Immune (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 área foliar.
- 5 Intermedia:** Presencia, en todas las plantas, de pústulas generalmente pequeñas o intermedias que cubren aproximadamente el 5 % del área foliar.
- 7 Susceptible:** Presencia de pústulas generalmente grandes y rodeadas, con frecuencia, de halos cloróticos que cubren aproximadamente el 10 % del área 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.

Immune 1 (1 – 0 %)

Resistentes 3

2 – 1 %
2 – 5 %
2 – 10 %
2 – 15 %
2 – 30 %
2 – 40 %
2 – 65 %
2 – 100 %

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%

Anexo 3

Metodología para el tamizaje fitoquímico de productos naturales.

Introducción

Para la realización del tamizaje fitoquímico se informan en la literatura variados esquemas de trabajo que comprenden a su vez el uso de diferentes solventes de extracción.

Pueden aplicarse varios esquemas de fraccionamiento en virtud de los objetivos de cada investigación. El esquema que proponemos para la práctica utiliza la extracción con solventes de diferente polaridad, ensayándose en cada extracto los metabolitos que de acuerdo a su solubilidad pueden ser extraídos en estos solventes.

Generalmente puede partirse de 10 a 20 gramos de droga fresca o seca y emplear un volumen de solvente equivalente a 10 veces el peso de la droga.

La extracción puede realizarse por maceración de la droga pulverizada o bien triturada, por un tiempo entre las 24 y 48 h; o por extracción en caliente (sohlet o por reflujo) de 2 a 4 h. En este último caso pueden producirse alteraciones de algunos metabolitos por la influencia de la temperatura por lo que deberá ser muy cuidadoso al seleccionar el método de extracción.

Se realizó una maceración por 24 h del material vegetal con los disolventes éter de petróleo, etanol y agua en relación 10/100 (p/v) humectando previamente con aproximadamente 10 ml de cada disolvente durante 15 min

- Realizar los ensayos cualitativos según se indica en la siguiente tabla:

Extracto etéreo			
Metabolito	ensayo	Metabolito	ensayo
alcaloides	Dragendorff	coumarinas	Baljet
ácidos grasos	Sudán III		
Extracto etanólico			
Metabolito	ensayo	Metabolito	ensayo
resinas	Resinas	triterpenos y/o esteroides	Liebermann- Burchard
saponinas	Espuma	aminoácidos libres	Nihidrina
alcaloides	Dragendorff	coumarinas	Baljet
glicósidos cardiotónicos	Kedde	Azucares reductores	Fehling
fenoles y/o taninos	Cloruro férrico	quinonas	Borntrager

flavonoides	Shinoda		
Extracto acuoso			
Metabolito	ensayo	Metabolito	ensayo
saponinas	Espuma	Azúcares reductores	Fehling
flavonoides	Shinoda	fenoles y/o taninos	Cloruro férrico
Principios amargos	sabor	mucílagos	Enfriamiento

Descripción de los ensayos

Ensayo de Sudán III:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de **compuestos grasos**.

Reactivos: solución del colorante Sudán III o Sudán IV / agua.

Procedimiento: la alícuota de la fracción en el solvente de extracción se le añade 1ml del reactivo. Se calienta en baño de agua hasta evaporación del solvente.

Evidencia:

La presencia de compuestos grasos se considera positiva si aparecen gotas o una película coloreada de rojo en el seno del líquido o en las paredes del tubo de ensayo, respectivamente.

Ensayo de Dragendorff:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de **alcaloides**.

Reactivos: reactivo de Dragendorff

Procedimiento: Si la alícuota está disuelta en un solvente orgánico, este debe evaporarse en baño de agua y el residuo redisolverse en 1ml de HCl (1%). Si por el contrario el extracto es acuoso a la alícuota de ensayo se le añade una gota de ácido clorhídrico concentrado, se calienta suavemente y se deja enfriar hasta acidez. A ambas soluciones acuosas ácidas se le añaden 3 gotas del reactivo de Dragendorff

Evidencia: Se producen complejos insolubles, de tal manera que, si hay opalescencia el ensayo se considera positivo (+), si turbidez definida (++) y si precipitado (+++).

Ensayo de Baljet:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos con agrupamiento lactónico, en particular **coumarinas**, aunque otros compuestos lactónicos pueden dar positivo al ensayo.

Reactivos:

Procedimiento: si la alícuota del extracto no se encuentra en alcohol, debe evaporarse el solvente en baño de agua y redisolverse en la menor cantidad de alcohol (1ml). En estas condiciones se adiciona 1ml de reactivo

Evidencia: la aparición de una coloración se considera (+) y de un precipitado (++)

Ensayo de Borntrager:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de **quinonas**.

Reactivos: NaOH al 5 % en agua

Otros Reactivos que pueden utilizarse: KOH al 5 % en agua ó NH₄OH al 5 % en agua.

Procedimiento: a la alícuota disuelta en cloroformo, (si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1ml de cloroformo), se adiciona 1ml del reactivo. Se agita mezclando las fases y se deja en reposo hasta su ulterior separación.

Evidencia: el ensayo se considera positivo si la fase acuosa alcalina (superior) se colorea de rosado a rojo, puede dar un criterio semicuantitativo si la coloración es rosada entonces se considera (++), y si es roja entonces es (+++).

Ensayo de Liebermann- Burchard:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de **triterpenos y/o esteroides**, por ambos tipos de productos poseer un núcleo de androstano, generalmente insaturado en el anillo B y la posición 5-6.

Reactivos: anhídrido acético, ácido sulfúrico

Procedimiento: Para ello si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1ml de cloroformo. Se adiciona 1ml de anhídrido acético y se mezcla bien. Por la pared del tubo se dejan correr 2-3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar.

Observación: Para realizar este ensayo no puede haber agua en el medio de reacción, pues esta con el ácido sulfúrico puede reaccionar de forma violenta.

Evidencia: Un ensayo positivo se tiene por un cambio de coloración:

1. Rosado- azul muy rápido.
2. Verde intenso, visible aunque rápido.
3. Verde oscuro- negro, final de la reacción.

A veces el ensayo queda en dos fases o desarrollo de color. Muy pocas veces puede observarse el primer cambio. El tercer cambio generalmente ocurre cuando el material evaluado tiene cantidades importantes de estos compuestos. Esta reacción también se emplea para diferenciar las estructuras esteroidales de las triterpénicas, las primeras producen coloraciones azul a azul verdoso, mientras que para las segundas se observa rojo, rosado o púrpura. Estas coloraciones pueden variar por interferencias producidas por carotenos, xantofilas y esteroides saturados que puedan estar presentes.

Ensayo de Resinas:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de Resinas.

Procedimiento: adicione a 2ml de la solución alcohólica del extracto, 10ml de agua destilada agite y deje reposar.

Evidencia: La aparición de un precipitado indica un ensayo positivo.

Ensayo de Fehling:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de **azúcares reductores**

Reactivos: Soluciones A y B mezcladas en iguales cantidades y justo en el momento de realizar el ensayo

Procedimiento: Para ello si la alícuota del extracto no se encuentra en agua debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1-2ml de agua. Se adicionan 2ml del reactivo (A+ B recién preparado) y se calienta en baño de agua de 5-10 min.

Evidencia: El ensayo se considera positivo si la solución se colorea de rojo o aparece un precipitado rojo.

Ensayo de Espuma:

Fundamento: Permite reconocer la presencia de **saponinas**, tanto del tipo esteroidal como triterpénicas

Reactivos: -

Procedimiento: si la alícuota se encuentra en etanol, se diluye en 5 veces su volumen en agua y se agita la mezcla fuertemente durante 5-10min

Evidencia: El ensayo se considera positivo si aparece espuma en la superficie del líquido de más de 2mm de espesor o altura y persiste por más de 2 min.

Ensayo de Cloruro Férrico:

Fundamento: Permite reconocer la presencia de **compuestos fenólicos y/o taninos**. Si el extracto de la planta se realiza en etanol el ensayo determina tanto fenoles como taninos, Si el extracto es acuoso, el ensayo determina fundamentalmente taninos

Reactivos: solución de tricloruro férrico al 5 % en solución salina fisiológica

Procedimiento: A una alícuota del extracto etanólico se le adicionan 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5 % en solución salina fisiológica .

Si la alícuota es acuosa entonces se le añade acetato de sodio para neutralizar y 3 gotas de la solución reactiva.

Evidencia: Un ensayo positivo puede dar la siguiente información general:

- Desarrollo de una coloración rojo–vino, compuestos fenólicos en general.
- Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos.
- Desarrollo de una coloración azul, taninos del tipo pirogalotánicos.

Ensayo de Shinoda:

Fundamento: Permite reconocer la presencia de flavonoides en un extracto vegetal.

Reactivos: ácido clorhídrico concentrado

Cinta de magnesio metálico.

Procedimiento: A un mililitro del extracto disuelto en etanol, se le adiciona un pedacito de cinta de magnesio metálica. Se añade 0.5 mL de ácido clorhídrico concentrado gota a gota. Después de la reacción se esperan 5 min. hasta la aparición del color.

- Si no se observan bien los colores se añade 2 mL de agua y se agita la mezcla con 1 mL de alcohol amílico y se observan los colores en esta fase.

- Si el extracto se encuentra en agua, se procede de igual forma hasta la adición del ácido clorhídrico concentrado y se añade 1ml de alcohol amílico, se mezclan las fases y se deja reposar hasta que las mismas se separen.

Evidencia: El ensayo se considera positivo cuando aparece una coloración o el alcohol amílico se colorea de diferentes colores, intensos en todos los casos.

Los colores están relacionados con la estructura del flavonoide.

Flavonas	Amarillo, Naranja a rojo
Flavonoles y Flavononoles	Amarillo - carmín
Flavononas	Carmín a magenta

Ensayo de Nihidrina:

Fundamento: Permite reconocer la presencia de aminoácidos libres o de aminas en general.

Reactivos: solución de nihidrina al 2%.

Procedimiento: la alícuota del extracto en alcohol se mezcla con 2ml de la solución de nihidrina al 2%. La mezcla se calienta durante 10 min. en baño de agua.

Evidencia: Este ensayo se considera positivo cuando se desarrolla un color violáceo.

Ensayo de Kedde:

Fundamento: Permite reconocer la presencia de **glicósidos cardiotónicos**.

Reactivos: A y B partes iguales

Procedimiento: Una alícuota del extracto en etanol se mezcla con 1ml del reactivo y se deja reposar durante 5-10 min. Y se observan los cambios de coloración.

Evidencia: Un ensayo positivo es en el que se desarrolla una coloración violácea, persistente durante 1-2 horas

Ensayo de Mucílagos:

Fundamento: Permite reconocer en un extracto la presencia de estas estructuras tipo **polisacárido**, que forma un coloide hidrófilo de alto índice de masa, que aumenta la densidad del agua donde se extrae.

Reactivos:-

Procedimiento: una alícuota del extracto en agua se enfría a 0-5 °C durante 15 min.

Evidencia: el ensayo es positivo si la solución toma una consistencia gelatinosa.

De los autores:

Alexander Bernal Cabrera

Ingeniero Agrónomo (1996, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, UCLV). Master en Sanidad Vegetal (2001, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Universidad Agraria de La Habana). Investigador Auxiliar (2009), Doctor en Ciencias Agrícolas (2007, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, UCLV). Especialista en Fitopatología. Ha sido líder de tres proyectos de investigación y ha participado en otros cuatro proyectos de investigación en temas relacionados con la Sanidad vegetal. Oponente en Tribunales de Tesis de Doctorados y Maestrías de aspirantes cubanos y extranjeros. Autor de más de 25 publicaciones científicas de carácter nacional e internacional.

Participante en más de 30 Eventos Nacionales e Internacionales. Miembro de la Sociedad Provincial de Fitopatólogos. Premio Academia de Ciencias de Cuba, Premio Anual al Mérito Científico-Técnico, Premio Provincial de la Academia de Ciencias de Cuba. Teléfono 281520, email: alexanderbc@uclv.edu.cu